

# **Energetyka jądrowa**



**Tomasz Młynarski**

# **Energetyka jądrowa**

**wobec globalnych wyzwań bezpieczeństwa energetycznego  
i reżimu nieprolifracji w erze zmian klimatu**

**Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego**

RECENZENT

*prof. dr hab. Michał Chorośnicki*

PROJEKT OKŁADKI

*Jadwiga Burek*

Książka dofinansowana przez Uniwersytet Jagielloński ze środków Wydziału Studiów Międzynarodowych i Politycznych oraz Instytutu Nauk Politycznych i Stosunków Międzynarodowych

© Copyright by Tomasz Młynarski & Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

Wydanie I, Kraków 2016

All rights reserved

Niniejszy utwór ani żaden jego fragment nie może być reprodukowany, przetwarzany i rozpowszechniany w jakikolwiek sposób za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych oraz nie może być przechowywany w żadnym systemie informatycznym bez uprzedniej pisemnej zgody Wydawcy.

ISBN 978-83-233-4070-6

ISBN 978-83-233-9379-5 (e-book)



[www.wuj.pl](http://www.wuj.pl)

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

Redakcja: ul. Michałowskiego 9/2, 31-126 Kraków

tel. 12-663-18-80, tel./fax 12-663-18-83

Dystrybucja: tel. 12-663-01-97, tel./fax 12-663-01-98

tel. kom. 0506-006-674, e-mail: [sprzedaz@wuj.pl](mailto:sprzedaz@wuj.pl)

Konto: Bank PKO SA, nr 80 1240 4722 1111 0000 4856 3325

*Izabeli i Karolowi  
poświęcam*



# Spis treści

Wykaz ważniejszych skrótów i terminów .....	15
Wstęp .....	19

## **Część I. Energetyka i bezpieczeństwo jądrowe na świecie**

Rozdział 1. Uwarunkowania i rozwój energetyki jądrowej na świecie .....	29
1.1. Rys historyczny rozwoju energetyki jądrowej .....	29
1.2. Energia jądrowa i typy reaktorów .....	33
1.3. Stan i perspektywy dla przemysłu energetyki jądrowej .....	36
Rozdział 2. Społeczno-ekonomiczne aspekty wykorzystania energetyki jądrowej .....	44
2.1. Problem społecznej akceptacji dla elektrowni jądrowych .....	44
2.2. Ekonomiczne aspekty rozwoju energetyki jądrowej .....	49
2.2.1. Gospodarcze atuty energetyki jądrowej .....	49
2.2.2. Problem rentowności instalacji jądrowych wobec innych źródeł energii .....	51
Rozdział 3. Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych .....	55
3.1. Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych (INES) .....	55
3.2. Awarie w reaktorach i ich wpływ na kształtowanie się społecznej akceptacji .....	59

## **Część II. Rozwój energetyki jądrowej w wybranych krajach**

Rozdział 4. Energetyka jądrowa w krajach Ameryki Północnej i Ameryki Łacińskiej .....	65
4.1. Stany Zjednoczone – światowy pionier energetyki jądrowej .....	65
4.2. Kanada i rozwój energetyki jądrowej .....	73
4.3. Energetyka jądrowa w Argentynie, Brazylii i Meksyku .....	78

Rozdział 5. Energetyka jądrowa w Azji .....	82
5.1. Chiny. Od importera do eksportera, czyli rozwój energetyki jądrowej .....	82
5.2. Indie – rozwój energetyki jądrowej wbrew embargu na pomoc technologiczną .....	97
5.3. Japonia po katastrofie w Fukushima – wirtualna potęga jądrowa .....	106
5.4. Korea Południowa – nowy gracz na rynku dostaw technologii jądrowych .....	118
Rozdział 6. Perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Afryce i regionie Bliskiego Wschodu .....	125
6.1. Republika Południowej Afryki i Egipt .....	125
6.2. Energia jądrowa w krajach Zatoki Perskiej .....	127
6.3. Jordania .....	130
Rozdział 7. Energetyka jądrowa w Rosji i byłych republikach ZSRR .....	132
7.1. Rosja – mocarstwo atomowe z globalnymi aspiracjami eksportowymi .....	132
7.2. Energia jądrowa w byłych republikach ZSRR: na Ukrainie, w Armenii i Kazachstanie .....	144
Rozdział 8. Energetyka jądrowa w Unii Europejskiej i Europie .....	148
8.1. Unia Europejska i perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Europie .....	148
8.2. Charakterystyka stanowisk krajów europejskich wobec energetyki jądrowej .....	153
8.2.1. Zwolennicy energetyki jądrowej .....	154
8.2.1.1. Francja, Wielka Brytania i Finlandia .....	154
8.2.1.2. Słowacja, Rumunia i Bułgaria .....	163
8.2.1.3. Czechy i Węgry .....	166
8.2.2. Kraje utrzymujące energetykę jądrową w bilansie energetycznym kraju bez planów jej intensywnego rozwoju .....	168
8.2.2.1. Holandia, Słowenia .....	168
8.2.2.2. Szwecja .....	168
8.2.2.3. Szwajcaria .....	171
8.2.3. Kraje wycofujące się z energetyki jądrowej .....	172
8.2.3.1. Belgia i Niemcy .....	172
8.2.3.2. Hiszpania i Włochy .....	177

### **Część III. Energia jądrowa w erze zmian klimatu. Między ekologią a (nie)proliferacją?**

Rozdział 9. Wpływ produkcji energii na środowisko .....	181
9.1. Produkcja energii a emisje gazów cieplarnianych .....	181
9.2. Oddziaływanie elektrowni jądrowej na otoczenie .....	187



9.2.1. Atuty energetyki jądrowej w walce ze zmianami klimatu .....	190
9.2.2. Czy energia jądrowa może być uznana za czyste źródło energii? Próby włączenia energetyki jądrowej w CDM .....	193
Rozdział 10. „Druga strona medalu” – ryzyko wykorzystania energetyki jądrowej do celów wojskowych .....	203
10.1. Dylemat podwójnego zastosowania ( <i>dual use</i> ) technologii jądrowych .....	203
10.2. Proliferacja technologii jądrowych i ich zastosowanie w celach niepokojowych .....	206
10.3. Idea pokojowego wykorzystania energii jądrowej a ewolucja reżimu nieproliferaacji .....	212
10.3.1. „Atom dla pokoju” .....	213
10.3.2. MAEA .....	213
10.3.3. NPT .....	215
10.3.4. Reżimy kontrolne i polityczne inicjatywy nieproliferaacji .....	217
10.4. Kryzys globalnego reżimu nieproliferaacji a eksport cywilnych technologii jądrowych .....	220
10.5. Postulat wzmocnienia reżimu NPT i umiędzynarodowienie cyklu paliwowego .....	228
Rozdział 11. Od pokojowej współpracy... do programu wojskowego (analiza przypadków) .....	235
11.1. RPA: polityczno-wojskowe aspiracje pozyskania broni jądrowej .....	235
11.2. Izraelski program atomowy widmo .....	238
11.3. Indyjski wyjątek! NSG a program atomowy Indii .....	241
11.4. Pakistański program atomowy .....	249
11.5. Wysiłki atomowe KRLD .....	252
11.6. Irański program atomowy .....	261
11.7. Irak, Libia, Syria .....	271
Wnioski końcowe .....	275
Spisy rysunków, tabel i map .....	283
Wykaz załączników .....	285
Załączniki .....	286
Bibliografia .....	291
Summary .....	309



# Table of contents

List of abbreviations and terms .....	15
Introduction .....	19

## **Part I. Energy and nuclear safety in the world**

Chapter 1. Background information and development of nuclear energy in the world .....	29
1.1. Historical perspective on nuclear energy development .....	29
1.2. Nuclear energy and types of reactors .....	33
1.3. The state of and prospects for the nuclear power industry .....	36
Chapter 2. Socio-economic aspects of the nuclear energy use .....	44
2.1. The problem of social acceptance for nuclear power plants .....	44
2.2. Economic aspects of nuclear power development .....	49
2.2.1. The economic advantages of nuclear power .....	49
2.2.2. The problem of the profitability of nuclear installations in relation to other energy sources .....	51
Chapter 3. Safety of nuclear power plants .....	55
3.1. The International Nuclear Event Scale (INES) .....	55
3.2. Failures in the reactors and their influence on shaping social acceptance .....	59

## **Part II. The development of nuclear energy in selected countries**

Chapter 4. Nuclear power in North America and Latin America .....	65
4.1. United States – the worldwide pioneer of nuclear power .....	65
4.2. Canada and the development of nuclear energy .....	73
4.3. Nuclear power in Argentina, Brazil, and Mexico .....	78

Chapter 5. Nuclear Power in Asia .....	82
5.1. China. From the importer to the exporter – the development of nuclear energy .....	82
5.2. India – the development of nuclear energy in spite of the embargo on technological assistance .....	97
5.3. Japan after the Fukushima accident – a virtual nuclear power .....	106
5.4. South Korea – a new player in the market for the supply of nuclear technology .....	118
Chapter 6. Prospects for the development of nuclear energy in Africa and the Middle East .....	125
6.1. South Africa and Egypt .....	125
6.2. Nuclear power in the Gulf countries .....	127
6.3. Jordan .....	130
Chapter 7. Nuclear power in Russia and the former Soviet republics .....	132
7.1. Russia – atomic power with global export aspirations .....	132
7.2. Nuclear power in the former Soviet republics: Ukraine, Armenia, and Kazakhstan .....	144
Chapter 8. Nuclear power in the European Union, and Europe .....	148
8.1. The European Union and the prospects for the development of nuclear energy in Europe .....	148
8.2. Characteristics of the positions of European countries towards nuclear power .....	153
8.2.1. Proponents of nuclear power .....	154
8.2.1.1. France, the United Kingdom, and Finland .....	154
8.2.1.2. Slovakia, Romania, and Bulgaria .....	163
8.2.1.3. The Czech Republic, and Hungary .....	166
8.2.2. Countries maintaining nuclear energy in the energy balance of the country without plans for its intensive development .....	168
8.2.2.1. The Netherlands, Slovenia .....	168
8.2.2.2. Sweden .....	168
8.2.2.3. Switzerland .....	171
8.2.3. Countries withdrawing from nuclear power .....	172
8.2.3.1. Belgium and Germany .....	172
8.2.3.2. Spain and Italy .....	177

### **Part III. Nuclear power in the era of climate change. Between ecology and the (non) proliferation?**

Chapter. 9. Impact of energy production on the environment .....	181
9.1. Energy production and greenhouse gas emissions .....	181
9.2. The impact of the nuclear power plants on the environment .....	187

9.2.1. Advantages of nuclear energy in the fight against climate change .....	190
9.2.2. Whether nuclear energy can be regarded as a clean energy source? Attempts to include nuclear power in the CDM .....	193
Chapter 10. “The other side of the coin” – the risk of use of nuclear energy for military purposes .....	203
10.1. The dilemma of nuclear technology dual-use .....	203
10.2. The proliferation of nuclear technology and its application for non-peaceful purposes .....	206
10.3. The idea of the peaceful use of nuclear energy and the evolution of the non-proliferation regime .....	212
10.3.1. “Atoms for Peace” .....	213
10.3.2. IAEA .....	213
10.3.3. NPT .....	215
10.3.4. Control regimes and political non-proliferation initiatives ....	217
10.4. The crisis of the global non-proliferation regime and the export of civilian nuclear technology .....	220
10.5. The postulate to strengthen the NPT regime and the internationalization of the fuel cycle .....	228
Chapter. 11. From the peaceful cooperation... to the military program (case studies) .....	235
11.1. South Africa: political and military ambitions of acquiring nuclear weapons .....	235
11.2. Israeli ghost nuclear program .....	238
11.3. Indian exception! NSG and India’s nuclear program .....	241
11.4. The Pakistani nuclear program .....	249
11.5. DPRK atomic efforts .....	252
11.6. The Iranian nuclear program .....	261
11.7. Iraq, Libya, and Syria .....	271
Closing conclusions .....	275
Index of figures, tables, and maps .....	283
Index of attachments .....	285
Attachments .....	286
Bibliography .....	291
Summary .....	309



## Wykaz ważniejszych skrótów i terminów

- AEC (Atomic Energy Commission) – Komisja Energii Atomowej
- ABWR (*Advanced Boiling Water Reactor*) – udoskonalony wodny reaktor wrzący
- AGR (*Advanced Gas-Cooled Reactor*) – ulepszony reaktor chłodzony gazem
- AWG-KP (Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol) – grupa negocjacyjna Ad hoc w sprawie dalszych zobowiązań stron wynikających z załącznika I Protokołu z Kioto
- BOO (*Build – Own – Operate*) – wybuduj – posiadaj – zarządzaj
- BWR (*Boiling Water Reactor*) – reaktor wodno-wrzący
- CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*) – kanadyjski ciężkowodny reaktor kanałowy
- CCS (*Carbon Capture and Storage*) – technologia wychwytywania i magazynowania CO<sub>2</sub>
- CDM (*Clean Development Mechanism*) – mechanizm czystego rozwoju
- CER (*Certified Emission Reduction*) – jednostki poświadczonej redukcji emisji
- CMP (Conference of the Parties Serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol) – Konferencja Stron Protokołu z Kioto
- COP (*Conference of Parties*) – konferencja stron
- dual use* – podwójne zastosowanie (produkty podwójnego zastosowania oznaczają produkty, które mogą być użyte zarówno w zastosowaniach niewybuchowych, jak i w jakikolwiek sposób do wspomaganie wytwarzania broni jądrowej lub innych urządzeń do wybuchu jądrowego)
- EDF (Électricité de France) – przedsiębiorstwo
- EIA (Energy Information Administration) – amerykańska Agencja Informacji Energetycznej
- EJ – energetyka jądrowa
- Environmental Impact Assessment* – ocena wpływu środowiskowego
- ETS (*Emission Trading Scheme*) – system handlu uprawnieniami do emisji
- FBR (*Fast Breeder Reactor*) – reaktor prędko powielający
- GCR (*Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor*) – reaktor chłodzony gazem z moderatorem grafitowym
- GHG (*Greenhouse Gas Emission*) – emisja gazów cieplarnianych

- GWh – gigawatogodzina – jednostka zużycia energii elektrycznej
- HLW (*High Level Waste*) – odpady wysokoaktywne
- HTR (*High Temperature (Gas-Cooled) Reactor*) – reaktor wysokich temperatur
- HWLWR (*Heavy Water – Light Water Reactor*) – reaktor wody ciężkiej i normalnej
- IAEA (International Atomic Energy Agency) – Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej
- IEA (International Energy Agency) – Międzynarodowa Agencja Energetyczna
- ILW (*Intermediate Level Waste*) – odpady średnioaktywne
- INES (*International Nuclear Events Scale*) – Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) – Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu
- JI (*Joint Implementation*) – wspólne wdrożenia
- KE – Komisja Europejska
- kWh – kilowatogodzina
- LEU (*Low-Enriched Uranium*) – niskowzbogacony uran
- LLW (*Low-Level Waste*) – odpady niskoaktywne
- LNG (*Liquefied Natural Gas*) – gaz ziemny skroplony, przechowywany i transportowany w postaci ciekłej
- LWGR (*Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor*) – reaktor chłodzony lekką wodą z moderatorem grafitowym
- LWR (*Light Water Reactor*) – reaktor wodny, moderowany i chłodzony lekką wodą
- MAEA (International Atomic Energy Agency) – Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej
- Magnox – typ reaktora z moderatorem grafitowym i chłodzeniem gazowym, nazwa od stopu magnezowego koszulek paliwowych
- MNAs (*Multilateral Nuclear Approaches*) – wielostronne podejścia nuklearne
- mSv (milisiwert) –  $1\text{Sv} = 1000\text{mSv}$
- MW – megawat
- MWe – megawat mocy elektrycznej
- MWh – megawatogodzina
- MWt – megawat mocy cieplnej
- NCBJ – Narodowe Centrum Badań Jądrowych
- NPT (*Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*) – Traktat o nieprolifracji broni jądrowej
- NRA (Nuclear Regulatory Authority) – Urząd Dozoru Jądrowego
- NRC (Nuclear Regulatory Commission) – Komisja Dozoru Jądrowego
- NSG (Nuclear Suppliers Group) – Grupa Dostawców Jądrowych
- OZE – odnawialne źródła energii



- PBMR (*Pebble Bed Modular Reactor*) – reaktor wysokotemperaturowy chłodzony helem, moderowany grafitem
- PHWR (*Pressurized Heavy Water Reactor*) – ciśnieniowy reaktor wody ciężkiej
- postępowanie z odpadami promieniotwórczymi – działania związane z przetwarzaniem, przemieszczaniem, przechowywaniem lub składowaniem odpadów promieniotwórczych, włącznie z usuwaniem skażeń promieniotwórczych i likwidacją obiektu jądrowego
- postępowanie z wypalonym paliwem jądrowym – działania związane z przerobem, przemieszczaniem, przechowywaniem lub składowaniem paliwa jądrowego
- proliferaacja jądrowa (nuklearna) – udostępnienie technologii podwójnego zastosowania rodzące zagrożenie zdobyciem broni jądrowej przez „niewłaściwe” państwa lub terrorystów oraz zagrożenie wykorzystania cywilnych zakładów wzbogacania uranu lub przetwarzania plutonu do produkcji uranu wysokowzbogaconego i pozyskania plutonu klasy wojskowej
- PWR (*Pressurized Water Reactor*) – reaktor wodno-ciśnieniowy
- RBMK (*Reaktor Bolszoi Moszcznosti Kanalnyj*) – reaktor kanałowy dużej mocy
- Safeguards Agreements* – porozumienie o środkach zabezpieczających
- SMR (*Small Modular Reactor*) – mały reaktor modułowy
- Sv (siwert) – jednostka dawki równoważnej (wielkość fizyczna odnosząca się do działania promieniowania jonizującego na organizmy żywe)
- TWh – terawatogodzina
- TFUE – Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej
- UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) – Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu
- WNA (*World Nuclear Association*) – Światowe Stowarzyszenie Energii Jądrowej
- WWER (*Wodo-Wodianyj Energeticzeskij Reaktor*) – rosyjski odpowiednik reaktora PWR



# Wstęp

Energia odgrywa ważną rolę w rozwoju współczesnej cywilizacji, a podniesienie standardu życia jest ściśle powiązane z dostępnością do jej źródeł. Szacuje się, że na świecie dwa miliardy ludzi (tj. 30% populacji) nie ma dostępu do elektryczności<sup>1</sup>. Energetyka jądrowa stanowi zatem ważne, niemisyjne źródło warunkujące bezpieczeństwo i rozwój nowoczesnego państwa. W połowie drugiej dekady XXI wieku prawie dwie trzecie ludności świata zamieszkuje kraje, gdzie są już eksploatowane lub gdzie planuje się w najbliższej przyszłości zbudować elektrownie jądrowe. Regionem, w którym EJ przeżywa swój szczególny renesans, jest Azja. Tempem i skalą inwestycji w cywilną infrastrukturę jądrową zadziwiają Chiny oraz Indie, poszukujące możliwości uzupełnienia szybko rosnącego zapotrzebowania na energię. O krok od nabycia dostępu do technologii jądrowych są kraje Bliskiego Wschodu – region najbardziej perspektywiczny dla rozwoju tego źródła energii. Rozwój potencjału EJ przewidyje się także w krajach rozwijających się ze względu na rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną.

W książce *Energetyka jądrowa wobec globalnych wyzwań bezpieczeństwa energetycznego i reżimu nieprolifracji w erze zmian klimatu* autor omawia wpływ energetyki jądrowej na trzy sektory bezpieczeństwa:

- energetycznego – energia jądrowa to źródło stabilnych dostaw energii elektrycznej wysokiej mocy,
- ekologicznego – energia jądrowa ogranicza emisję CO<sub>2</sub>, wpisując się w cele polityki klimatycznej, aczkolwiek nie jest całkowicie wolna od wpływu na środowisko przyrodnicze oraz zdrowie i życie ludzi,
- militarnego – cywilne technologie jądrowe to technologie podwójnego zastosowania, które mogą być zaimplementowane do wojskowych programów nuklearnych.

---

<sup>1</sup> K.L. Nash, G.J. Lumetta, *Advanced Separation Techniques for Nuclear Fuel Reprocessing and Radioactive*, Woodhead Publishing, Oxford–Cambridge–Philadelphia–New Delhi 2011, s. XVIII, XIX.

Zamierzeniem badawczym publikacji jest zwrócenie uwagi na rolę energii jądrowej w bilansie energetycznym świata oraz znaczenie tego źródła energii w ograniczaniu emisji CO<sub>2</sub> i przeciwdziałaniu globalnym zmianom klimatu. Kolejny poruszany problem to dylemat współpracy w zakresie cywilnej EJ, która może prowadzić do proliferacji w celach innych niż pokojowe. Autor podejmuje próbę oceny skutków transferu jądrowego *know-how* do dużej liczby państw i ekspansji cywilnych koncernów atomowych w skali globalnej, połączonej z ofertą budowy elektrowni jądrowych lub dostaw sprzętu nieprzewidywalnym reżimom.

Stara się ukazać rolę EJ w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego wybranych państw. Problem badawczy oparto na kilku założeniach:

- 1) Perspektywy ekspansji ogólnoświatowej EJ są niepewne ze względu na ogromne koszty budowy elektrowni jądrowych, a będą one jeszcze zwiększane przez wyższe wymagania bezpieczeństwa i ochrony środowiska wdrożone po wypadku w Fukushima.
- 2) Globalne zmiany klimatu i zanieczyszczenie powietrza są istotnymi problemami ekologicznymi generowanymi przez energetykę, toteż konieczność ograniczenia emisji z sektora wytwarzania energii stwarza szansę dla nie-/niskoemisyjnych źródeł energii.
- 3) Wzrost populacji w krajach rozwijających się generujący wzrost zapotrzebowania na energię powoduje, że EJ staje się popularną alternatywą dla ekonomicznego rozwoju w harmonii ze środowiskiem (nieemisyjne źródło energii).
- 4) Stabilizacja GHG wymaga fundamentalnej transformacji sposobów wytwarzania energii, w tym zastąpienia paliw kopalnych alternatywnymi niskoemisyjnymi źródłami energii, takimi jak źródła odnawialne oraz energia jądrowa.
- 5) Wzrost popularności i zwiększenie liczby zwolenników odnawialnych źródeł energii sprawia jednak, że energia jądrowa ma coraz mniejsze szanse na włączenie w ramy mechanizmów CDM lub wspólnych wdrożeń (JI).
- 6) Energia jądrowa będzie pełnić w ciągu najbliższych dwóch–trzech dekad rolę ogniwa pośredniego w transformacji energetycznej od paliw kopalnych do OZE.
- 7) Dostęp do cywilnych technologii jądrowych jest kwestią bardzo wrażliwą, ponieważ jako technologie tak zwanego podwójnego zastosowania łatwo mogą być one wykorzystane do celów wojskowych.
- 8) Stojąc przed wizją upowszechnienia cywilnej EJ, należy uznać, że cel nierozprzestrzeniania musi mieć pierwszeństwo przed korzyściami ekonomicznymi i energetycznymi.

Zamierzeniem autora jest próba ukazania roli bezemisyjnej energii jądrowej w zapewnieniu nie tylko nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej o dużej mocy, ale także implikacji dla międzynarodowego bezpieczeństwa wobec ryzyka proliferacji wrażliwych technologii jądrowych do celów militarnych.

W celu rozwiązania podjętego problemu autor zadaje kilka szczegółowych pytań badawczych:

- 1) Jaki jest stan światowego sektora EJ oraz jakie są perspektywy jej rozwoju: wzrost, stagnacja czy schyłek?
- 2) W jakim stopniu rozwój EJ przyczyni się do walki ze zmianami klimatu?
- 3) Czy upowszechnienie technologii EJ rodzi ryzyko proliferacji technologii podwójnego zastosowania do celów wojskowych i osłabia bezpieczeństwo międzynarodowe?
- 4) Czy współpraca w sektorze cywilnej EJ podważa wysiłki reżimu nierozprzestrzeniania, czy przyczynia się do międzynarodowej proliferacji?
- 5) Dlaczego niektóre kraje podejmują się pomocy w zakresie wrażliwych technologii jądrowych, inne zaś tego nie czynią, mimo że posiadają ku temu zdolności techniczne?
- 6) Dlaczego niektóre kraje, mające techniczne możliwości wzbogacania paliwa jądrowego, zrezygnowały z rozwijania własnych zdolności w tym zakresie?

Analiza problemu badawczego została przeprowadzona na trzech płaszczyznach, co znalazło odzwierciedlenie w trzyczęściowej strukturze pracy odnoszącej się do:

- analizy aktualnego stanu światowej floty reaktorów i ich wkładu w bilans energetyczny świata,
- historii i ewolucji cywilnych programów jądrowych w wybranych krajach,
- roli EJ w przeciwdziałaniu zmianom klimatu i redukcji GHG wobec rozhermetyzowania międzynarodowego reżimu nieprolifracji jako skutku upowszechnienia cywilnych technologii jądrowych.

Globalne ocieplenie stworzyło sprzyjające uwarunkowania dla rozwoju EJ, a zmiany klimatyczne mogą odgrywać coraz większą rolę w zachęcaniu do jej rozwoju. Postęp międzynarodowego reżimu przeciwdziałania zmianom klimatu wpływa na większe zainteresowanie EJ jako narzędziem wywiązania się z zobowiązań w procesie post-Kioto. Produkcja energii i jej zużycie nie idą w parze z międzynarodowymi wymogami środowiskowymi. Autor podejmuje analizę złożonych problemów związanych z ochroną środowiska naturalnego i globalnym ociepleniem wiążącym się ze spalaniem węgla, gazu i ropy naftowej, będących źródłem emisji olbrzymiej ilości zanieczyszczeń do atmosfery. Jednym z rozwiązań problemu zmian klimatu jest wykorzystanie

nieemisyjnych źródeł energii, takich jak EJ i odnawialne źródła energii. Nie ma jednak zbyt wielu zwolenników włączenia EJ w kategorię czystych źródeł energii. Autor dowodzi, że czynniki polityczne będą odgrywać znacznie większą rolę w potencjalnym ożywieniu EJ na świecie (prestż i autonomia energetyczna) niż jej nieemisyjny charakter. Powszechnie uważa się, że cywilna współpraca jądrowa nie powinna prowadzić do proliferacji, nie ma bowiem bezpośredniego powiązania pomiędzy budową broni jądrowej a rozwojem cywilnych reaktorów. Niemniej jednak niektóre rodzaje cywilnej współpracy jądrowej umożliwiają skonstruowanie ładunku jądrowego. Dzieje się tak, ponieważ wszystkie formy cywilnej pomocy atomowej, niezależnie czy obejmują szkolenie naukowców, czy dostawy reaktorów, czy budowę zakładów przetwarzania paliwa, zwiększają bazę wiedzy i możliwości techniczne kraju, co może zwiększyć prawdopodobieństwo rozprzestrzeniania technologii jądrowej do celów innych niż zamierzone.

W opracowaniu przyjęto następujące hipotezy:

- 1) Programy EJ rozwijały się w dużej mierze w związku z koniecznością zaspokojenia rosnących potrzeb energetycznych i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego krajów (dywersyfikacja źródeł energii).
- 2) EJ ze względu na ograniczoną emisję gazów cieplarnianych (GHG) może odegrać główną rolę w zerwaniu zależności pomiędzy utrzymaniem wzrostu światowej gospodarki i zwiększeniem poziomu bezpieczeństwa energetycznego a równoczesnym ograniczeniem GHG.
- 3) EJ przyciąga, jest dowodem postępu cywilizacyjnego narodów, podnosi prestiż kraju na arenie międzynarodowej.
- 4) Ze względu na rozproszenie wiedzy, materiałów i technologii jądrowych wydaje się wręcz niemożliwe całkowite zapobieżenie proliferacji technologii jądrowych, toteż społeczność międzynarodowa powinna zapoczątkować trwałą zmianę w podejściu do wyzwań reżimu nieproliferaacji.
- 5) Nowe podejście powinno zakładać elastyczność i zindywidualizowane postępowanie wobec różnych podmiotów ubiegających się o pozyskanie cywilnych technologii jądrowych.

Prezentowana problematyka ma charakter wieloaspektowy i jest niezwykle złożona, a zatem wymagała zastosowania różnych metod badawczych, w tym metody historyczno-porównawczej, szczególnie przydatnej w pierwszej części pracy. Metodę analizy zawartości dokumentów, raportów, deklaracji i przemówień oraz niektóre elementy metody decyzyjnej i metody czynnikowej wykorzystano w części drugiej i trzeciej.

Konstrukcja pracy podporządkowana została założeniom merytoryczno-metodologicznym. Układ pracy jest analityczno-problemowy i uwzględnia udział EJ w układzie geograficznego rozlokowania floty atomowej. Książka składa się

z trzech części, obejmujących jedenaście rozdziałów, w których kolejno autor prezentuje stan EJ na świecie, rolę EJ w erze zmian klimatu i implikacje proliferacji technologii podwójnego zastosowania. Podział na rozdziały i podrozdziały odzwierciedla układ problemowy związany z potencjałem i rolą poszczególnych aktorów w sektorze EJ oraz znaczenia tego źródła energii dla przeciwdziałania zmianom klimatu. Autor podejmuje się także próby oceny skutków upowszechnienia cywilnych technologii EJ dla reżimu nierozprzestrzeniania. W rozdziale pierwszym przedstawia genezę rozwoju cywilnego przemysłu budowy reaktorów jądrowych, który narodził się z wojskowych programów zbrojeń atomowych, oraz potencjał światowej floty reaktorów, który zmniejsza się ze względu na starzenie się floty reaktorów. W rozdziałach drugim i trzecim przedstawia implikacje społeczno-ekonomiczne wykorzystania EJ i bezpieczeństwa elektrowni. W rozdziałach od czwartego do siódmego nakreśla uwarunkowania rozwoju, a także znaczenie EJ dla wybranych państw Ameryki Północnej i Łacińskiej i w krajach Azji (Chiny, Indie, Japonia, Korea Południowa) oraz perspektywy rozwoju EJ w Afryce i w krajach Zatoki Perskiej. W rozdziale ósmym natomiast koncentruje się na EJ w Europie, obejmując analizę UE i jej krajów członkowskich oraz Rosji i byłych republik ZSRR. Próbę oceny wpływu produkcji energii na środowisko i atrybutów EJ w walce ze zmianami klimatu stanowi rozdział dziewiąty. W rozdziałach dziesiątym i jedenastym autor dąży z kolei do wyjaśnienia (na wybranych przykładach) skutków podwójnego zastosowania technologii jądrowych oraz implikacji proliferacji technologii jądrowych jako czynnika zwiększającego ryzyko osłabienia reżimu nieproliferaacji.

Aktualność i złożoność problemu badawczego wymagała wszechstronnego zapoznania się z dostępną literaturą przedmiotu. Tematyka niniejszej pracy nie jest zupełnie nowa, aczkolwiek w polskiej literaturze naukowej brakuje syntetycznej analizy problematyki implikacji energetyki jądrowej dla geopolityki światowej. Nie ma literatury dotyczącej skutków proliferacji cywilnych technologii jądrowych, szczególnie w zakresie wrażliwych komponentów cyklu paliwowego na obszar militarny (budowa broni atomowej). To opracowanie przynajmniej w pewnym stopniu próbuje wypełnić tę lukę.

Zasadniczą bazę źródłową stanowiły literatura i publikacje obcojęzyczne, w mniejszym stopniu źródła polskie. Na szczególną uwagę zasługują dane Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency, MAEA) oraz Światowego Stowarzyszenia Nuklearnego (World Nuclear Association), a także charakterystyki profili energetycznych państw opracowane przez ekspertów z U.S. Energy Information Administration (EIA). Szczególnie przydatne były raporty roczne BP Statistical Review, World Energy Outlook i Międzynarodowej Agencji Energii (MAE).

Na świecie istnieje dość obfita literatura koncentrująca się na wybranych zagadnieniach z zakresu bezpieczeństwa energetyki jądrowej. Wśród autorów

licznych prac dotyczących analiz statusu i bezpieczeństwa w sektorze EJ trzeba wyróżnić takich autorów, jak Mycle Schneider, Antony Froggatt, Benjamin K. Sovacool i Scott Victor Valentine. Problematykę relacji między energetyką a przeciwdziałaniem zmianom klimatu poruszają Jon Symons, Luca Anceschi, David Elliott, Casimir Pierre Zaleski. Ponadto istnieje cała plejada znakomych znawców przedmiotu i autorów wielu prac poświęconych bieżącej problematyce proliferacji cywilnych technologii jądrowych. Są to między innymi: Adam N. Stulberg, Matthew Fuhrmann, Victor Gilinsky, Matthew Kroenig, Henry D. Sokolski.

W Polsce sprawy dotyczące energetyki są omawiane w czasopismach branżowych oraz w prasowych polemikach i dyskusjach politycznych. Nie oznacza to, że brakuje autorów poświęcających wiele uwagi omawianym kwestiom. Należą do nich: Andrzej Strupczewski, Jacek Malko, Tomasz Motowidlak, Erhard Cziomer. Ważną monografią, stanowiącą istotny wkład do badań w tej kwestii, jest: Grzegorz Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś* (2005). Problem kształtowania się międzynarodowego reżimu zmian klimatu i wpływu na sektor energetyczny omawia Marek Pietraś w publikacji *Międzynarodowy reżim zmian klimatu* (2011). Zagrożenia terroryzmu jądrowego analizuje z kolei w swoich pracach Michał Chorośnicki.

Problematyka bezpieczeństwa energetycznego jest obecna również w polskim piśmiennictwie z dziedziny stosunków międzynarodowych, między innymi w biuletynach PISM oraz raportach Narodowego Centrum Badań Jądrowych.

Tematyka pracy obejmuje współczesne i aktualne problemy bezpieczeństwa EJ, toteż dla pełnego ich omówienia wykorzystano bogate źródła publikacji internetowych, dostępne na stronach wiarygodnych wyspecjalizowanych międzynarodowych organizacji pozarządowych oraz instytucji analitycznych, takich jak: Nuclear Energy Institute, The Nuclear Threat Initiative, Nonproliferation Policy Education Center, The Atomic Heritage Foundation, a także polskich ośrodków badawczo-naukowych i eksperckich. Ważnym źródłem informacji okazały się również czasopisma branżowe: „Energetyka”, „Energia Gigawat”, „Czysta Energia”, oraz wyspecjalizowane portale branżowe, szczególnie Państwowej Agencji Atomistyki, a także [Poznajatom.pl](http://Poznajatom.pl) i [Elektrownia-jadrowa.pl](http://Elektrownia-jadrowa.pl).

Niniejsza publikacja jest skierowana do szerokiego kręgu osób zainteresowanych problemami współczesnego wymiaru bezpieczeństwa energetycznego, aczkolwiek może stanowić również źródło informacji dla pracowników naukowych, ekspertów i osób zawodowo związanych z sektorem energii.

W ocenie autora promocja cywilnych technologii jądrowych na poziomie regionalnym i globalnym jako nieemisyjnego źródła energii to szansa na zaspokojenie wzrostu potrzeb energetycznych (powodowana dynamiką rozwoju gospodarczego, potrzeb konsumpcyjnych ludności). Zamierzeniem autora było dowieść, że wiek XXI będzie wiekiem transformacji światowego systemu



energetycznego, definiowanej jako przejście od paliw kopalnych do nie- lub niskoemisyjnych źródeł energii. Energia jądrowa może odegrać w tym procesie rolę kluczową, pełniąc funkcję pośrednią w przejściu od węglowodorów do OZE ze względu na zapewnienie stabilnych nieemisyjnych dostaw energii o dużej mocy, co gwarantuje bezpieczeństwo energetyczne, niezależność energetyczną, opłacalność produkcji energii elektrycznej. Energia jądrowa jest ważnym ogniwem tej transformacji jako quasi-krajowe źródło energii.

Kraków, grudzień 2015



CZĘŚĆ I

# Energetyka i bezpieczeństwo jądrowe na świecie



# Uwarunkowania i rozwój energetyki jądrowej na świecie

## 1.1. Rys historyczny rozwoju energetyki jądrowej

Cywilna energetyka jądrowa ma już ponad 60 lat. Historia cywilnych elektrowni jądrowych rozpoczęła się w latach 50. XX wieku, aczkolwiek pierwszy reaktor jądrowy uruchomiony został w Chicago w grudniu 1942 roku przez włoskiego fizyka Enrica Fermiego, co dało początek pracom nad pierwszymi prototypowymi reaktorami badawczymi o niewielkich mocach. Pierwszą generację reaktorów stanowiły konstrukcje przejęte z programów wojskowych (np. budowy ładunków nuklearnych, napędu łodzi podwodnych), szybko jednak zaadaptowano je do zastosowań cywilnych (do produkcji energii elektrycznej i ciepła w elektrociepłowniach).

Pierwszym reaktorem jądrowym (z zastosowaniem niewojskowym) był amerykański reaktor na neutrony prężkie EBR-1 (*Experimental Breeder Reactor*) uruchomiony pod koniec 1951 roku przez zespół naukowców pod kierunkiem Waltera Zinna. Wspomniane urządzenie jako pierwsze na świecie dostarczyło energię elektryczną, zapalając cztery żarówki o mocy 200 W (przy czym nie była to jeszcze elektrownia jądrowa)<sup>1</sup>. W 1953 roku, również w Idaho Falls, uruchomiono dwa prototypy reaktorów, które zdominowały światową energetykę jądrową: prototyp reaktora wodno-ciśnieniowego (*Pressurized Water Reactor*, PWR) i prototyp reaktora wodno-wrzącego (*Boiling Water Reactor*, BWR). W maju 1954 roku w Obnińsku na terenie Rosji (ok. 100 km na południowy zachód od Moskwy) uruchomiono pierwszą na świecie elektrownię atomową o niewielkiej mocy zaledwie 5 MWe. Dostarczała ona prąd

---

<sup>1</sup> Reaktor EBR-1 był przeznaczony głównie do określenia możliwości powielania paliwa jądrowego.

elektryczny wyłącznie na potrzeby własne badawczego Instytutu Atomowego powstałego w ramach prac nad budową radzieckiej bomby atomowej<sup>2</sup>.

Pierwszą na świecie komercyjną elektrownią jądrową była oddana do użytku w 1956 roku brytyjska jednostka w Calder Hall (50 MWe, moderator grafitowy chłodzony gazem)<sup>3</sup>. Druga w pełni przemysłowa elektrownia jądrowa na świecie to amerykańska elektrownia z reaktorem PWR w Shippingport nad rzeką Ohio niedaleko Pittsburga w Pensylwanii, oddana do użytku w grudniu 1957 roku<sup>4</sup>. Wkrótce śladem tych krajów poszły kolejne – Francja, Włochy, Niemcy i Szwecja, gdzie 17 lipca 1963 roku uruchomiono pierwszą na świecie elektrociepłownię jądrową w Agesta, dostarczającą ciepło do przedmieść Sztokholmu<sup>5</sup>.

Impulsem dla rozwoju energetyki jądrowej stała się inicjatywa prezydenta Stanów Zjednoczonych Dwighta Davida Eisenhowera, ogłoszona 8 grudnia 1953 roku przed Zgromadzeniem Ogólnym ONZ. Prezydent Eisenhower uważał, iż w ramach międzynarodowej współpracy powinny być rozwijane i budowane reaktory jądrowe w celu wytwarzania energii elektrycznej w tych częściach świata, gdzie jej brakuje. Postulował też utworzenie międzynarodowej agencji zajmującej się wykorzystaniem programu „Atom dla pokoju” (zob. więcej część III). W sierpniu 1955 roku pod egidą ONZ odbyła się w Genewie pierwsza konferencja na temat pokojowego wykorzystania energii atomowej. Na konferencji spotkali się po raz pierwszy uczeni – głównie fizycy jądrowi z całego świata – w celu otwartej wymiany myśli (2700 uczonych z 38 państw).

Lata 50. i 60. XX wieku to także okres intensywnego rozwoju prywatnego sektora zajmującego się projektowaniem i budową elektrowni jądrowych (m.in. firma Westinghouse, General Electric), aczkolwiek dopiero „szok naftowy”, spowodowany kryzysem energetycznym lat 70. XX wieku, sprawił, że w wielu krajach świata postawiono na rozwój energetyki jądrowej<sup>6</sup>. Konstrukcje reaktorów energetycznych zostały znacznie zmodernizowane i były udoskonalane głównie w państwach członkowskich OECD oraz europejskich

---

<sup>2</sup> W kolejnych latach ZSRR zbudował reaktor typu WWER, czyli własną odmianę zachodnich reaktorów PWR, za: G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 298, s. 301.

<sup>3</sup> Elektrownia była wykorzystywana również do produkcji wojskowego plutonu i odegrała istotną rolę w brytyjskim programie budowy bomby atomowej.

<sup>4</sup> Pierwszy reaktor jądrowy o znikomej mocy 200 W, w którym uzyskano kontrolowaną reakcję łańcuchową, uruchomił Enrico Fermi 2 grudnia 1942 r. na uniwersytecie w Chicago. W 1943 r. reaktor został przeniesiony do Argonne National Laboratory i po udoskonaleniu – jako CP-2 – był dalej wykorzystywany do badań.

<sup>5</sup> Siłownia wytwarzająca energię elektryczną, gdzie około 2/3 przetwarzanej energii pierwotnej to ciepło odpadowe wykorzystane w elektrociepłowni.

<sup>6</sup> Pierwsze elektrownie jądrowe były bardzo kosztowne, toteż początkowo rozwój EJ wydawał się mało obiecujący.

państwach socjalistycznych. Szczytowy moment dla rozwoju energetyki jądrowej, jaki przypada na koniec lat 70. XX wieku, został nagle przerwany katastrofą w amerykańskiej elektrowni Three Mile Island (1979), zmniejszając udział energii jądrowej w bilansie energetycznym świata. Wypadek w elektrowni w Czarnobylu (1986) jeszcze bardziej drastycznie zahamował rozwój energetyki jądrowej. W rezultacie w latach 80. i 90. XX wieku znacznie zmalała liczba nowych inwestycji w elektrownie jądrowe (zob. rys. 1). Ten trend umacniały między innymi: opór społeczny w stosunku do energii atomowej (awarie, składowanie i transport odpadów radioaktywnych), zagrożenie proliferacji technologii i terroryzmu oraz obniżenie konkurencyjności ekonomicznej energetyki jądrowej ze względu na stosunkowo niskie ceny paliw kopalnych i znaczne postępy w rozwoju konkurencyjnych technologii produkcji energii.

Przełom tysiącleci przyniósł umiarkowany rozwój EJ, aczkolwiek należy zauważyć, iż ponad 40 państw intensywnie rozważa uruchomienie programów jądrowych. Dotyczy to zarówno zaawansowanych gospodarek, jak i krajów rozwijających się<sup>7</sup>. Elektrownie powstają także lub są projektowane między innymi w Turcji, Arabii Saudyjskiej, Zjednoczonych Emiratach Arabskich, Egipcie, Indonezji, Wietnamie, Tajlandii, Polsce, Brazylii, Argentynie, RPA, Sudanie<sup>8</sup>. Pomimo dużej liczby krajów rozważających rozwój energetyki jądrowej nie należy oczekiwać skokowego rozwoju potencjału nuklearnego z wyjątkiem Azji – regionu największego wzrostu energetyki jądrowej do połowy XXI wieku<sup>9</sup>.

Niektóre kraje aspirujące (Bangladesz, Filipiny i Indonezja) mają niski poziom dostępu do usług elektrycznych oraz znikomą konsumpcję prądu elektrycznego na mieszkańca (np. Wietnam musi wytworzyć znaczące moce, by podtrzymać gwałtowny rozwój gospodarczy kraju, gdzie jedna piąta ludności wciąż nie ma dostępu do sieci).

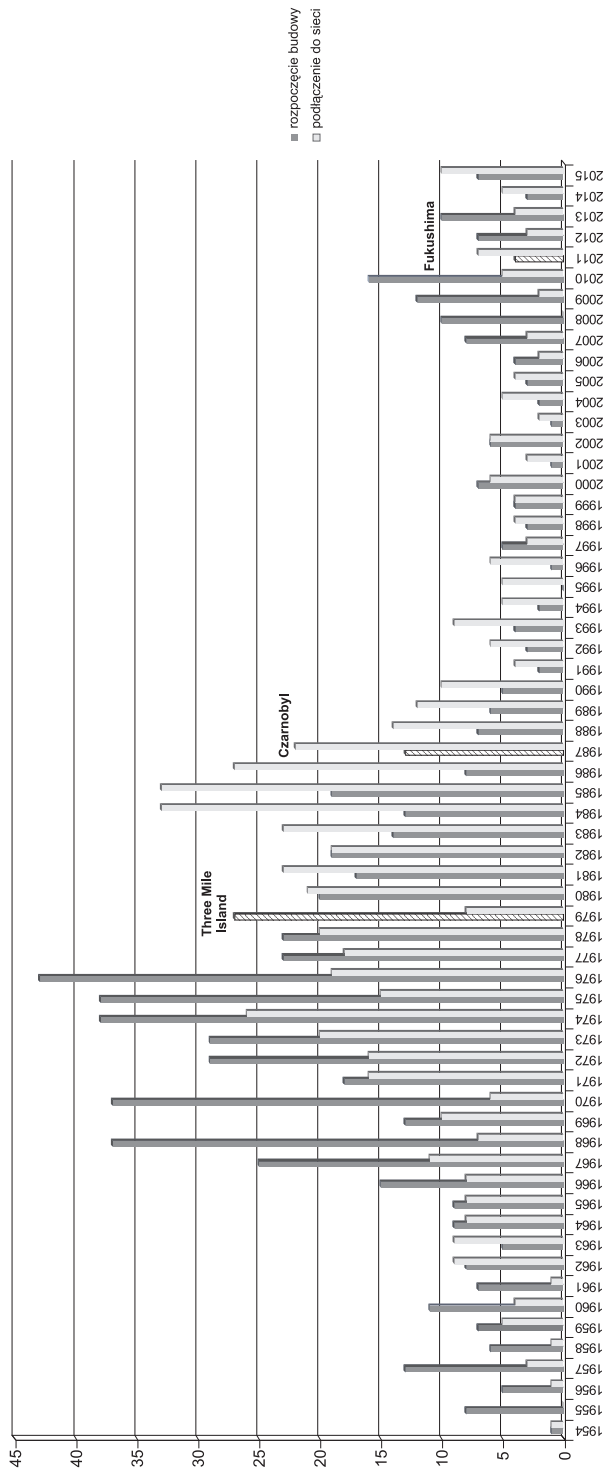
Wzrost zużycia energii w krajach rozwijających się sprawia, że pomimo awarii w Fukushima energetyka jądrowa na świecie będzie się rozwijać, aczkolwiek w umiarkowanym tempie. Kraje stojące w obliczu wysokiego zapotrzebowania na energię będą kontynuować budowę elektrowni. Zjednoczone Emiraty Arabskie, a także inne kraje Bliskiego Wschodu oraz państwa z mniej rozwiniętą infrastrukturą jądrową ogłosiły kontynuację prac nad nowymi jednostkami.

---

<sup>7</sup> Zob. więcej w: T. Młynarski, M. Tarnawski, *Źródła energii i ich znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego w XXI wieku*, Difin, Warszawa 2016, s. 174–176.

<sup>8</sup> Pływającymi elektrowniami są zainteresowane także inne kraje, m.in. Filipiny.

<sup>9</sup> *The World Nuclear Supply Chain: Outlook 2030*, World Nuclear Association (WNA) 2014.



**Rys. 1.** Rozpoczęcie budowy reaktorów i przyłączenia do sieci w latach 1954–2015

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Nuclear Power Reactors in the World*, Reference Data Series No. 22015 Edition, IAEA Vienna 2015, s. 79; *World Doubles New Build Reactor Capacity in 2015*, WNA, 4 stycznia 2016.



## 1.2. Energia jądrowa i typy reaktorów

Energia jądrowa jest wydzielana podczas przemian jądrowych związanych z różnicami w energii wiązania poszczególnych jąder atomowych. Pozyskuje się ją w procesach kontrolowanej reakcji łańcuchowej rozszczepiania w reaktorze jąder atomowych ciężkich pierwiastków (uranu, plutonu lub toru) przez neutrony o niewielkiej energii, w której wyniku wyzwolona zostaje energia cieplna. Aby nie doprowadzić do przegrzania i stopienia rdzenia reaktora, musi on być chłodzony. Energia z paliwa jądrowego, które znajduje się w prętach paliwowych (zawierających materiał rozszczepialny) jest odbierana w postaci ciepła przez chłodziwo przepływające przez rdzeń w obiegu zamkniętym (pierwotnym)<sup>10</sup>.

Zasady działania elektrowni jądrowej są takie same jak elektrowni konwencjonalnej, z wyjątkiem samego sposobu generowania ciepła koniecznego do uzyskania pary wodnej<sup>11</sup>. O ile w elektrowniach konwencjonalnych energia cieplna jest uzyskiwana na skutek spalania paliw kopalnych (węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego), o tyle w elektrowniach jądrowych wodę podgrzewa ciepło wytwarzane w czasie chłodzenia reaktora<sup>12</sup>. Reaktor jest jedynie źródłem ciepła i spełnia funkcję identyczną z kotłem opalonym węglem w elektrowni klasycznej (turbina czy generator prądu są takie same jak we wszystkich elektrowniach cieplnych)<sup>13</sup>.

Podstawowym atutem energii jądrowej okazuje się koncentracja energii zawartej w paliwie jądrowym w stosunku do paliw konwencjonalnych. Energia jądrowa zapewnia zatem stabilne dostawy energii o dużej mocy (elektrownia węglowa o mocy 1000 MW potrzebuje w ciągu roku ok. 2,5 mln ton węgla, a zapewniający tę samą moc reaktor jądrowy – tylko 30 ton paliwa jądrowego)<sup>14</sup>. Reaktory wodne, w których zwykła woda jest zarówno

<sup>10</sup> Chłodziwem mogą być ciecze ( $H_2O$ ,  $D_2O$ ), gazy (He, CO,  $CO_2$ ), ciekłe metale (Na).

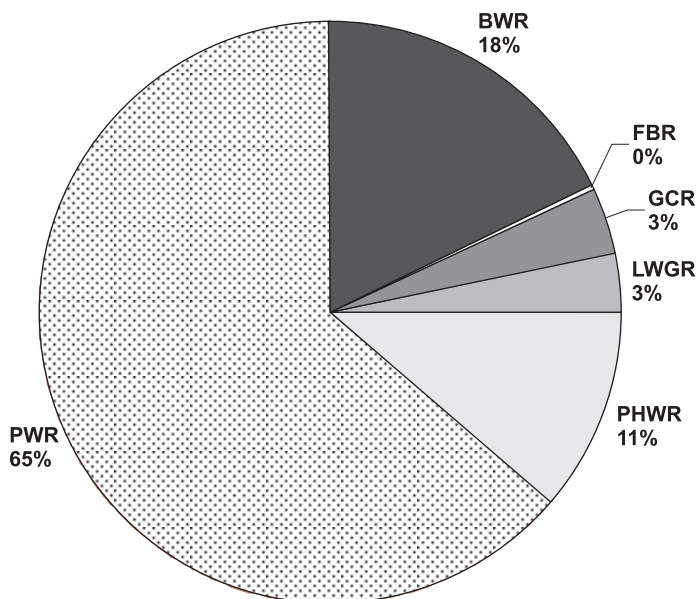
<sup>11</sup> Reaktory mogą mieć różne zastosowanie. Mogą być używane m.in. do produkcji energii elektrycznej. Badawcze napędowe są przeznaczone do napędu łodzi podwodnych/lodołamaczy, a wysokotemperaturowe, wytwarzające ciepło – do celów technologicznych (ogrzewanie) czy do odsalania wody morskiej.

<sup>12</sup> W obiegu wtórnym – woda pod postacią pary pod wysokim ciśnieniem rozpręża się, obracając turbiny napędzające generator prądu (zamiana energii cieplnej pary na energię mechaniczną).

<sup>13</sup> T. Młynarski, M. Tarnawski, *op. cit.*, s. 177–178.

<sup>14</sup> *Jak działa elektrownia jądrowa?*, Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), <http://ncbj.edu.pl/en-jadrowa/jak-dziala-elektrownia-jadrowa> (dostęp: 15.08.2015). Zjawisko rozszczepienia jądra atomu uranu przez bombardowanie go neutronami odkryli niemieccy naukowcy Otto Hahn i Fritz Strassmann w 1938 r. W ten sposób narodził się pomysł stworzenia bomby jądrowej, nad którą pracowali Amerykanie w ramach „Projektu Manhattan” zainicjowanego w 1942 r. przez prezydenta F.D. Roosevelta.

moderatorem (materiałem spalnającym neutrony w reaktorze i przez to umożliwiającym podtrzymanie reakcji łańcuchowej), jak i chłodziwem, stanowią 82% wszystkich działających reaktorów i produkują 85% energii elektrycznej wytwarzanej przez elektrownie jądrowe na świecie (zob. rys. 2)<sup>15</sup>.



**Rys. 2.** Typy reaktorów na świecie [%] (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych International Atomic Energy Agency (IAEA), [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 15.08.2015).

Posiadanie energii jądrowej w koszyku energetycznym państwa wpływa na jego bezpieczeństwo energetyczne (ograniczenie zużycia i importu paliw kopalnych oraz dywersyfikację źródeł energii). Elektrownie jądrowe są ponadto mniej szkodliwe dla środowiska naturalnego niż inne powszechnie wykorzystywane źródła energii. Nie mniej poważnym problemem jest składowanie i zagospodarowanie odpadów radioaktywnych (niskoaktywnych – *Low Level Waste*, średnioaktywnych – *Intermediate Level Waste* i wysokoaktywnych

<sup>15</sup> Ze względu na konstrukcję rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje reaktorów wodnych: zbiornikowe (typu PWR, BWR) i kanałowe (typu CANDU, *Canadian Deuterium Uranium*, RBMK, reaktor kanałowy dużej mocy). Rosyjską odmianą reaktorów PWR są reaktory WWER (*Wodo-Wodiany Energetyczny Reaktor*).

– *High Level Waste*) powstałych w procesie wzbogacania paliwa jądrowego i w trakcie wytwarzania energii.

### Energetyka jądrowa

#### zalety

- dostawy energii elektrycznej o dużej mocy oraz dywersyfikacja bazy paliwowej elektroenergetyki,
- ograniczenie podatności kraju na wahania cen paliw kopalnych i zwiększenie konkurencyjności gospodarki, szczególnie w sektorach o dużym zapotrzebowaniu na energię elektryczną,
- czystsze środowisko, wytwarzanie energii bez emisji gazów cieplarnianych,
- stymulacja rozwoju wielu dziedzin nauki i gospodarki, wykorzystanie reaktorów, m.in. w medycynie (radioterapia), do produkcji ciepła i odsalania wody,
- kogeneracja, czyli wykorzystanie ciepła do celów grzewczych.

#### wady

- ryzyko skażenia radioaktywnego ludzi i środowiska oraz problem utylizacji odpadów radioaktywnych,
- długi czas budowy oraz wysokie koszty inwestycyjne i demontażu instalacji jądrowych,
- wykorzystanie energii jądrowej w sposób niekontrolowany (technologia podwójnego zastosowania),
- infrastruktura narażona na zagrożenie terrorystyczne,
- negatywne postrzeganie i brak akceptacji społecznej.

Źródło: opracowanie własne.

Odzyskane materiały rozszczepialne (uran i pluton) w następstwie szeregu procesów chemicznych są ponownie wykorzystane, natomiast wysokoaktywne odpady radioaktywne przygotowuje się do składowania (w specjalnych stalowo-grafitowych pojemnikach) na powierzchni lub pod ziemią<sup>16</sup>. Częściowe ponowne przetworzenie zużytego paliwa z reaktorów jest praktykowane we Francji, Wielkiej Brytanii, Rosji i Japonii, co pozwala na ponowne wykorzystanie uranu i plutonu w cyklu paliwowym, ale skutkuje wytworzeniem długowiecznych komponentów transuranowych zawartych w wysokoaktywnych odpadach. Wymagają one zabezpieczonego składowania przez setki tysięcy lat, co sięga daleko poza jakiekolwiek doświadczenie człowieka. Podjęto już prace mające na celu zamknięcie cyklu paliwowego, tak by długowieczne radionuklidy zostały ponownie przetworzone w cyklu paliwowym i by ostateczny horyzont czasowy składowania odpadów nuklearnych był skrócony do czasu, który jest w zasięgu możliwości człowieka (kilkaset lat).

W światowej czołówce dostawców technologii jądrowych liczy się zaledwie pięciu potentatów – koncerny z Francji, Rosji, Stanów Zjednoczonych, Japonii, Kanady, a także – coraz bardziej – koncerny z Korei Południowej. Startują

<sup>16</sup> Odpady wysokoaktywne to ok. 3% odpadów radioaktywnych, ale pochodzi z nich aż 95% promieniowania. Przechowywane są w zeszkłonych blokach pokrytych stalą nierdzewną w chłodzonych powietrzem głębokich składowiskach geologicznych (500–800 m pod ziemią) w rejonach wolnych od wstrząsów sejsmicznych.

one w przetargach na całym świecie i dostarczają do większości elektrowni uranowe paliwo. Należy zauważyć, iż w erze post-Czarnobyła światowy rynek energetyki jądrowej wykazywał umiarkowaną dynamikę wzrostu. Głównymi sprzedawcami były przede wszystkim firmy europejskie (Areva, Siemens) lub północnoamerykańskie (Westinghouse oraz General Electric i AECL). Niemniej jednak panował optymizm – przypuszczano, że nowa generacja reaktorów znacząco poprawi konkurencyjność EJ. W 2014 roku obraz konkurencyjności dostawców był inny, ponieważ rynek EJ po stronie podażowej przeniósł się na Wschód i został zdominowany przez Chiny, Rosję, Koreę i Japonię, a dominowały zamówienia na rynki krajowe Chin, Rosji i Korei<sup>17</sup>.

### 1.3. Stan i perspektywy dla przemysłu energetyki jądrowej

Według MAEA pod koniec 2015 roku elektrownie jądrowe działały w 30 krajach świata (oraz na Tajwanie), w których podłączonych do sieci było 441 reaktorów o łącznej mocy 381,6 GW (zob. rys. 3), a kolejne 65 jednostek (zob. rys. 4) o łącznej mocy 64.2 GW znajdowało się w różnych stadiach budowy w 15 państwach (blisko dwie trzecie w Chinach, Indiach i Rosji)<sup>18</sup>. Należy jednak zwrócić uwagę, iż MAEA wlicza do swojej statystyki 43 jednostki istniejące w Japonii, które zostały wyłączone z pracy po katastrofie w elektrowni Fukushima Daiichi (poza Japonią, jeden w Indiach i jeden w Korei Pd., spełniają one kryteria długoterminowego wyłączenia *Long-Term Outage*, LTO). Oznacza to, że na świecie realnie operuje 398 jednostek o łącznej zainstalowanej mocy 341 GW<sup>19</sup>. Czasowe wyłączenie reaktorów w Japonii spowodowało, że przejściowo globalne moce EJ znacząco spadły do poziomu, który jest porównywalny z tym sprzed dwóch dekad<sup>20</sup>.

Równocześnie od początku eksploatacji energetyki jądrowej do końca 2015 roku na świecie znajdowało się aż 156 jednostek trwale wyłączonych, głównie ze względu na upływ czasu ich użytkowania (zob. rys. 5).

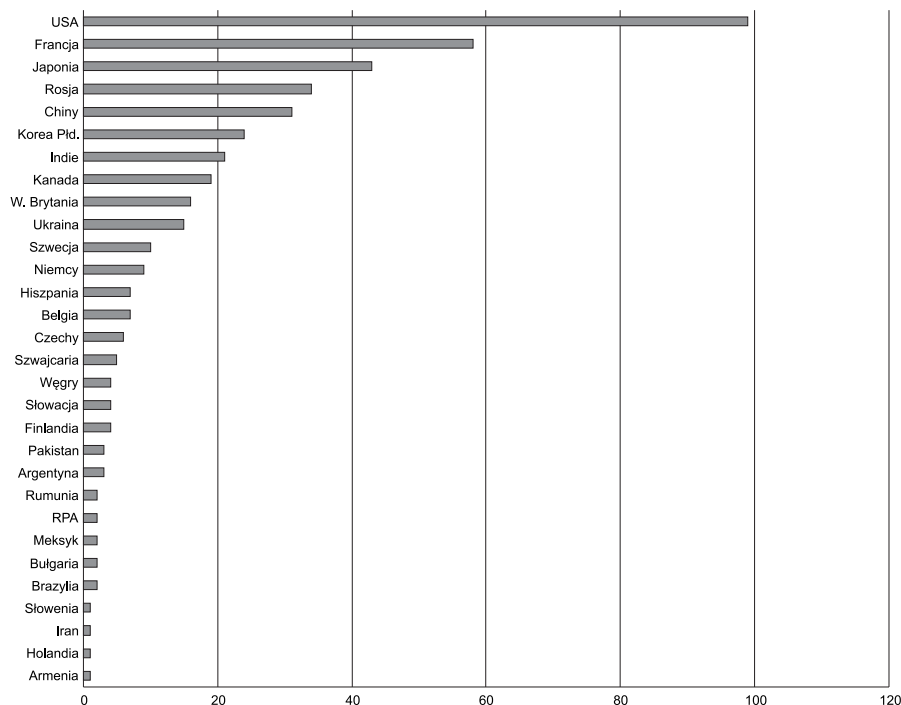
---

<sup>17</sup> W cieniu gigantów działają mniej znani Kanadyjczycy z firmy Atomic Energy of Canada. Ta państwowa firma sprzedała reaktory do Chin, Argentyny, Indii, Korei Południowej. W Europie kanadyjskie reaktory działają w rumuńskiej elektrowni Cernavoda.

<sup>18</sup> *The Database on Nuclear Power Reactors*, IAEA Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx> (dostęp: 22.06.2015); *Nuclear Power Reactors in the World*, IAEA, May 2015, s. 46.

<sup>19</sup> *The Database on Nuclear Power Reactors*; reaktory operujące tzn. podłączone do sieci elektrycznej.

<sup>20</sup> Na koniec 2014 r. na świecie ok. 150 reaktorów było całkowicie wygaszonych (*Permanent Shutdown Reactors*), za: *Nuclear Power Reactors in the World*, s. 52.



**Rys. 3.** Całkowita liczba reaktorów (wg państw): 441 (2015)

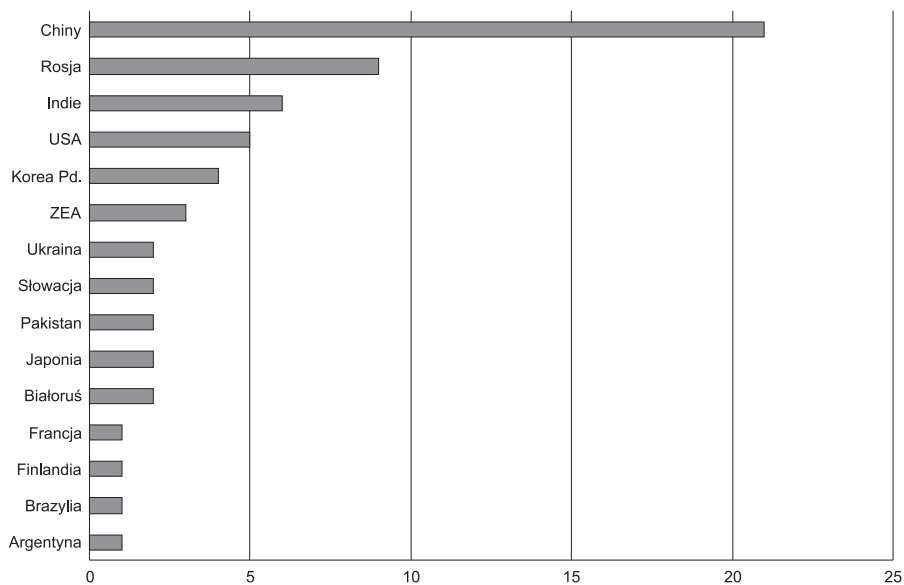
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA: *Power Reactor Information System*, <https://www.iaea.org> (dostęp: 15.11.2015).

W krajach OECD znajduje się 80% reaktorów na świecie, zapewniając 23% energii elektrycznej produkowanej przez te kraje (najwięcej mocy z elektrowni jądowych skoncentrowało się w ośmiu krajach – USA, Francji, Niemczech, Rosji, Korei Południowej, Ukrainie, Kanadzie i Japonii), przy czym dwie trzecie mocy skoncentrowano w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej.

MAEA przewiduje, że w roku 2030 moc zainstalowana w elektrowniach jądowych wyniesie od 435 GWe do 722 GWe, a do 2050 roku – od 440 do 1113 GWe, przy czym największy wzrost mocy zainstalowanej nastąpi w państwach już eksploatujących elektrownie jądowe<sup>21</sup>.

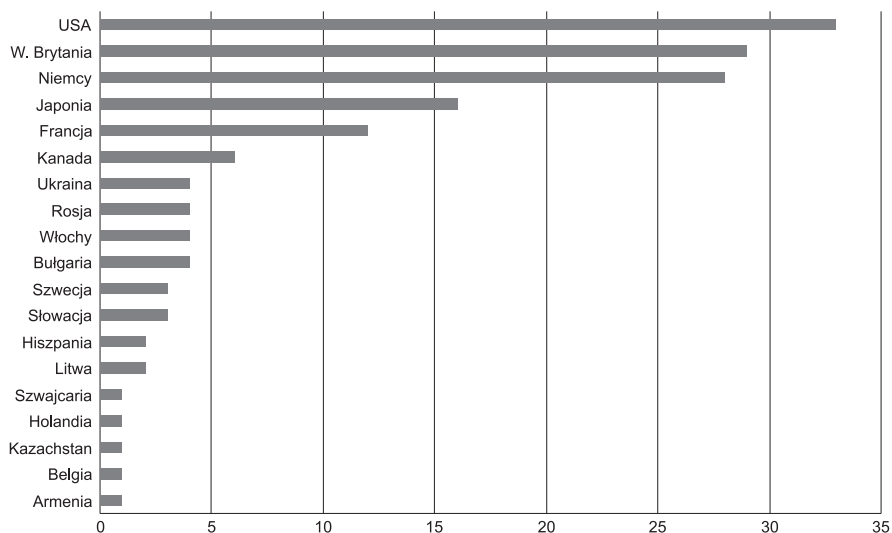
Udział energii jądowej w światowej produkcji energii elektrycznej od połowy lat 80. utrzymuje się na względnie stałym poziomie, średnio

<sup>21</sup> *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*, Reference data series No. 1, 2013 Edition, IAEA, 2013, s. 17.



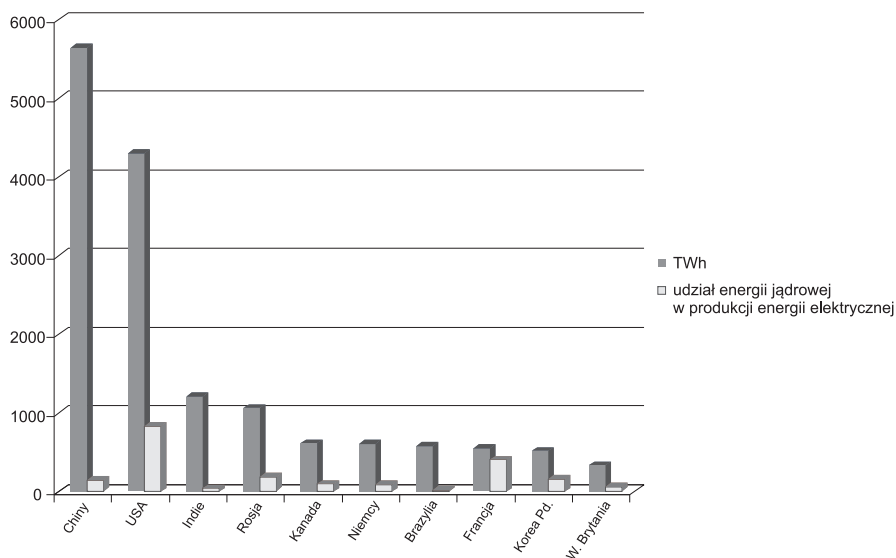
**Rys. 4.** Reaktory w budowie (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: The Power Reactor Information System (PRIS), IAEA 2015.



**Rys. 5.** Reaktory na stałe zamknięte: 156 (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: The Power Reactor Information System (PRIS), IAEA 2015.



**Rys. 6.** Udział EJ w produkcji energii elektrycznej wybranych państw (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: BP Statistical Review 2015, Data workbook; WNA, <http://www.world-nuclear.org> (dostęp: 15.09.2015).

ok. 14% (najwięcej – 17,6% – w 1996 r., najmniej – 10,8% – w 2012 r.)<sup>22</sup>. W 2014 roku pięć państw: Stany Zjednoczone, Francja, Rosja, Korea Południowa i Chiny, wyprodukowało aż 60% energii elektrycznej z energii jądowej w skali światowej (zob. rys. 7)<sup>23</sup>.

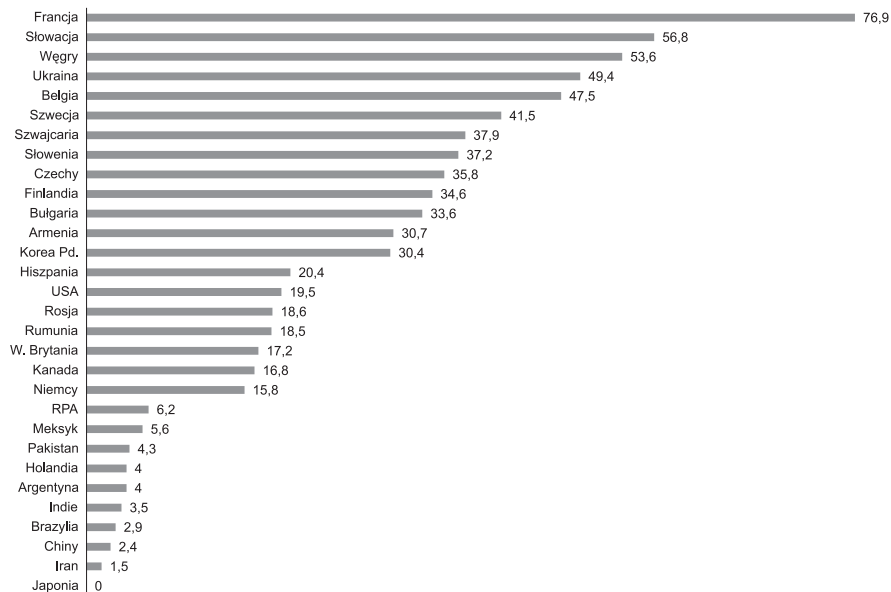
Trudno mówić o „renesansie” energetyki jądowej ze względu na stan techniczny światowej floty jądowej, ponieważ ponad połowa reaktorów w perspektywie dekady będzie wymagać znaczących nakładów inwestycyjnych ze względu na osiągnięcie planowanego kresu eksploatacji. Ponad 52% światowej floty reaktorów jądowych ma ponad 30 lat lub więcej, z czego 66% ma ponad 40 lat (zob. rys. 8)<sup>24</sup>.

W 2014 roku liczba reaktorów w budowie była największa od 25 lat, jednocześnie koszty budowy – które są głównym determinantem rozwoju energetyki jądowej – wzrosły w ciągu ostatniej dekady z 1000 USD do około 8000 USD

<sup>22</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris–London–Washington, D.C., July 2014, s. 6; *Nuclear Share of Electricity Generation*, IAEA PRIS; <http://www.iaea.org/aboutus/faqs/nuclear> (dostęp: 15.09.2015).

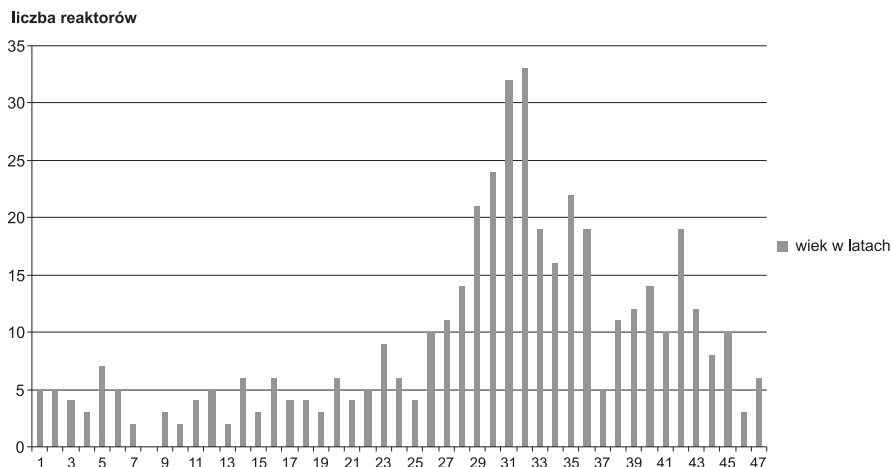
<sup>23</sup> *Operational & Long-Term Shutdown Reactors*, IAEA 2015, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 15.11.2015).

<sup>24</sup> IAEA 2015, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 15.10.2015).



**Rys. 7.** Udział EJ w produkcji energii elektrycznej [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: IAEA Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/pris> (dostęp: 15.11.2015).



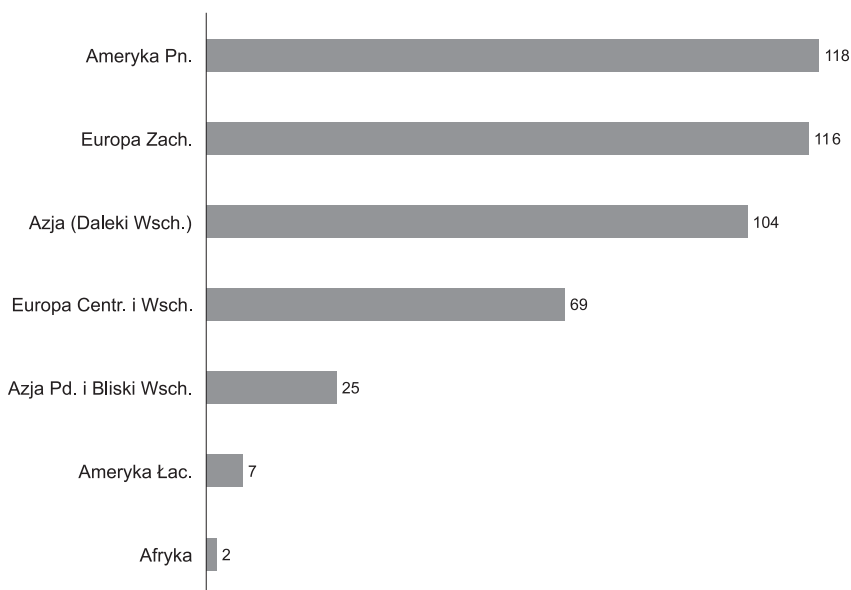
**Rys. 8.** Reaktory funkcjonujące, wg wieku (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MAEA.



za zainstalowany kilowat we wszystkich krajach, włącznie z Chinami, Finlandią, Francją i Zjednoczonymi Emirata Arabskimi (co odbija się na cenie prądu), a wiele projektów przekroczyło znacząco zakładany budżet<sup>25</sup>.

W przeszłości w rozwoju EJ dominowały rozwinięte kraje Ameryki Północnej i Europy, ale rosnące zapotrzebowanie na energię w krajach spoza OECD sprawiło, że od lat 90. XX wieku EJ stała się bardzo atrakcyjna dla krajów rozwijających się, gdzie zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie skokowo. Niespełna połowa operujących na świecie reaktorów pracuje w Europie, więcej niż jedna czwarta – w Ameryce Północnej, pozostałe zaś na Dalekim Wschodzie i w Azji Południowej oraz w Ameryce Łacińskiej i Afryce (zob. rys. 9).

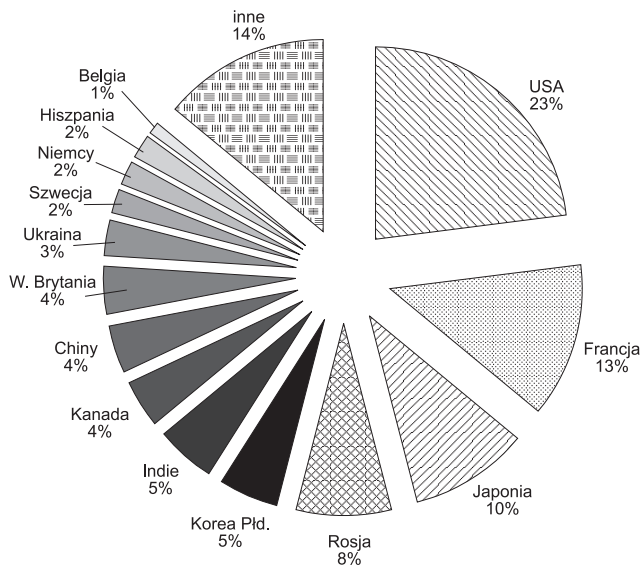


**Rys. 9.** Liczba reaktorów na świecie, wg regionów: 441 (381 GW), grudzień 2015

Źródło: opracowanie własne na podstawie: IAEA Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/pris> (dostęp: 15.11.2015).

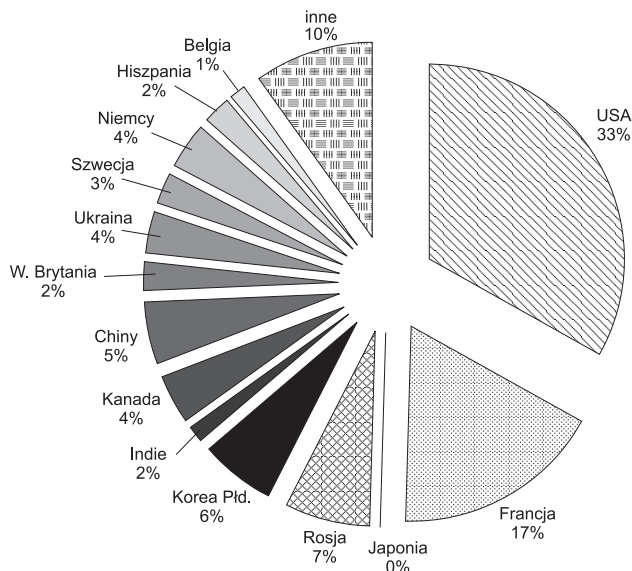
Materiałem jądrowym stosowanym powszechnie w paliwie reaktorowym jest obecnie uran, który zawiera łatwo rozszczepialny izotop U-235. Największymi producentami uranu są Kazachstan, Kanada i Australia (zapewniając

<sup>25</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 8. Znacząco zakładany budżet przekroczyła m.in. budowa reaktora EPR IV generacji w elektrowni jądrowej Flamanville w Finlandii, prowadzona przez francuską Arevę.



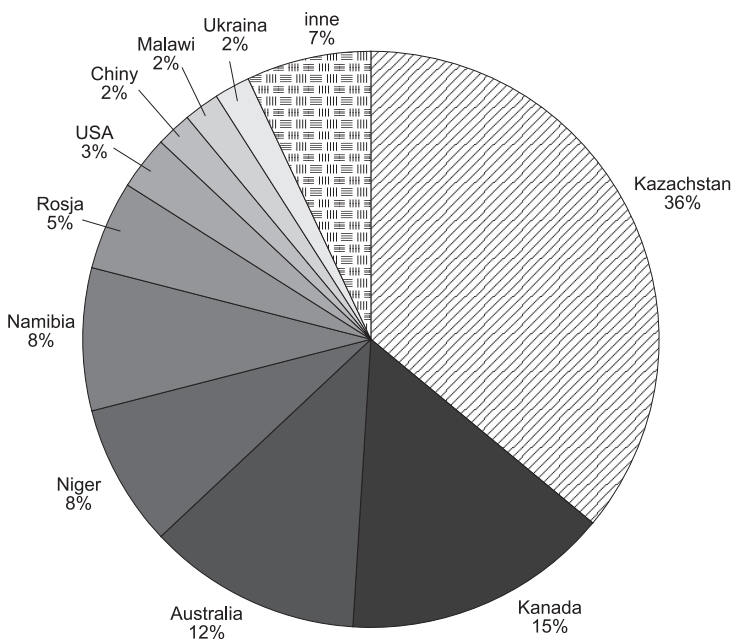
**Rys. 10.** Udział poszczególnych państw w liczbie reaktorów energetycznych na świecie (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MAEA.



**Rys. 11.** Udział poszczególnych państw w globalnej produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MAEA.



**Rys. 12.** Najwięksi producenci uranu na świecie (2012)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MAEA, AEN NEA, [https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical-Areas/NFC/images/uranium\\_cycle/redbook-3.JPG](https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical-Areas/NFC/images/uranium_cycle/redbook-3.JPG) (dostęp: 10.10.2015).

łącznie około 65% światowego wydobycia), przy czym minerał ten jest równomiernie rozmieszczony na wszystkich kontynentach (zob. rys. 12)<sup>26</sup>. Światowe rozpoznane zasoby uranu wystarczą na ponad 300 lat (w 2013 r. szacowano je na 5 902 900 ton), przy czym wciąż odkrywane są nowe złoża<sup>27</sup>. Ponadto technologie atomowe są coraz doskonalsze, toteż coraz mniej paliwa potrzeba do pracy w nowoczesnych elektrowniach. Od momentu wydobycia uranu zaczyna się cykl paliwowy, który obejmuje kilka etapów jego transformacji niezbędnych do uzyskania gotowego wsadu paliwowego do reaktora.

<sup>26</sup> A. Nitzsche, *Uranium 2014 Report: Red Book Highlights Continuing Growth Trend. Supply and Demand Strong Despite Lower Prices*, IAEA Office of Public Information and Communication, <https://www.iaea.org/newscenter/news/uranium-2014-report-red-book-highlights-continuing-growth-trend> (dostęp: 20.06.2015).

<sup>27</sup> *Uranium 2014: Resources, Production and Demand*, A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, s. 9, 130, <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf> (dostęp: 22.06.2015).

## ROZDZIAŁ 2

# Spółeczno-ekonomiczne aspekty wykorzystania energetyki jądrowej

Spółeczna akceptacja EJ jest jednym z ważniejszych czynników, który często decyduje o rozpoczęciu inwestycji w to źródło energii. Opinie obywateli i poglądy związane z EJ wynikają z kilku podstawowych czynników, między innymi takich jak brak wiedzy na temat zasad pracy reaktora jądrowego, obawa przed jego awarią i skażeniem promieniotwórczym czy lęk przed składowaniem odpadów radioaktywnych. EJ jest atrakcyjną składową krajowych systemów energetycznych, lecz coraz częściej to nie decydenci, ale społeczeństwa wpływają na jej rozwój lub rezygnację z niej.

## 2.1. Problem społecznej akceptacji dla elektrowni jądrowych

Poparcie dla EJ w poszczególnych krajach przedstawia się różnie. Można się pokusić o stwierdzenie, że akceptacja inaczej kształtuje się w krajach demokratycznych, inaczej w krajach zarządzanych centralnie. W dojrzałych demokracjach EJ nie może się rozwijać bez akceptacji społecznej, społeczeństwo ma bowiem prawo do uczestniczenia w procesach planowania i przygotowania inwestycji tego typu. W krajach niedemokratycznych rozwój EJ jest realizowany z pominięciem opinii obywateli (a przynajmniej nie bierze się jej pod uwagę w takim stopniu jak w krajach demokratycznych), ponieważ władza podejmuje decyzje odgórnie.

W Chinach nie przeprowadzano konsultacji społecznych i nie było żadnych działań włączających społeczeństwo w proces decyzyjny odnośnie do rozwoju programu jądrowego, w tym do budowy cywilnych reaktorów. Zarówno wśród decydentów, jak i w społeczeństwie istniała bardzo mała świadomość zagrożeń środowiskowych. Centralne zarządzanie i państwowa własność ziemi

pozwalają na pełną dowolność w kierunkowaniu rozwoju EJ oraz ignorowanie ewentualnego sprzeciwu społecznego. Członkowie małej grupy, która starała się oprotestować budowę reaktorów w Daya Bay, zostali zatrzymani i aresztowani<sup>1</sup>. Kiedy ponad milion ludzi w Pekinie podpisało petycję sprzeciwu wobec EJ, ministerstwo przemysłu jądrowego odpowiedziało oświadczeniem, że „nienaukowe obiekcje niektórych ludzi nie wstrzymają projektu Daya Bay”<sup>2</sup>. Gdy władze Wielkiej Brytanii i stowarzyszenie Hong Kong Civic Association opublikowały serię raportów kwestionujących bezpieczeństwo projektu Daya Bay, rząd odpowiedział: „Raporty sporządzone przez inne kraje nie stanowią dokumentów prawnych”<sup>3</sup>. Nawet po wprowadzeniu reform w latach 70. ubiegłego stulecia własność ziemi pozostała wspólna i pod zupełną kontrolą rządu, co umożliwiło dystrybuowanie gruntów pod budowę elektrowni jądrowych z pominięciem opinii lokalnych społeczności. Jeśli dodamy, że w Chinach przez lata nie było dostępu do niezależnych sądów, to społeczeństwo w praktyce nie miało żadnej możliwości sprzeciwienia się podjętym decyzjom.

Włączenie opinii społecznej w proces oceny wpływu na środowisko zainicjowała chińska Agencja Ochrony Środowiska (Environmental Protection Administration) pod koniec ostatniej dekady XX wieku. Rządy lokalne zostały nawet zobowiązane do wydawania raportów oceniających wpływ na środowisko oraz umożliwienia wyrażenia opinii społeczeństwa przed rozpoczęciem dużych projektów. Priorytet rozwoju ekonomicznego nadal jednak góruje nad ekologią, a wprowadzone rozwiązania nie zawsze są realizowane w praktyce. Obawa o spowolnienie gospodarcze jest czynnikiem hamującym wdrożenie zaostrzonych norm środowiskowych i innych narzędzi ochrony środowiska.

Po katastrofie w elektrowni jądrowej w japońskiej Fukushima Ministerstwo Ochrony Środowiska zapowiedziało poprawę obowiązujących standardów w zakresie bezpieczeństwa obiektów jądrowych i kontroli skażenia promieniotwórczego zgodnie z międzynarodowymi wymogami. Wprowadzono regulacje, aby wszystkie nowe projekty reaktorów budowanych w Chinach były jednostkami III generacji, ta decyzja będzie jednak skutkować dopiero w przyszłości, ponieważ większość reaktorów już będących w budowie to reaktory II generacji (CPR-1000)<sup>4</sup>.

We współczesnych Chinach jest nadal mała świadomość środowiskowych aspektów EJ, aczkolwiek pojawiły się elementy sprzeciwu wobec decyzji o lokalizacji składowisk odpadów jądrowych. W maju 2010 roku radioaktywny wyciek w elektrowni Day Bay był utrzymywany tygodniami w tajemnicy,

---

<sup>1</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012, s. 201.

<sup>2</sup> *Ibidem*, s. 201.

<sup>3</sup> *Ibidem*, s. 202.

<sup>4</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 105.

dopóki nie został wykryty przez stację monitoringu. Dopiero wówczas podjęto debatę z władzami prowincji<sup>5</sup>. Chińskie społeczeństwo nadal jest informowane o decyzjach w sprawie EJ, gdy są one już podjęte, aczkolwiek działania rządu wydają się stopniowo ewoluować, tak by strategię rozwoju cywilnego programu jądrowego uczynić bardziej przejrzystą.

Rząd świadomie działa, by odizolować przemysł nuklearny od nadzoru obywatelskiego, czego przykładem jest wyłączenie projektów elektrowni jądrowych z procesu oceny oddziaływania na środowisko (*Environmental Impact Assessment*), aby zminimalizować dopływ informacji i zaangażowanie społeczeństwa. Dodatkowo do decyzji przemysłu nuklearnego pozostawiono kwestię, w jakim zakresie mają być przekazywane informacje dotyczące bezpieczeństwa i narażenia na promieniowanie. W 2012 roku indyjskie władze odmówiły finansowania NGO (krytycznym wobec rozwoju EJ) oraz nie wydały wiz dla zagranicznych aktywistów antyjądrowych. Społeczno-kulturowe uwarunkowania, takie jak szeroko rozpowszechniona niepiśmienność oraz normy społeczno-obyczajowe, które zniechęcają do krytykowania sprawujących władzę (mentalność kastowa), powodują, że energia jądrowa, biorąc pod uwagę sytuację demograficzną kraju (olbrzymie zapotrzebowanie na prąd elektryczny, ponieważ ok. 400 mln ludzi nie ma do niego dostępu), jest akceptowalnym ryzykiem warunkującym rozwój gospodarczy<sup>6</sup>.

W Rosji zastosowanie cywilne programu jądrowego było podporządkowane programowi wojskowemu, a ideologia i propaganda legitymizowały poczynania władzy i służyły swobodzie administracji w lokalizacji i budowie zakładów/elektrowni jądrowych bez jakiegokolwiek zważania na ocenę wpływu środowiskowego oraz brania pod uwagę głosu obywateli<sup>7</sup>.

W krajach demokratycznych władza uzyskiwała poparcie społeczne dla rozwoju programu energetyki jądrowej w różny sposób, w zależności od uwarunkowań, przeszłości historycznej czy ambicji polityczno-gospodarczych danego państwa. Na przykład w Korei Południowej czynnikiem zapewniającym społeczne poparcie dla rozwoju EJ było zagrożenie ze strony Korei Północnej oraz chęć utrzymania przewagi konkurencyjnej południowokoreańskich przedsiębiorstw. Niemniej jednak po katastrofie elektrowni w Fukushima rząd pod wpływem opinii publicznej musiał zmodyfikować plany podwojenia

---

<sup>5</sup> *China's Daya Bay Nuclear Plant Says it Suffered Leak in May*, 15.06.2010, <http://www.marketwatch.com/story/chinas-daya-bay-nuclear-plant-declares-leak-2010-06-15> (dostęp: 15.07.2015); *China Nuclear Plant Leak Poses No Environment Threat*, „Bloomberg News”, November 16, 2010, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2010-11-15/china-nuclear-plant-workers-exposed-to-radiation-south-china-post-reports> (dostęp: 15.01.2016).

<sup>6</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 221.

<sup>7</sup> *Ibidem*, s. 133–134.

zainstalowanej mocy, obniżając je do poziomu 59% w 2030 roku<sup>8</sup>. Ostatecznie rząd podtrzymał te plany, ale rozumiał, że musi się liczyć z opinią społeczną bardziej niż kiedykolwiek wcześniej.

W Japonii, pomimo początkowych oznak społecznej nieakceptacji dla programu EJ (po detonacji bomby atomowej nad Hiroszimą i Nagasaki), nastąpił tajny rozwój cywilnego programu jądrowego. W wyniku intensywnych działań promocyjnych podejmowanych na przełomie lat 50. i 60. XX wieku opór społeczny ewoluował, a technologia nuklearna zaczęła być postrzegana jako sposób na ograniczenie zależności od importu surowców energetycznych oraz źródło taniego prądu dla sektora przemysłowego dążącego do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku międzynarodowym. W wyniku szeroko zakrojonej kampanii opinia społeczna została przekonana do poparcia cywilnego programu energii jądrowej rozwijanego przez kolejne dekady. Dopiero katastrofa w elektrowni Fukushima Daiichi spotęgowała opór społeczeństwa wobec tego źródła energii.

Amerykański przemysł jądrowy rozwijany od końca lat 50. XX wieku powstawał z kolei na tle społecznej peryferyzacji, a więc rozwój technologii został oparty na kadrze inżynierskiej, co wykluczało konsultacje społeczne<sup>9</sup>. Mimo to w latach 1983–2006 aż 70% Amerykanów popierało wykorzystanie energii jądrowej<sup>10</sup>. Podobnie było w Kanadzie – początkowo program jądrowy utajniono, więc społeczeństwo nie wiedziało o jego realizacji. Tuż po uruchomieniu reaktora badawczego NRX w 1957 roku w Chalk River cywilny program jądrowy zyskał poparcie i akceptację społeczną między innymi dzięki produkcji izotopów wykorzystywanych w medycynie (stosowanych do radiacji/naświetleń).

We Francji – gdzie ok. 75% zużycia energii elektrycznej jest zaspokajane przez EJ – zachodzą interesujące zmiany w postawach społecznych wobec EJ. W powojennej Francji program EJ miał charakter poufny, tak by powstrzymać potencjalnych oponentów od krytyki niezależnej francuskiej drogi. Kiedy francuski rząd zaproponował budowę kilkudziesięciu nowych elektrowni jądrowych w latach 1974–1985, kwestia ta nie stała się nawet przedmiotem debaty w parlamencie. Przeciwnie – podejmowano wiele inicjatyw, by odizolować program rozwoju nuklearnego od publicznego nadzoru. Scentralizowanie systemu podejmowania decyzji i zarządzanie przez znacjonalizowane przedsiębiorstwa pozwalało podejmować działania bez względu na opinie obywateli<sup>11</sup>. Przychyłność społeczności

---

<sup>8</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 116.

<sup>9</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 63.

<sup>10</sup> *Zmiany postaw społecznych wobec energetyki jądrowej*, <http://www.atomistyka.pl/energetyka/postawy.html> (dostęp: 15.08.2015).

<sup>11</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotowienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2013, s. 102.

lokalnych, gdzie powstawały zakłady nuklearne, zdobywano przez oferowanie różnych udogodnień publicznych, jak mieszkania, niższa cena energii elektrycznej dla lokalnych społeczności, baseny, obiekty sportowe<sup>12</sup>. Électricité de France (EDF) zatrudniało także lokalnych pracowników budowlanych oraz zlecało kontrakty miejscowym firmom. Szczególnym przypadkiem była sprawa zakładu Golfch i bezpośrednie wsparcie finansowe udzielone władzom regionu Midi-Pyrénées w 1982 roku. EDF w zamian za zgodę na wybudowanie elektrowni zobowiązało się wpłacić dla regionu kwotę 1,4 mln USD<sup>13</sup>. W późniejszym okresie na szczelbu ministerialnym sformalizowano ten proceder w formie „umów rozwojowych” oferowanych przez EDF lokalnym władzom. Mimo że procedury zostały zmodyfikowane w 1976 roku, by umożliwić udział społeczności lokalnych w wyrażeniu opinii o budowie nowych instalacji, najczęściej była to jednak formalność, i sprzeciw obywateli ignorowano<sup>14</sup>.

W pierwszych latach rozwoju programu EJ słabe zaangażowanie francuskiego społeczeństwa tłumaczyły: brak wiedzy na temat ewentualnych skutków wprowadzenia tej technologii oraz chęć wsparcia odbudowy kraju, a także znikoma aktywność organizacji ekologicznych<sup>15</sup>. Nastroje antyjądrowe nasiliły się w latach 70. ubiegłego wieku, a ujawnienie kilku raportów o wypadkach i problemach z bezpieczeństwem (1974) wpłynęło na zbrutalizowanie protestów społecznych w latach 1976–1977, które posłużyły do uzasadnienia wzmocnionych środków bezpieczeństwa<sup>16</sup>. Skutecznie tłumione dały rządowi podstawę do zdyskredytowania całego ruchu. Liderów oskarżono o radykalizm i anarchizm. W reakcji na społeczny sprzeciw przeprowadzono dobrze zorganizowane kampanie informacyjne i edukacyjne, przedstawiające EJ jako jedyną opcję dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Do 1981 roku opór społeczny i ruch antynuklearny zostały znacząco osłabione. Z czasem społeczeństwo francuskie przyzwyczało się do EJ, co potwierdza obecność dużych skupisk ludności wokół elektrowni jądrowych. Pierwsze sukcesy wyborcze francuskich Zielonych (Les Verts – Parti Écologiste) na początku lat 80. XX wieku położyły kres konsensusowi między głównymi partiami odnośnie do programu jądrowego. Narastał ruch niezadowolonych z powodu groźby wystąpienia katastrof czy problemu składowania odpadów, co doprowadziło do powstania ruchu obywatelskiego Le Réseau Sortir du nucléaire (1997).

---

<sup>12</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 94.

<sup>13</sup> J.-P. Moatti, J. Fagnani, *The Politics of French Nuclear Development*, „Journal of Policy Analysis and Management” 1984, vol. 3, no. 2, s. 267.

<sup>14</sup> *Ibidem*, s. 264.

<sup>15</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotowienia...*, s. 103.

<sup>16</sup> *Ibidem*, s. 103–104.



W Szwecji sprawa energii jądrowej była dyskutowana już w latach 70. i 80. ubiegłego wieku, a po awarii w Three Mile Island parlament – po przeprowadzeniu w 1980 roku referendum o wycofaniu się z EJ – zdecydował, że do 2010 roku EJ zostanie stopniowo zlikwidowana (decyzja ta nie weszła w życie)<sup>17</sup>.

Katastrofa elektrowni atomowej w japońskiej Fukushima oraz obchody ćwierćwiecza tragedii w Czarnobylu przypomniły o możliwych negatywnych skutkach EJ na wielką skalę. Największe reperkusje polityczne wystąpiły w Niemczech, gdzie rząd zdecydował o rezygnacji z opcji jądrowej do 2022 roku. Decyzję o rezygnacji z EJ podjęła także Szwajcaria, gdzie 8 czerwca 2011 roku parlament przegłosował wyłączenie reaktorów (zgodnie z przewidywanym okresem użytkowania) do 2034 roku<sup>18</sup>.

Podstawowym wyzwaniem, jakie obecnie stoi przed EJ i warunkuje jej rozwój, jest przełamanie niechęci społeczeństw niemających wystarczającej wiedzy o tym źródle energii, jak i zupełnie nieufających ekspertom. Odpowiednio zarządzana i spełniająca najwyższe standardy bezpieczeństwa elektrownia jądrowa nie powinna wzbudzać obaw, a składowanie odpadów nie jest problemem technicznym, ale mentalnym. Zadaniem priorytetowym, jakiemu musi sprostać przemysł jądrowy, okazuje się odzyskanie zaufania publicznego jako warunku *sine qua non* dalszego rozwoju EJ.

## 2.2. Ekonomiczne aspekty rozwoju energetyki jądrowej

Energia jądrowa w kategoriach ekonomicznych oferuje wzrost bezpieczeństwa energetycznego (zmniejszenie narażenia na zmienność cen paliwa) i lokalnego zatrudnienia oraz zmniejszenie obciążeń finansowych kosztami zakupu uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>, ale wiąże się także z dodatkowymi wydatkami na zagospodarowanie odpadów czy demontaż reaktorów.

### 2.2.1. Gospodarcze atuty energetyki jądrowej

Energetyka jądrowa stanowi niezwykle ważną gałąź przemysłu silnie oddziałującego na cały system gospodarczy kraju. Przemysł EJ może być motorem innowacyjności, stając się istotnym ogniwem gospodarki państwa, zapewniającym:

---

<sup>17</sup> Socjaldemokraci zwrócili się przeciwko EJ dopiero po awarii w Three Mile Island.

<sup>18</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 132. „Strategia energetyczna 2050” nie ustaliła precyzyjnych dat zamknięcia poszczególnych reaktorów.

- bezpieczeństwo energetyczne kraju przez ograniczenie importu paliw kopalnych dzięki dostawom energii elektrycznej o dużej mocy,
- dywersyfikację bazy paliwowej elektroenergetyki, co sprzyja konkurencyjności przemysłów energochłonnych,
- nowe miejsca pracy bezpośrednio w siłowni i pośrednio w innych sektorach,
- rozwój działalności badawczo-rozwojowej (B + R), kształcenie kadr specjalistów,
- zyski z eksportu cywilnej technologii jądrowej oraz komercyjnych usług, na przykład przerobu wypalonego paliwa,
- wymierne korzyści ekonomiczne związane z uniknięciem kosztów zakupu uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>.

Utrzymywanie tej szczególnie zaawansowanej technologicznie gałęzi narodowej gospodarki stwarza szansę dla krajowych przedsiębiorstw jako dostawców produktów i usług oraz ich świadczenia na całym świecie. Według amerykańskiego Departament Handlu zapotrzebowanie na materiały i usługi dla światowej branży jądrowej będzie rosło, a globalny rynek produktów, usług i paliw jądrowych osiągnie wartość 500–740 mld USD w ciągu najbliższych 10 lat<sup>19</sup>.

Przemysł EJ odgrywa ważną rolę w tworzeniu nowych miejsc pracy i wzroście gospodarczego, zapewniając krótko- i długoterminowe korzyści ekonomiczne. Oczywiście energetyka jądrowa nie generuje tylu miejsc pracy, ile tradycyjna, ale sprzyja rozwojowi wysoko kwalifikowanej kadry specjalistów, których zasoby mogą być wykorzystane w innych gałęziach gospodarki.

Elektrownie jądrowe z reguły są budowane w miejscach o niewielkim zaludnieniu i – co za tym idzie – najczęściej słabo rozwiniętych gospodarczo, toteż jej powstanie generuje rozwój w skali całego regionu, napływ nowych mieszkańców, korzyści finansowe z podatków (także z sektorów gospodarki pośrednio związanych z EJ) i innych opłat obowiązkowych, rozwój lokalnej infrastruktury usługowej oraz publicznej (szkoły, drogi).

Budowa elektrowni stwarza wreszcie szansę implementacji do krajowego systemu gospodarczego zaawansowanych technologii szeroko wykorzystywanych w innych dziedzinach, na przykład w medycynie, chemii jądrowej, inżynierii środowiska, automatyce i elektronice czy informatyce. Przemysł jądrowy sprzyja rozwojowi badań naukowych, wspomagając unowocześnienie wielu gałęzi przemysłu (budowlanego, maszynowego, elektrotechnicznego, chemicznego). Doświadczenia Korei Południowej potwierdzają pięciokrotne

---

<sup>19</sup> *Nuclear Energy's Economic Benefits – Current and Future*, White Paper, Nuclear Energy Institute, Washington, D.C., April 2014, s. 1, <http://www.nei.org/corporatesite/media/filefolder/policy/papers/jobs.pdf> (dostęp: 15.08.2015).

zwiększenie dochodów i produkcji w różnych branżach przemysłowych jako rezultat rozwoju EJ<sup>20</sup>.

Do politycznych korzyści z rozwoju EJ należy między innymi karta przetargowa w postaci wyboru dostawcy technologii jako argumentu w celu osiągnięcia doraźnych celów polityki zagranicznej, w tym uzyskania poparcia w istotnych kwestiach, a nawet zbudowanie strategicznego partnerstwa na arenie międzynarodowej (np. polityka współpracy technologicznej Stanów Zjednoczonych z Indiami czy Rosji z Iranem).

## 2.2.2. Problem rentowności instalacji jądrowych wobec innych źródeł energii

Problem kosztów produkcji energii elektrycznej, nie tylko w EJ, to zagadnienie niezwykle złożone. Energia z elektrowni jądrowych jest stosunkowo mało uzależniona od kosztu surowca – uranu naturalnego, ponieważ ceny paliwa jądrowego są relatywnie stabilne (niskie wahania cen uranu na rynkach międzynarodowych), a koszty funkcjonowania elektrowni jądrowej to przede wszystkim koszty inwestycyjne<sup>21</sup>.

Równocześnie należy przyznać, że w niektórych krajach (m.in. we Francji, Niemczech, USA i Szwecji) koszty eksploatacji zwiększyły się do tego stopnia, iż przychody ze sprzedaży energii elektrycznej nie pokrywają bieżących kosztów produkcji i utrzymania elektrowni jądrowych<sup>22</sup>. Wytwarzanie energii elektrycznej może się jednak okazać opłacalne wobec rosnących obciążeń związanych z obowiązkiem zakupu uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> w warunkach przedłużonego Protokołu z Kioto (do 2020 r.), a także w przypadku wynegocjowania nowego światowego porozumienia w erze post-Kioto (po 2020 r.). Abstrahując od kosztów kapitałowych potrzebnych na wybudowanie elektrowni jądrowej, wprowadzenie do *energy mix* technologii jądrowej w krajach, gdzie węgiel dominuje w wytwarzaniu energii, pozwoliłoby na ograniczenie całkowitej emisji zanieczyszczeń w skali kraju, a tym samym na redukcję kosztów produkcji prądu elektrycznego i obniżenie finalnej ceny energii elektrycznej<sup>23</sup>.

---

<sup>20</sup> L. Dobrzyński, K. Żuchowicz, *Energetyka jądrowa: spotkanie pierwsze*, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, czerwiec 2012, s. 23, <http://old.ncbj.gov.pl/sites/default/files/ej1.pdf> (dostęp: 15.07.2015).

<sup>21</sup> T. Dujardin, *Agencja Energii Nuklearnej (NEA) OECD w Paryżu – doświadczenia krajów OECD*, Senat RP, <http://ww2.senat.pl/k7/agenda/seminar/081014m/Energet/R-rozwoj.html> (dostęp: 15.07.2015).

<sup>22</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 8–9.

<sup>23</sup> *Identyfikacja korzyści wynikających z realizacji programu rozwoju energetyki jądrowej w Polsce*, Raport Ernst & Young 2011, s. 11. Według szacunków Banku Światowego wzrost cen energii elektrycznej w Polsce, wynikający z wdrożenia pakietu energetyczno-klimatycznego,

Biorąc pod uwagę koszty związane z EJ w całym cyklu życia (od wydobycia uranu aż do likwidacji zużytego paliwa), nowo zbudowana elektrownia to obecnie najdroższe źródło prądu elektrycznego o dużej mocy na rynku<sup>24</sup>. Koszty związane z budową, działaniem, składowaniem odpadów i zamknięciem elektrowni o mocy 1000 MWe, zbudowanych w 2009 roku w Stanach Zjednoczonych, zostały oszacowane na 41,2–80,3 centów za KWh. Wspomniana kwota nie obejmuje kosztów wydobycia i wzbogacania uranu. Koszt budowy reaktora i zarządzania odpadami w trakcie działania i po zamknięciu elektrowni nie są do końca rozpoznane, a firmy znacząco ich nie doszacowują. Budowa reaktorów jest więc obciążona dużą niepewnością co do swojej ekonomicznej opłacalności<sup>25</sup>. Długi czas budowy, brak elastyczności w zakresie wytwarzania mocy i niepewność co do kosztów zagospodarowania odpadów nuklearnych zwiększają ryzyko inwestycyjne<sup>26</sup>. Biorąc pod uwagę wysokie nakłady kapitałowe, inwestorzy muszą mieć pewność, że elektrownie będą działać w najbardziej efektywny sposób w długiej perspektywie czasowej, stąd oczekują od rządu gwarancji ceny.

Koszty utrzymania elektrowni jądrowych w porównaniu z elektrowniami gazowymi, które mogą być zbudowane względnie szybko, są zdecydowanie trudniejsze do skalkulowania<sup>27</sup>. Energetyka jądrowa niesie dodatkowe ryzyko kosztów społecznych i strat środowiskowych związanych z wypadkami jądrowymi, budową i eksploatacją elektrowni i kopalni uranu, a także magazynów zużytego paliwa. Ciepłe zanieczyszczenie wody negatywnie oddziałujące na rybołówstwo to uboczny skutek funkcjonowania elektrowni. Są to koszty, które nigdy nie dotyczą bezpośrednio przemysłu jądrowego, gdyż w większości są ponoszone przez społeczeństwo. Koszty EJ są więc znacznie większe niż te pokazywane przez jej zwolenników.

Prowadzi to do wniosku, iż rozważając rozwój EJ w systemach transparentnych demokracji, należy brać pod uwagę łączne koszty inwestycji, eksploatacji i likwidacji, a także potencjalnych start środowiskowych. W tym kontekście EJ przegrywa z innymi technologiami niskoemisyjnymi, w tym ze

---

może spowodować wzrost cen energii o ok. 20%, przy czym średni wzrost cen w całej UE z tego samego powodu szacowany jest jedynie na niecałe 10%, za: *Transition to a Low-Emissions Economy in Poland*, The World Bank Poverty Reduction and Economic Management Unit, Europe and Central Asia Region, February 2011, s. 156.

<sup>24</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 246.

<sup>25</sup> C. Mitchell, B. Woodmans, *Risk, Economics and Nuclear Power* [w:] D. Elliott (red.), *Nuclear or Not? Does Nuclear Power Have a Place in a Sustainable Energy Future?*, Palgrave Macmillan, Basingstoke–New York 2010, s. 150.

<sup>26</sup> Koszty zamknięcia elektrowni i przechowywania odpadów jądrowych są trudne do oszacowania (w Wielkiej Brytanii w ciągu ostatnich trzech dekad oszacowano je na 56 mld GBP, za: P. Allen, *Criteria for a Sustainable Energy Future* [w:] D. Elliott (red.), *op. cit.*, s. 66.

<sup>27</sup> C. Mitchell, B. Woodmans, *op. cit.*, s. 154–155.

źródłami odnawialnymi. W latach 2000–2013 globalnie zainstalowane moce OZE na świecie podwoiły się. Równocześnie w 2012 roku po raz pierwszy nowo uruchamiane moce z odnawialnych źródeł energii zrównały się z poziomem uruchamianych nowych mocy ze źródeł konwencjonalnych! Z punktu widzenia rachunku ekonomicznego konkurencyjność EJ znacząco się pogorszyła wobec innych źródeł energii, w szczególności źródeł odnawialnych. W 2013 roku około 10% ogólnego zapotrzebowania na energię było pokrywane ze źródeł odnawialnych, nie uwzględniając w tym wykorzystania tradycyjnej biomasy, której udział wynosił kolejne 9% (podczas gdy paliwa kopalne i EJ zapewniały łącznie ok. 81%)<sup>28</sup>. Wyłącznie w produkcji energii elektrycznej OZE były źródłem 22% wytworzonego prądu w skali globalnej (5070 TWh), czyli więcej niż EJ (ok. 14%)<sup>29</sup>.

Przewaga energetyki odnawialnej nad jądrową wynika z niższych kosztów budowy instalacji, co okazuje się szczególnie istotne w krajach o niskich dochodach, gdzie nie ma rozbudowanej sieci dystrybucji prądu elektrycznego. OZE doskonale odpowiada na ich potrzeby, będąc w małej skali lokalnymi źródłami energii bez ponoszenia kosztów budowy dużych sieci.

Dynamika rozwoju energetyki odnawialnej wobec EJ jest imponująca<sup>30</sup>. Według Międzynarodowej Agencji Energii OECD w latach 2000–2013 globalne inwestycje w elektrownie w 57% opierały się na OZE, w 40% – na paliwach kopalnych, a tylko w 3% – na EJ<sup>31</sup>. Kraje o rozwiniętych gospodarkach, gdzie OZE generują więcej mocy niż EJ, to między innymi Chiny, Niemcy, Indie, Brazylia i Japonia<sup>32</sup>. Na przykład w 2013 roku niemiecki system elektroenergetyczny wytworzył 152 TWh energii z OZE, czyli 56% więcej niż z elektrowni jądrowych<sup>33</sup>. Poza Europą i Ameryką Północną (gdzie źródła odnawialne mają ugruntowaną pozycję w systemach energetycznych) szczególnie widoczny jest rozwój energii wiatrowej w Afryce i Ameryce Łacińskiej, a energetyki solarnej – w regionie Bliskiego Wschodu, Afryki Północnej i Południowej. Zasadniczą zmianą jest to, że OZE nie są już zarezerwowane dla wąskiej grupy krajów

---

<sup>28</sup> Tradycyjna biomasa to produkty uboczne rolnictwa i obróbki drewna oraz odpady, pozyskiwane i używane do gotowania i ogrzewania, spalane w nieefektywny sposób, zwykle w otwartych ogniskach, zazwyczaj na obszarach wiejskich krajów rozwijających się. Toczy się dyskusja, czy ten rodzaj energii powinien być zaliczany do OZE.

<sup>29</sup> *Medium Term Renewable Energy Market Report 2014*, International Energy Agency, OECD/IEA 2014, s. 3; *Electricity Production*, Global Energy Statistical Yearbook 2015, <https://yearbook.enerdata.net/world-electricity-production-map-graph-and-data.html> (dostęp: 26.08.2015).

<sup>30</sup> Mimo że w latach 1974–2002 to EJ otrzymała ok. 47,3% z całkowitego budżetu na prace badawczo-rozwojowe (R&D) w krajach MAE, a OZE tylko ok. 8,1%, za: D. Elliott, *Nuclear Power and Renewables in the UK. Can We Have Both?* [w:] D. Elliott (red.), *op. cit.*, s. 83.

<sup>31</sup> M. Schneider, A. Froggatt, *op. cit.*, s. 10.

<sup>32</sup> *Ibidem*.

<sup>33</sup> *Ibidem*, s. 11.

rozwiniętych, ale ze względu na spadek cen technologii odnawialnych i innowacje w ich finansowaniu OZE stają się dostępne w krajach rozwijających się.

Nie należy jednak przeciwstawiać energii odnawialnej i energii jądrowej, gdyż każda z nich ma swoje szczególne właściwości i rolę do odegrania w transformacji energetycznej.

## ROZDZIAŁ 3

# Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych

### 3.1. Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych (INES)

Od pierwszych lat rozwoju EJ w Stanach Zjednoczonych i krajach Europy Zachodniej standardy techniczne uznawano za nadrzędne, ważniejsze od względów ekonomicznych, a cała technika reaktorowa ukierunkowana była na osiągnięcie jak największego poziomu bezpieczeństwa<sup>1</sup>. Zakładano, że ryzyko związane z EJ powinno być mniejsze niż w przypadku innych metod wytwarzania energii elektrycznej<sup>2</sup>, dlatego w 1990 roku MAEA, w celu ujednolicenia kwalifikowania wszystkich sytuacji awaryjnych w obiektach jądrowych na całym świecie, opracowała siedmiostopniowy system rodzajów awarii – Międzynarodową Skalę Zdarzeń Jądrowych (*International Nuclear Events Scale*, INES). Ułatwia ona jednoznaczną interpretację zjawiska i przypisanie mu odpowiedniego stopnia niebezpieczeństwa na podstawie między innymi ilości uwolnionych substancji promieniotwórczych oraz stanu barier ochronnych<sup>3</sup>. Poziom 0 oznacza brak albo zakłócenie mało znaczące dla technicznego bezpieczeństwa elektrowni, poziom 1 – anomalię (naruszającą zatwierdzone warunki eksploatacji), poziomy 2 i 3 – incydenty, a stopnie od 4 do 7 obejmują groźne awarie (wypadki) (zob. rys. 13).

---

<sup>1</sup> A. Strupczewski, *Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych dawniej i dzisiaj*, Instytut Energii Atomowej POLATOM, s. 1, [http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mtj/zal2/CD\\_II\\_SZKOLA/I.%20ZAGADNIENIA\\_OGOLNE/5\\_A\\_Strupczewski\\_bezpieczenstwo\\_elektrowni.pdf](http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mtj/zal2/CD_II_SZKOLA/I.%20ZAGADNIENIA_OGOLNE/5_A_Strupczewski_bezpieczenstwo_elektrowni.pdf) (dostęp: 15.08.2015).

<sup>2</sup> *Ibidem*, s. 1.

<sup>3</sup> P. Kwiatkiewicz, *Bezpieczeństwo energetyczne – rynki surowców i energii*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2011, s. 122–123.

Tab. 1. Charakterystyka skali INES

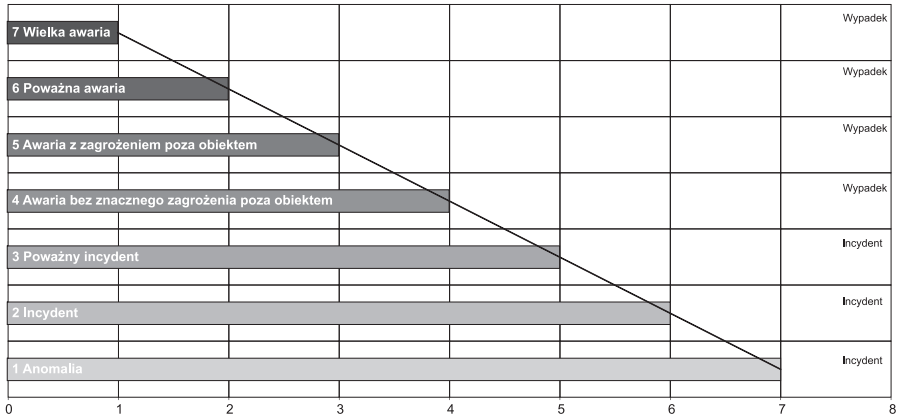
- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Anomalia</b> naruszająca zatwierdzone warunki eksploatacji.</li> <li>2. <b>Incydent</b> – znaczne skażenie, nadmierne narażenie pracowników.</li> <li>3. <b>Poważny incydent</b> – narażenie ludności na napromienienie dawką graniczną, poważne skażenie, ostre skutki napromienienia u pracownika(ów).</li> <li>4. <b>Awaria bez znacznego zagrożenia poza obiektem</b> – narażenie ludności na napromienienie dawką graniczną, narażenie pracowników na napromienienie dawką śmiertelną (np. Buenos Aires w 1983 r.).</li> <li>5. <b>Awaria z zagrożeniem poza obiektem</b> – możliwa konieczność częściowego wprowadzenia planowanych przeciwdziałań, poważne uszkodzenie reaktora.</li> <li>6. <b>Poważna awaria</b> – znaczne uwolnienie materiałów promieniotwórczych do atmosfery, możliwa konieczność pełnego wprowadzenia planowanych przeciwdziałań (np. awaria zbiornika w wojskowym zakładzie przerobu paliwa w Kysztymie na Uralu Południowym w 1957 r.).</li> <li>7. <b>Wielka awaria</b> – wielkie uwolnienie substancji promieniotwórczych, rozległe skutki zdrowotne i środowiskowe (np. awaria w Czarnobylu w 1986 r. lub w Fukushima w 2011 r.).</li> </ol> |
|--|

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MAEA.

Najczęściej skutki awarii obejmują wyciek substancji radioaktywnych do środowiska (np. paliwa, chłodziwa, odpadów z elektrowni jądrowych), eksplozję (chemiczną), promieniotwórcze skażenie (ludzi, żywności) wymagające ewakuacji wokół terenu katastrofy. Największe awarie były spowodowane właśnie uszkodzeniem rdzenia reaktora na skutek awarii systemu chłodzenia, która doprowadzała do gwałtownego wzrostu temperatury w rdzeniu oraz jego stopienia. Wiąże się to z ryzykiem uwolnienia i rozproszenia ogromnych ilości promieniotwórczych izotopów do atmosfery. Przemieszczająca się radioaktywna chmura jest źródłem skażenia flory i fauny, podobnie jak ewentualny wyciek skażonej wody chłodniczej do środowiska (elektrownie jądrowe potrzebują znacznych ilości wody chłodzącej, stąd budowane są nad brzegami mórz, jezior lub dużych rzek). W przypadku znacznej awarii bezpieczeństwo elektrowni jądrowych i zapobieganie uwolnieniu substancji promieniotwórczych jest zatem absolutnym priorytetem z punktu widzenia ochrony ludności i środowiska naturalnego.

W elektrowniach jądrowych z reaktorami projektowanymi zgodnie z zasadami bezpieczeństwa obowiązującymi w krajach OECD wystąpiła tylko jedna awaria stopnia 5, to jest awaria w Three Mile Island w Stanach Zjednoczonych w 1979 roku, która nie spowodowała żadnych skutków zdrowotnych ani w elektrowni, ani poza jej obszarem. Inne awarie w elektrowniach jądrowych były stopnia 4 lub niższego. Tylko katastrofy w Czarnobylu i w Fukushima zostały dotychczas sklasyfikowane na najwyższym poziomie skali – 7. Odpowiedzialność za bezpieczeństwo jądrowe spoczywa na państwie, którego jurysdykcji podlega obiekt jądrowy. MAEA licząca 164 państw członkowskich (2015) opracowała pewne standardy. Mogą one być wykorzystane przez te kraje, ale





**Rys. 13.** System stopniowania rodzajów awarii wg INES

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *The International Nuclear and Radiological Event Scale*, <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp> (dostęp: 15.11.2015).

nie ma obowiązku ich wdrożenia<sup>4</sup>. Niektóre kraje ubiegające się o rozwój energii atomowej (Chiny, Iran), mimo iż są członkami tej organizacji, postrzegają takie systemy regulacyjne jako niepotrzebne obciążenie, otwierające drogę dla międzynarodowych kontroli instalacji atomowych.

Awaria elektrowni atomowej w Czarnobylu w kwietniu 1986 roku przyczyniła się do wzrostu świadomości ryzyka nuklearnych wypadków przemysłowych i potrzeby międzynarodowej reakcji na takie wydarzenia. W wyniku tego 26 września 1986 roku w Wiedniu przyjęto *Konwencję o wczesnym powiadamianiu o awarii jądrowej* i *Konwencję o pomocy w przypadku awarii jądrowej lub zagrożenia radiologicznego* (weszły w życie w 1988 r.)<sup>5</sup>. Wczesne komunikowanie o awarii jądrowej obejmuje obowiązek niezwłocznego powiadamiania państw (i MAEA), które mogą zostać fizycznie narażone na skażenie przez substancje promieniotwórcze. W powiadomieniu powinno się podać czas i miejsce, w którym awaria nastąpiła, oraz informacje dotyczące zminimalizowania skutków radiologicznych (art. 2). Ponadto należy określić przypuszczalną lub już ustaloną przyczynę awarii, przewidywany rozwój

<sup>4</sup> Normy bezpieczeństwa jądrowego w różnych krajach są różne.

<sup>5</sup> Wcześniejsze konwencje to: *Konwencja o ochronie fizycznej materiałów jądrowych wraz z załącznikami*, sporządzona w Wiedniu i Nowym Jorku 3 marca 1980 r.; *Konwencja wiedeńska o odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową*, sporządzona w Wiedniu 21 maja 1963 r. Odpowiedzialność o charakterze odszkodowawczym związaną z wystąpieniem transgranicznej szkody jądrowej ponosi zarówno państwo, jak i cywilna osoba eksploatująca urządzenie jądrowe (odrębne systemy odpowiedzialności za szkodę jądrową).

awarii związany z uwolnieniem substancji promieniotwórczych oraz istniejące i przewidywane warunki hydrologiczne i meteorologiczne niezbędne do przewidywanego uwolnienia substancji promieniotwórczych (art. 5)<sup>6</sup>. Informacja powinna zawierać również ogólną charakterystykę uwolnionych substancji promieniotwórczych, w szczególności dane o ich ilości, składzie i efektywnej wysokości uwolnienia substancji promieniotwórczych.

Spółeczność międzynarodowa dostrzegła, że substancje, które powodują szkody w środowisku, muszą być kontrolowane również pod postacią odpadów. Na takim podejściu zaważyły alarmujące społeczność międzynarodową informacje o ekstensywnym składowaniu odpadów po możliwie najniższych kosztach w krajach rozwijających się. Dlatego też w celu zapobieżenia takim praktykom 22 marca 1989 roku przyjęto *Konwencję bazylejską o kontroli transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych*<sup>7</sup>.

W latach 90. XX wieku pod auspicjami MAEA nastąpił rozwój narodowych i międzynarodowych systemów wczesnego ostrzegania. Państwa eksploatujące elektrownie jądrowe zdołały znacząco wzmocnić rygor bezpieczeństwa (m.in. prognozowanie rozwoju sytuacji kryzysowych i rozprzestrzeniania skażeń, a także informatycznych systemów radiacyjnego monitoringu środowiska). Przyjęto także kilka kolejnych konwencji rozbudowujących międzynarodowy reżim prawa nuklearnego, między innymi konwencje: o bezpieczeństwie jądrowym (1994) i o bezpiecznym postępowaniu z wypalonym paliwem jądrowym i z odpadami promieniotwórczymi (1997).

Analiza ciężkich awarii reaktorów jądrowych prowadzi do wniosku, że ich przyczyną była najczęściej kombinacja awarii i błędów człowieka, nie zaś samej technologii. Ponadto skuteczność obudowy bezpieczeństwa i chroniących ją układów może znacznie ograniczyć negatywne skutki awarii. Reaktory w nowoczesnych elektrowniach jądrowych są nakryte szczelną kopułą, dzięki czemu nawet po poważnej awarii materiały promieniotwórcze pozostaną wewnątrz obudowy i nie powinny się przedostać do środowiska naturalnego.

---

<sup>6</sup> *Konwencja o wczesnym powiadomianiu o awarii jądrowej*, sporządzona w Wiedniu dnia 26 września 1986 r., Dz.U. 1988, nr 31, poz. 216.

<sup>7</sup> M.M. Kenig-Witkowska, *Międzynarodowe prawo środowiska. Wybrane zagadnienia systemowe*, Wolters Kluwer, Warszawa 2011, s. 18–26.

## 3.2. Awarie w reaktorach i ich wpływ na kształtowanie się społecznej akceptacji

Stosunek społeczeństw do EJ jest często obciążony wieloma mitami i negatywnymi skojarzeniami, niemniej jednak głównym czynnikiem potęgującym stereotypowe obawy wobec EJ są awarie elektrowni jądrowych. Nastroje społeczne wobec EJ przypominają sinusoidę kreśloną kolejnymi awariami w elektrowniach jądrowych.

Według szacunków w latach 1952–2011 doszło do około 106 jądrowych wypadków, w których śmierć poniosło 4231 osób. Szkody materialne wyceniono na 253 mld USD<sup>8</sup>. Lista ta jest niepełna i zawężona, ponieważ nie obejmuje instalacji wojskowych i jest bardzo prawdopodobne, że wiele awarii i wypadków nie zostało ujawnionych. Specyfika EJ polega na tym, iż jeśli w elektrowni jądrowej dochodzi do poważnego incydentu, to powoduje on nieproporcjonalnie wielkie szkody w porównaniu z innymi technologiami energetycznymi. Należy jednak mieć na uwadze, że choroby płuc i układu oddechowanego związane z zanieczyszczeniem powietrza na skutek spalania paliw kopalnych to w wielu regionach świata śmiertelne zagrożenie. Według naukowców zanieczyszczenie powietrza przyczyniło się do 1,2 mln zgonów w Chinach w 2010 roku. W podobnie trudnej sytuacji są też Indie, gdzie zanieczyszczenie środowiska jest powodem nawet 600 tys. zgonów rocznie<sup>9</sup>.

Gwałtowny spadek poparcia społecznego dla stosowania EJ nastąpił po awariach z lat 70. i 80. XX wieku w Stanach Zjednoczonych i ZSRR, aczkolwiek do poważnych incydentów dochodziło we wszystkich krajach posiadających pracujące elektrownie jądrowe, między innymi w Kanadzie, Francji, Japonii, Rosji czy Korei Południowej. Negatywne oceny EJ były spowodowane lękiem związanym z bezpieczeństwem operacyjnym elektrowni jądrowych. Równocześnie w kolejnych latach wraz ze wzrostem bezpieczeństwa i wdrożeniem dodatkowych zabezpieczeń w elektrowniach jądrowych następowała powolna, lecz ciągła zmiana w społecznej postawie wobec tej technologii. Widać to, gdy porównamy wyniki sondaży sprzed wielu lat z tymi przeprowadzonymi przed 11 marca 2011 roku w Japonii. W wielu krajach polityczne wsparcie dla rozwoju EJ jako kluczowego komponentu redukcji GHG wyparowało w ciągu jednej nocy. Po awarii

---

<sup>8</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 243.

<sup>9</sup> Dane są o tyle alarmujące, że to aż 40% wszystkich zgonów na całym świecie spowodowanych przez skażone powietrze (według badań przeprowadzonych w 2010 r. na całym świecie umiera 3,2 mln osób). Smog znad uprzemysłowionych obszarów Azji dociera nad Amerykę Północną, za: *Smog w Chinach zabił 1,2 miliona ludzi w ciągu roku*, 2 kwietnia 2013, <http://www.polskieradio.pl/5/3/Artykul/814480,Smog-w-Chinach-zabil-12-miliona-ludzi-w-ciagu-roku> (dostęp: 15.08.2015).

w Fukushima wzmożniono standardy bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych, ale to nie mogło wpłynąć na nagłe odzyskanie zaufania do technologii jądrowej. Odbudowa zaufania społecznego wymaga dłuższego czasu.

**Three Mile Island.** Największą awarią w amerykańskiej energetyce jądrowej była katastrofa, do której doszło w elektrowni Three Mile Island zlokalizowanej na wyspie o tej samej nazwie (Pensylwania). Wskutek kolejnych zdarzeń i błędów ludzkich reaktor został pozbawiony możliwości odbioru ciepła, w wyniku czego rdzeń reaktora uległ całkowitemu zniszczeniu: około jedna trzecia rdzenia stopiła się<sup>10</sup>. Do atmosfery dostały się promieniotwórcze pierwiastki, a do gleby skażona woda. Ewakuowano 200 tysięcy ludzi. Choć awaria nie spowodowała większych skutków zdrowotnych wśród personelu ani ludności, to przyczyniła się do znacznego spadku zaufania do energetyki jądrowej nie tylko w samych Stanach Zjednoczonych (gdzie zaktywizowała organizacje ekologiczne przeciwstawiające się budowie nowych jednostek). Warto zwrócić uwagę, że usunięcie zniszczonego paliwa z rdzenia było możliwe dopiero po jego wstępnym, sześcioletnim schłodzeniu, a usuwanie skutków awarii, których koszty przekroczyły miliard dolarów, dobiegło końca dopiero po 12 latach.

**Katastrofa w Czarnobylu.** 26 kwietnia 1986 roku reaktor w Czarnobylu na Ukrainie zaczął się topić. Przyczyną był błąd człowieka i wady konstrukcyjne reaktora tego typu<sup>11</sup>. W wyniku gwałtownego wzrostu mocy reaktora (stukrotnego) oraz braku chłodzenia przy wyłączonych systemach awaryjnych nastąpiły dwa wybuchy (eksplozja pary wodnej oraz uwolnionego wodoru), które zniszczyły reaktor i część konstrukcji budynku. Potężny wybuch (termiczno-chemiczny, nie jądrowy) doprowadził do zrzucenia betonowej pokrywy o grubości prawie 6 metrów i wadze 2000 ton, przykrywającej z góry rdzeń reaktora, wskutek czego do atmosfery przedostały się ogromne ilości materiałów promieniotwórczych<sup>12</sup>. Skażenie rozprzestrzeniło się na teren byłego ZSRR oraz Europy i na Półkulę Północną. Katastrofa bezpośrednio spowodowała ogromne straty gospodarcze oraz śmierć wielu osób, nie tylko w czasie wybuchu i pożaru, ale też na skutek choroby popromiennej. Mieszkańcy miasta Prypeć zostali ewakuowani dopiero na drugi dzień po awarii, a w kolejnych dniach ewakuowano wszystkie osoby mieszkające w promieniu 30 kilometrów

---

<sup>10</sup> Nieumyślne zamknięcie dopływu wody zasilającej wtórny obieg; po przeglądzie remontowym reaktor przez cały czas grzał wodę w obiegu pierwotnym, co spowodowało wzrost ciśnienia w tym obiegu, za: G. Jeziński, *op. cit.*, s. 424.

<sup>11</sup> Bezpośrednią przyczyną katastrofy reaktora był eksperyment, który polegał na zbadaniu możliwości awaryjnego zasilania energią elektryczną dostarczaną przez generator. Ponieważ chłodzenie rdzenia reaktora, w tym także układu awaryjnego, przestało działać, doprowadziło to do gwałtownego wzrostu mocy reaktora i jego stopienia, za: *ibidem*, s. 436.

<sup>12</sup> *Ibidem*, s. 427–428.

od elektrowni (ok. 120 tys. osób). Reaktor został zabezpieczony specjalną betonową kopułą (zwaną sarkofagiem) o długości 72 metrów i szerokości 7 metrów celem zatrzymania erupcji substancji promieniotwórczych i odizolowania go od środowiska. Dzięki tej konstrukcji współcześnie wokół reaktora odnotowuje się stosunkowo niski poziom promieniowania, aczkolwiek są miejsca o podwyższonej promieniotwórczości (do 2016 r. ma zostać ukończona budowa nowego sarkofagu przykrywającego stary). Zdarzenie to uświadomiło międzynarodowej opinii społecznej, że skutki zdrowotne i środowiskowe awarii jądrowych nie znają granic państwowych<sup>13</sup>. Katastrofa w Czarnobylu była największą katastrofą elektrowni jądrowej na świecie i jedyną, która otrzymała najwyższy poziom 7 w skali INES (tak było do katastrofy elektrowni jądrowej w japońskiej Fukushima).

**Fukushima-Daiichi.** 11 marca 2011 roku na skutek podmorskiego trzęsienia ziemi o sile 9,0 stopni w skali Richtera fale tsunami uderzyły we wschodnie wybrzeże Japonii i spowodowały uszkodzenie elektrowni atomowej Fukushima Daiichi. Trzęsienie ziemi spowodowało rozległe szkody i wstrzymało dostawy elektryczności. Piętnastometrowe fale załamywały generatory Diesla zasilające awaryjny system chłodzenia reaktora, który przestał działać. W rezultacie doszło do stopienia rdzeni reaktorów jądrowych nr 1–2–3 Fukushima Daiichi. Radioaktywna woda pchana silnymi prądami morskimi doprowadziła do skażenia flory i fauny oraz ogromnego rozproszenia pierwiastków promieniotwórczych nawet na odległość 600 km od wybrzeża Japonii<sup>14</sup>. Utworzony we wrześniu 2012 roku Urząd Dozoru Jądrowego (Nuclear Regulatory Authority, NRA) wydał rygorystyczne wytyczne dotyczące zabezpieczenia instalacji, w tym między innymi większych wałów nadmorskich. Do końca 2014 roku udało się zabezpieczyć całość wypalonego paliwa ze zniszczonego reaktora. Nierozwiązane pozostały natomiast takie problemy, jak wysokie promieniowanie w reaktorach 1–3 uniemożliwiające bezpośrednio przebywanie ludzi, oraz potrzeba przepompowania ogromnych ilości wody (około 360 ton dziennie) w celu chłodzenia zniszczonych reaktorów. Część wody po oczyszczeniu była ponownie używana, ale ilość wody radioaktywnej, która nie mogła być ponownie użyta, stale rosła (500 tys. ton w zbiornikach oraz 90 tys. w piwnicach budynku elektrowni). Ponadto zanotowano liczne wycieki radioaktywnej wody. W sierpniu 2013 roku wyciekło 300 ton wysoko promieniotwórczej wody (incydent został sklasyfikowany

---

<sup>13</sup> Wiele państw na całym świecie odwróciło się od energetyki jądrowej po wypadku w Czarnobylu, m.in. Egipt postanowił zawiesić swój program jądrowy.

<sup>14</sup> Zob. T. Młynarski, *Problem reorientacji polityki energetycznej Japonii po katastrofie elektrowni jądrowej Fukushima*, „Politeja” 2011, nr 17, s. 127–144.

na poziomie 3 w skali INES)<sup>15</sup>. Do marca 2014 roku 130 tysięcy osób w prefekturze Fukushima wciąż pozostawało poza swoim miejscem zamieszkania (w stanie ewakuacji), a kolejne 137 tysięcy mieszkało w tymczasowych domach w innych prefekturach<sup>16</sup>. Poziom napromieniowania pozostający poniżej poziomu pokryzysowego (20 mSv rocznie) może jednak przekraczać poziom radiacji sprzed katastrofy, tj. 1 mSv rocznie w tych obszarach, które uznano za nadające się do ponownego zamieszkania (na obszarze 235 km<sup>2</sup> roczne promieniowanie przekracza 20 mSv)<sup>17</sup>.

Katastrofa w elektrowni Fukushima Daiichi zdestabilizowała globalne perspektywy rozwoju energetyki jądrowej i odsłoniła krytyczne problemy związane z globalnym systemem bezpieczeństwa elektrowni atomowych. Należy jednak podkreślić, iż dotychczas wszystkie incydenty i poważne wypadki w sektorze EJ wynikały głównie z błędów ludzkich lub skutków katastrof naturalnych, nie zaś z samych wad technologii jądrowej.

---

<sup>15</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 9.

<sup>16</sup> Około 1700 osób zmarło na choroby pośrednio związane ze skutkami katastrofy nuklearnej.

<sup>17</sup> Prace dekontaminacyjne w ponad stu miejscowościach są utrudnione ze względu na brak miejsc do składowania odpadów i brak chętnych ludzi do pracy, a także spór o pokrycie kosztów między Ministerstwem Środowiska a TEPCO, które zapłaciło 40 mld USD wypłat odszkodowawczych pokrywających około 2 mln roszczeń, za: M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 10.

CZĘŚĆ II

# Rozwój energetyki jądrowej w wybranych krajach





## ROZDZIAŁ 4

# Energetyka jądrowa w krajach Ameryki Północnej i Ameryki Łacińskiej

## 4.1. Stany Zjednoczone – światowy pionier energetyki jądrowej

Stany Zjednoczone ze względu na długą historię prac nad technologią jądrową należą do pionierów rozwoju EJ. USA są postrzegane jako przodujące w tej dziedzinie i urastają do roli światowego lidera w wytwarzaniu energii elektrycznej w procesie rozszczepiania atomów. USA mają więcej elektrowni jądrowych niż jakikolwiek inny kraj na świecie – 19,5% energii elektrycznej wytwarzanej w tym kraju pochodzi z 99 komercyjnych reaktorów jądrowych (2015) (zob. rys. 14) zlokalizowanych w 62 elektrowniach (rozmieszczonych w 30 stanach, na 50, obsługiwanych przez 30 różnych firm energetycznych)<sup>1</sup>. Zgodnie z *Atomic Energy Act* z 1954 roku (sekcja 103d) własność, kontrolowanie i zarządzanie elektrownią jądrową przez jednostkę zagraniczną jest nielegalne<sup>2</sup>.

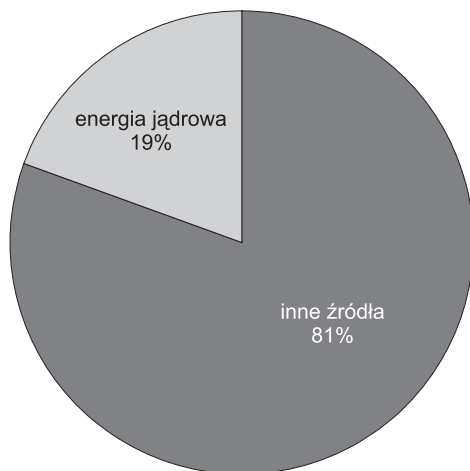
Będąc największym światowym producentem energii jądrowej, USA odpowiadają za jedną trzecią światowej produkcji prądu elektrycznego w elektrowniach jądrowych (798 TWh wytworzonych z EJ w tym kraju, tj. 33% światowej produkcji w 2014 r.). Najwięcej bloków jądrowych jest eksploatowanych we wschodnich stanach (najwięcej reaktorów znajduje się w stanie Illinois i Pensylwanii (zob. mapa 1)<sup>3</sup>. Elektrownie jądrowe są głównym źródłem wytwarzania

---

<sup>1</sup> 67% udział w produkcji elektryczności mają paliwa kopalne, głównie węgiel – 39% (gaz 27% i 1% ropa), za: *What is U.S. Electricity Generation by Energy Source?*, U.S. EIA, <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=427&t=3> (dostęp: 15.08.2015).

<sup>2</sup> *Atomic Energy Act of 1954* (P.L. 83–703), Nuclear Regulatory Legislation NUREG-0980, vol. 1, no. 10, 112<sup>th</sup> Congress; 2<sup>nd</sup> Session, UE Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC), <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1327/ML13274A489.pdf#page=23> (dostęp: 15.08.2015).

<sup>3</sup> Najmniejsza jednostka – Fort Calhoun w Nebrasce o mocy 501 MW, największa zaś – Palo Verde w Arizonie o mocy 3,9 GW; *Operating Reactors*, The U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), <http://www.nrc.gov/reactors/operating.html> (dostęp: 15.08.2015).



**Rys. 14.** Produkcja energii elektrycznej w USA [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 15.11.2015).

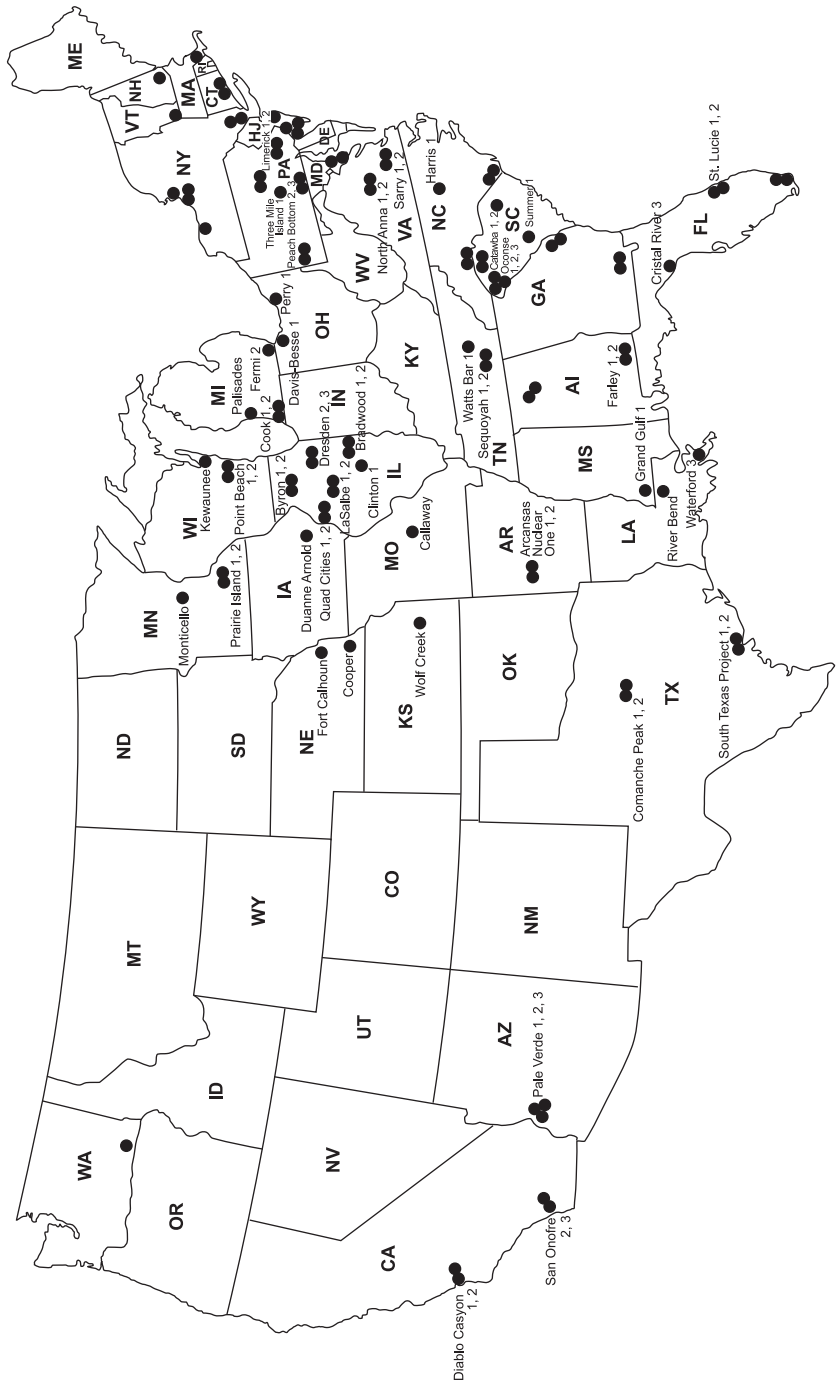
wolnej od emisji CO<sub>2</sub> energii elektrycznej, pozwalając uniknąć emisji ponad 750 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie<sup>4</sup>.

W Stanach Zjednoczonych, w przeciwieństwie do Francji, nie było tendencji do standaryzacji typów reaktorów<sup>5</sup>. Dwie trzecie to reaktory wodno-ciśnieniowe (PWR) o łącznej mocy około 64 GW, pozostałe zaś to reaktory wodno-wrzące (BWR) o mocy około 34 GW (łącznie 98 GW)<sup>6</sup>. Budowę kolejnych (pięć w południowo-wschodniej części kraju) i opłacalność niektórych

<sup>4</sup> *Nuclear Power in the USA*, World Nuclear Association (WNA), August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power> (dostęp: 15.07.2015).

<sup>5</sup> W ramach działań mających na celu zwiększenie amerykańskich zdolności wytwórczych rząd i przemysł ściśle współpracowały w sprawie certyfikacji projektowania zaawansowanych reaktorów III generacji. Certyfikacja Projektu przez Komisję Dozoru Jądowego (NRC) oznacza, że po dokładnym zbadaniu zgodności z wymogami bezpieczeństwa podstawowy typ reaktora (np. Westinghouse AP1000) może być zbudowany w dowolnym miejscu w Stanach Zjednoczonych, musi tylko przejść przez procedurę licencyjną związaną z lokalizacją. Współcześnie projekty reaktorów posiadające certyfikacje projektu w USA (pod względem bezpieczeństwa technologii) to reaktory GE Hitachi (ABWR 1300–1500 MWe). Kilka takich reaktorów działa w Japonii, a kolejne dwa są w budowie na Tajwanie. Drugi typ reaktorów certyfikowanych to Westinghouse AP1000 (pierwszy reaktor III generacji) – pierwsze cztery reaktory tego typu są budowane w Chinach, a dalsze cztery w Stanach Zjednoczonych. Ostatni typ to GE Hitachi's Economic Simplified BWR (ESBWR) o mocy 1600 MWe (zmodyfikowany ABWR).

<sup>6</sup> *Nuclear Power in the USA*, World Nuclear Association (WNA), January 2015, s. 11, [http://www.virlab.virginia.edu/Energy\\_class/Lecture\\_notes/Next\\_Generation\\_Nuclear\\_Power\\_Sup](http://www.virlab.virginia.edu/Energy_class/Lecture_notes/Next_Generation_Nuclear_Power_Sup)



**Mapa 1.** Rozmieszczenie reaktorów w USA (2015)

Źródło: opracowanie własne.

istniejących jednostek podważyło jednak obniżenie cen gazu ziemnego w wyniku zwiększonego krajowego wydobycia od 2009 roku metodami niekonwencjonalnymi<sup>7</sup>. Sytuację obrazuje wypowiedź prezesa jednej z największych amerykańskich firm EJ, który powiedział, że jego firma nie rozpocznie budowy nowej elektrowni w Stanach Zjednoczonych, dopóki cena gazu ziemnego nie będzie ponaddwukrotnie wyższa niż w 2010 roku, a koszt emisji CO<sub>2</sub> na poziomie 25 USD za tonę<sup>8</sup>. Niemniej jednak koszty operacyjne EJ w istniejących elektrowniach jądrowych są bardzo konkurencyjne w stosunku do alternatywnych rozwiązań wytwarzania prądu elektrycznego. W 2012 roku było to 2,4 centów/kWh w porównaniu z 3,4 centami/kWh z gazu i 3,3 centami/kWh z węgla<sup>9</sup>. Większość elektrowni jądrowych została zbudowana w latach 1967–1990. Według US Energy Information Administration średnie szacowane koszty produkcji energii w roku 2018 w Stanach Zjednoczonych z energii jądrowej, gazu ziemnego i węgla (elektrownie konwencjonalne) będą się kształtować na zbliżonym poziomie w granicach 10–11 centów/kWh. Energetyka z węgla w zaawansowanych technologiach CCS (*Carbon Capture and Storage*) wyniesie 13,6 centów/kWh, a spośród OZE: lądowa energetyka wiatrowa – 8,7 centów/kWh, PV solar – 14,4 centów/kWh, energetyka wiatrowa morska – 22,2 centów/kWh, słoneczna energia termalna – 26,2 centów/kWh<sup>10</sup>.

Po trzech dekadach stagnacji (od 1977 r. do 2013 r.) amerykański przemysł po raz pierwszy podejmuje budowę nowych elektrowni jądrowych. Pięć nowych reaktorów ma być uruchomionych do roku 2020, a 24 kolejne planowane do uruchomienia do 2030 roku czeka na rozpatrzenie wniosków<sup>11</sup>.

**Rys historyczny.** Historia energetyki jądrowej w USA sięga 1939 roku, kiedy prezydent Roosevelt stworzył Narodowy Komitet Doradczy do Badań Energii Jądrowej po otrzymaniu ostrzeżeń od znaczących fizyków, w tym od Alberta

---

porting\_materials/Nuclear%20Power%20in%20the%20USA%20-%20Reactor%20Listing%20-%20WNA.pdf (dostęp: 15.06.2015).

<sup>7</sup> Zob. T. Młynarski, *Europejski system handlu uprawnieniami do emisji. Między ekologią a ekonomią* (...), „Kultura i Polityka”, nr 15, *Unia Europejska*, red. W. Michnik, Wyższa Szkoła Europejska im. ks. Józefa Tischnera, Kraków 2014, s. 101–102.

<sup>8</sup> Zob. L.W. Davis, *Prospects for U.S. Nuclear Power After Fukushima*, UC Center for Energy and Environmental Economics, 2011, Energy Institute at HAAS, s. 17, <https://ei.haas.berkeley.edu/research/papers/WP218.pdf> (dostęp: 10.12.2015).

<sup>9</sup> *Ibidem*, s. 10. EIA szacowało pod koniec 2014 r., że rosnące koszty operacyjne reaktorów, niższe ceny gazu ziemnego i stagnacja we wzroście na zapotrzebowanie na prąd elektryczny doprowadzą do zamknięcia 10 800 MW mocy z elektrowni jądrowych, tj. 10% zainstalowanej mocy do końca dekady, za: M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris–London–Washington, D.C., July 2014, s. 101–102.

<sup>10</sup> *Economic Growth & Job Creation*, Nuclear Energy Institute, <http://www.nei.org/Why-Nuclear-Energy/Economic-Growth-Job-Creation> (dostęp: 10.07.2015).

<sup>11</sup> Niższe ceny gazu od 2009 r. spowodowały jednak utratę rentowności niektórych istniejących reaktorów.

Einsteina, Enrica Fermiego i Leó Szilárda, że nazistowskie Niemcy dążą do wdrożenia programu produkcji broni jądrowej. Badania naukowe nad EJ rozpoczęły się w maju 1940 roku wraz z utworzeniem Rady Badań Obrony Narodowej (National Defence Research Council). Wtedy po raz pierwszy amerykański rząd federalny został zaangażowany w finansowanie badań nad energetyką jądrową poza kontekstem wojennym.

Pierwszą generację reaktorów stanowiły konstrukcje przejęte z programów wojskowych – ich pierwowzory były wykorzystywane do produkcji plutonu do broni jądrowej lub początkowo zaprojektowane jako napęd łodzi podwodnych. Wdrożenie wykorzystania energii jądrowej na szeroką skalę wymagało szerokich prac badawczych, między innymi polegających na budowie reaktorów eksperymentalnych i prototypowych<sup>12</sup>. Projekt „Manhattan” potajemnie ukierunkowany na budowę broni atomowej rozpoczął się w 1942 roku<sup>13</sup>. Pierwszy test broni jądrowej o nazwie *Trinity* odbył się w Alamogordo (Nowy Meksyk) 16 lipca 1945 roku, niecały miesiąc przed zrzućeniem bomb na Hiroszimę i Nagasaki (6 sierpnia 1945).

Na fali sukcesu programu broni jądrowej amerykański Kongres przyjął w 1946 roku pierwszą ustawę o energii atomowej (*Atomic Energy Act*), a pięć lat później uruchomiono w Idaho eksperymentalny reaktor typu Breeder (*Experimental Breeder Reactor*) wytwarzający tylko tyle prądu, by zasilić cztery lampy<sup>14</sup>. Rok po zakończeniu wojny (1946) Kongres powołał Komisję Energii Atomowej (Atomic Energy Commission, AEC), której zadaniem był między innymi rozwój metod pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Energia atomowa miała zarówno wzmocnić bezpieczeństwo obronne kraju, jak i sprzyjać utrzymaniu światowego pokoju, poprawić dobrobyt i zwiększyć konkurencyjność prywatnych przedsiębiorstw. AEC uzyskała całkowitą kontrolę nad rozwojem EJ oraz wyłączne prawo własności materiałów rozszczepialnych i wszystkich elektrowni jądrowych. Ponadto w 1949 roku niedaleko Idaho Falls uruchomiono specjalny ośrodek badawczy National Reactor Testing Station, w którym zbudowano i przetestowano ogółem 52 reaktory różnego typu<sup>15</sup>.

---

<sup>12</sup> W 1942 r. we Włoszech został uruchomiony pierwszy na świecie reaktor doświadczalny, za: J. Malej, *Bezpieczeństwo energetyczne świata a ochrona ekosfery. Technologie odnawialnych źródeł energii. Technologie jądrowe, termojądrowe i wodorowe*, Politechnika Koszalińska, Koszalin 2009, s. 160–161.

<sup>13</sup> Projekt „Manhattan” został zainicjowany w 1942 r. przez prezydenta F.D. Roosevelta jako największy program badawczy (koszt ok. 2 mld USD) zakończony skonstruowaniem bomby atomowej. W projekcie „Manhattan” uczestniczyli naukowcy niemal z całego świata, także wielkie umysły uciekające z Europy przed podbojem faszystowskim (m.in. Einstein, Szilard, Wigner, Sachs, Schroedinger, Franck, Stern, Born, Bloch).

<sup>14</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine *et al.*, *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012, s. 55.

<sup>15</sup> Od 1997 r. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL), a po fuzji z Argonne National Laboratory – od 2005 r. – Idaho National Laboratory.

Koncentracja na zastosowaniach wojskowych powodowała, że w pierwszym okresie program badań był zorientowany na zastosowanie energetyki jądrowej do napędu okrętów podwodnych. Dopiero w 1957 roku firma Westinghouse zaprojektowała pierwszy w pełni działający komercyjny reaktor wodno-ciśnieniowy PWR (o mocy 250 MWe), który generował prąd od 1960 do 1992 roku w Shippingport w Pensylwanii. Od tego czasu nastąpił dynamiczny rozwój EJ. Reaktor wodno-wrzący (BWR) był opracowany przez Argonne National Laboratory (o mocy 250 MWe, zakład Drezno 1). Prototyp reaktora BWR rozpoczął pracę w 1960 roku, a do powszechnego zastosowania reaktory te wprowadzono od 1957/1963 roku<sup>16</sup>.

Lata 60. i 70. XX wieku stanowiły okres szczytowy rozwoju EJ w Stanach Zjednoczonych. Do końca 1965 roku zamówiono 18 reaktorów, a dalszych ponad 70 znajdowało się w trakcie budowy lub na stołach kreślarskich inżynierów<sup>17</sup>. Szczególnie dynamiczny wzrost nastąpił w latach 60., kiedy to produkcję energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych uważano za ekonomiczną, przyjazną środowisku naturalnemu oraz bezpieczną<sup>18</sup>. Przyczyniła się do tego także decyzja prezydenta Lyndona Johnsona z 26 sierpnia 1964 roku, dopuszczająca przemysł prywatny zarówno do technologii, jak i do materiałów jądrowych<sup>19</sup>. W latach 1970–1980 dynamika wzrostu liczby budowanych bloków jądrowych uległa spowolnieniu, co było wynikiem obniżającego się zapotrzebowania na energię elektryczną w kraju. Warto zauważyć, że wszystkie amerykańskie elektrownie jądrowe zostały zamówione przed 1973 rokiem<sup>20</sup>. Źródłem spowolnienia dynamiki wzrostu liczby budowanych bloków jądrowych okazała się katastrofa z 28 marca 1979 roku w Three Mile Island, która zmieniła plany rozwoju EJ i stała się przyczyną dwudziestoletniej stagnacji (1980–1990) przemysłu EJ w Stanach Zjednoczonych. *De facto* oznaczało to moratorium na budowę elektrowni jądrowych, a wiele zamówień zostało wycofanych.

W 1991 roku pracowało 111 reaktorów (tj. najwięcej jednostek w dotychczasowej historii amerykańskiego cywilnego programu EJ, zapewniając w tym czasie 22% energii elektrycznej generowanej tym krajem). Flota reaktorów starzeje się, a średni wiek reaktorów to 34,6 lat z możliwością przedłużenia do 60 lat (obecnie 74 reaktory są licencjonowane do pracy do 60 lat), przy czym co czwarty już działa ponad 40 lat (w 2014 r. 72 ze 100 otrzymało licencje

---

<sup>16</sup> *Nuclear Power in the USA*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power) (dostęp: 10.07.2015).

<sup>17</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 55.

<sup>18</sup> G. Jeziński, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 500.

<sup>19</sup> *Ibidem*.

<sup>20</sup> *Ibidem*.

przedłużające ich żywotność<sup>21</sup>. W ostatnich dwóch dekadach XX wieku, ze względu na wstrzymanie nowych budów, znacznie podniesiono sprawność istniejących reaktorów. W rezultacie średni współczynnik wydajności dla przemysłu jądrowego przekroczył 90%, co jest jednym z najlepszych na świecie. NRC analizuje obecnie wnioski o przedłużenie czasu pracy dla kolejnych 19 reaktorów, co wiąże się z długoterminowym zarządzaniem odpadami nuklearnymi. Warunkiem przedłużenia jest uzyskanie pozytywnej oceny GEIS (Generic Environmental Impact Statement). Kluczowe wyzwanie dla EJ w Stanach Zjednoczonych to koszt utrzymania starzejących się reaktorów i rosnące koszty operacyjne i konserwacji, co będzie rzutować na przyszłość całej floty.

Na początku lat 90. XX wieku amerykański sektor energetyki został poddany deregulacji wraz z przyjęciem *Energy Policy Act* (1992), co odbiło się też na systemie własności i modelu zarządzania elektrowniami jądrowymi. Liczba operatorów elektrowni jądrowych spadła z 45 w 1995 roku do 25 w roku 2010, wykazując znaczną konsolidację sektora.

Historyczne czynniki sprzyjające rozwojowi EJ w Stanach Zjednoczonych to:

- narodowa obronność,
- ideologia technokratyczna (wiara, że inżynierowie i naukowcy mogą rozwinąć technologię jądrową na użytek cywilny),
- interwencjonizm ekonomiczny (dotacje dla przemysłu jądrowego w zakresie badań i rozwoju),
- centralnie koordynowany nadzór (monopol władzy AEC),
- peryferyzacja opinii społecznej (oparcie rozwoju technologii na kadrze inżynierskiej, wykluczający konsultacje społeczne)<sup>22</sup>.

**Znaczenie ekonomiczne.** Energetyka jądrowa w Stanach Zjednoczonych to potężny sektor gospodarczy, generujący przez sprzedaż energii elektrycznej znaczący przychód (o wartości 40–50 mld USD rocznie), a także zapewniający liczne miejsca pracy. Obejmują one zarówno te związane bezpośrednio z projektowaniem i budową, eksploatacją (ok. 100 tys.), ale także z likwidacją dużej liczby elektrowni jądrowych, oraz te tworzone w całym łańcuchu dostaw, jak również w sektorach pośrednich (około pół miliona miejsc pracy). Przeciętnie budowa elektrowni generuje około 4 tysięcy miejsc pracy w całym okresie budowy oraz około tysiąca miejsc pracy w czasie eksploatacji<sup>23</sup>. Miejsca pracy związane są także z szeroko rozwiniętym eksportem elektrowni lub jej podzespołów na niemal cały świat (Babcock & Wicox, General Electric, General

---

<sup>21</sup> *Tracking Clean Energy Progress 2015. Energy Technology Perspectives 2015 Excerpt IEA Input to the Clean Energy Ministerial*, International Energy Agency, OECD/IEA, 2015, s. 26.

<sup>22</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 63.

<sup>23</sup> *Identyfikacja korzyści wynikających z realizacji programu rozwoju energetyki jądrowej w Polsce*, Raport Ernst & Young 2011, s. 14.

Atomics, Westinghouse Electric), jak również z rozwiniętym cyklem paliwowym<sup>24</sup>. Według amerykańskiego Nuclear Energy Institute każdy dolar wydany przez elektrownię jądrową daje 1,04 USD dla lokalnej społeczności, 1,18 USD dla budżetu stanu i 1,87 USD dla budżetu centralnego państwa<sup>25</sup>.

Energetykę jądrową w Stanach Zjednoczonych charakteryzuje ciągła poprawa bezpieczeństwa, a jednocześnie obniżanie negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Szacuje się, że dzięki eksploatacji elektrowni jądrowych w latach 1973–2002 uniknięto emisji 74,5 mln ton SO<sub>2</sub> i 37,7 mln ton NO<sub>x</sub> do atmosfery<sup>26</sup>.

W Stanach Zjednoczonych znajduje się kilka składowisk odpadów promieniotwórczych niskoaktywnych (zlokalizowanych m.in. w Nowym Meksyku, Barnwell w Południowej Karolinie, Hanford, Envirocare). Budowa składowiska odpadów wysokoaktywnych w Yucca Mountain (Nevada) została wstrzymana w 2011 roku (przez co brakuje jednego składowiska do składowania długoterminowych odpadów promieniotwórczych wysokiej radiacji, które są przechowywane na terenie różnych elektrowni jądrowych rozsianych po całym kraju)<sup>27</sup>.

Kolejne amerykańskie administracje podejmują działania mające na celu ożywienie rodzimego przemysłu jądrowego, między innymi przez tworzenie globalnego rynku usług związanych z energią jądrową, przez kredyty, pożyczki i gwarancje eksportowe, szeroko zakrojone badania nad technologiami przyszłości. Amerykański przemysł EJ potrzebuje modernizacji opartej na standaryzacji i zmniejszeniu kosztów budowy nowych jednostek<sup>28</sup>. W lutym 2010 roku gwarancje rządowe otrzymała firma Southern Company na budowę dwóch elektrowni w Georgii, a w maju 2010 roku koncern Areva na budowę zakładów wzbogacania paliwa jądrowego w Idaho. Wspieraniem zagranicznych przedsięwzięć, które przynoszą korzyści amerykańskim formom, zajmuje się Export Import Bank of the United States. Po katastrofie elektrowni jądrowej w Japonii (2011) administracja prezydenta Obamy podtrzymała poparcie dla EJ, niemniej jednak na skutek niskich cen gazu ziemnego spadło

---

<sup>24</sup> Cykl paliwowy obejmuje m.in. kilka kopalń uranu, zakład przerobu rud uranu, zakład konwersji uranu, dwa zakłady wzbogacania oraz kilka zakładów wytwarzania paliwa jądrowego. Zob. G. Jezierski, *op. cit.*, s. 504.

<sup>25</sup> *Economic Growth & Job Creation*, Nuclear Energy Institute, <http://www.nei.org/Why-Nuclear-Energy/Economic-Growth-Job-Creation> (dostęp: 15.07.2015).

<sup>26</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 503–504.

<sup>27</sup> Departament Energii (DOE) poszukuje innych lokalizacji do składowiska odpadów wysokoaktywnych, a Komisja Blue Ribbon opublikowała swój raport końcowy w styczniu 2012 r., wskazując pilną potrzebę znalezienia centralnego geologicznego repozytorium.

<sup>28</sup> J.W. Busby, *Vaunted Hopes: Climate Change and the Unlikely Nuclear Renaissance* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 142.



zainteresowanie sektora prywatnego. Amerykańska administracja postrzega EJ nie tylko jako ważne źródło energii, ale również jako kluczowy element planu prezydenta Baracka Obamy – obniżenia emisji CO<sub>2</sub> i przeciwdziałania zmianom klimatu. Zamiarem rządu jest wspieranie utrzymania floty reaktorów jądrowych. Równocześnie Departament Energii Stanów Zjednoczonych wspiera program budowy małych reaktorów modułowych (*Small Modular Reactor*, SMR) jako elementu wdrażania innowacyjnej niskoemisyjnej, korzystnej ekonomicznie i bezpiecznej energii jądrowej w Stanach Zjednoczonych<sup>29</sup>.

## 4.2. Kanada i rozwój energetyki jądrowej

Kanada ma już sześćdziesięcioletnią tradycję związaną ze stosowaniem energii jądrowej. Kraj ten dysponuje 19 reaktorami (13,5 GWe) (wszystkie typu CANDU – *Canadian Deuterium Uranium*), które zapewniają 98,6 TWh, czyli 16,8% krajowej produkcji energii elektrycznej (2014), a w najbardziej uprzemysłowionej prowincji Ontario – aż 53% (2015)<sup>30</sup>.

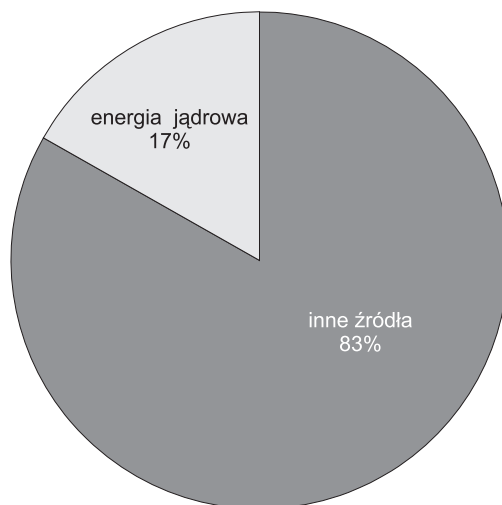
Dwa reaktory, Bruce-1 i Bruce-2, zostały ponownie uruchomione w 2012 roku, po piętnasto- i siedemnastoletnim okresie przestoju. Sześć z ośmiu reaktorów będących w długoterminowym stanie spoczynku zostało ponownie uruchomionych w latach 2010–2012. W maju 2012 roku rząd przyjął raport oceny oddziaływania na środowisko (*Environmental Impact Assessment*) dla budowy czterech reaktorów w elektrowni w Darlington, ale na skutek działań regionalnego rządu prowincji Ontario, który wstrzymał finansowanie inwestycji, budowa elektrowni została zarzucona. Kanada jest liderem w dziedzinie badań i technologii jądrowej, eksporterem systemów reaktorów opracowanych w kraju, jak również dostawcą na światową skalę izotopów promieniotwórczych wykorzystywanych w diagnostyce medycznej i terapii nowotworów.

Kanada posiada ogromne zasoby paliw kopalnych (złóża węgla, gazu, ropy i rud uranu tego kraju należą do największych na świecie) oraz jeden z największych potencjałów hydroenergetycznych na świecie. Niemniej jednak

---

<sup>29</sup> Pracę nad reaktorami SMR prowadzą także: Rosja, Korea Południowa, Francja, Japonia i Chiny. Reaktory te mogą być ważnym uzupełnieniem dotychczas eksploatowanych elektrowni w zastosowaniach specjalnych, np. zasilania sieci ciepłowniczych, lokalizacji położonych daleko od sieci przesyłowych, czy w krajach o małej łącznej mocy systemu energetycznego. Reaktory modułowe mogą być łączone w niemal dowolne konfiguracje, co pozwala na zastosowanie technologii jądrowej tam, gdzie standardowe reaktory nie miałyby uzasadnienia ekonomicznego.

<sup>30</sup> *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, WNA, June/August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements> (dostęp: 25.07.2015).



**Rys. 15.** Produkcja energii elektrycznej w Kanadzie [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 10.08.2015).

EJ jest znaczącym sektorem gospodarki i elementem dywersyfikacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej.

Według badań przeprowadzonych przez Canadian Energy Research Institute reaktory jądrowe zapewniają przychody na poziomie 6,6 mld dolarów kanadyjskich rocznie, tworząc 1,5 mld dolarów kanadyjskich przychodów rządowych i generując 1,2 mld dolarów kanadyjskich z eksportu<sup>31</sup>. W latach 1952–2006 rząd zainwestował ponad 13,26 mld dolarów kanadyjskich (kurs z 2005) w program jądrowy, co przyniosło ponad 160 mld dolarów kanadyjskich przychodu z produkcji energii elektrycznej, badań oraz eksportu: uranu i technologii reaktorów CANDU, ciężkiej wody, radioizotopów medycznych i innych usług<sup>32</sup>.

Przemysł energetyki jądrowej bezpośrednio zatrudnia 21 tysięcy pracowników w 150 firmach, dodatkowe 10 tysięcy na umowach kontraktowych oraz pośrednio tworzy dalsze 40 tysięcy miejsc pracy związanych z przemysłem jądrowym. Kanada posiada trzecie po Australii i Kazachstanie zasoby uranu, a w przemyśle związanym z jego wydobyciem jest zatrudnionych około 2,5 tysiąca pracowników.

<sup>31</sup> *Nuclear Power in Canada*, WNA, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Canada--Nuclear-Power> (dostęp: 25.07.2015).

<sup>32</sup> *Ibidem*.

Reaktory CANDU są eksportowane do wielu krajów świata: pierwszy blok tego typu poza Kanadą uruchomiono w Argentynie w 1983 roku, kolejne w Indiach (13), Pakistanie (1), Korei Południowej (4), Chinach (2), a ostatnio w Rumunii – Cernavoda (2) – jako pierwszy blok tego typu w Europie<sup>33</sup>.

**Rys historyczny.** Kanada opracowała własną oryginalną konstrukcję reaktora ciśnieniowego na ciężką wodę (CANDU – *CANadian Deuterium Uranium Pressurized Heavy Water Reactor*<sup>34</sup>). Przed II wojną światową produkcja ciężkiej wody była skoncentrowana tylko w jednym miejscu – w norweskim zakładzie w Rjukan (koncern Norsk Hydro)<sup>35</sup>. Postępująca agresja niemiecka wzbudziła obawy, że Niemcy przejmą kontrolę nad tym zakładem, uzyskując dostęp do kluczowego materiału w produkcji broni atomowej<sup>36</sup>. Gdy w marcu 1940 roku realne stało się ryzyko przejścia ciężkiej wody przez nazistów, francuski wywiad wynegocjował zakup całego zapasu fabryki w Rjukan (26 kanistrów o łącznej wadze 185 kg)<sup>37</sup>. Niemcy podjęli nieudaną próbę przechwycenia ładunku ciężkiej wody z laboratorium Frédérica Joliot-Curie w Paryżu, Francuzi jednak zdołali przerzucić go do Londynu (maj 1940). W wyniku zawirowań wojennych ładunek ciężkiej wody przejęty przez zachodnich alianatów został skierowany do Montrealu, gdzie na tamtejszym uniwersytecie rozpoczął prace zespół naukowców – uchodźców z Europy, których celem było zaprojektowanie reaktora na ciężką wodę, produkującego pluton konieczny do rozwoju broni jądrowej dla Stanów Zjednoczonych.

W roku 1944 badania w montrealskim laboratorium przeszły z fazy teoretycznej do fazy zastosowań, kiedy zapadła decyzja o budowie reaktora na ciężką wodę (24 sierpnia 1944 r.). W 1947 roku zakończono prace konstrukcyjne ulepszonej wersji reaktora ZEEP (*Zero Energy Experimental Pile*) o nazwie

---

<sup>33</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 487–488.

<sup>34</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 169.

<sup>35</sup> Ciężka woda (tlenek deuteru, D<sub>2</sub>O) była używana jako katalizator w samopodtrzymującej się reakcji rozszczepialnej. Ciężka woda jest stosowana jako moderator w reaktorach atomowych, gdyż ma ona zdolność do spowalniania neutronów prędkich.

<sup>36</sup> Alianci podejrzewali, że przy wykorzystaniu ciężkiej wody Niemcy prowadzili eksperymenty, które miały się zakończyć zbudowaniem bomby atomowej. Aby temu zapobiec, w 1942 r. Brytyjczycy wysłali jednostki specjalne w celu zniszczenia fabryki w Norwegii w miejscowości Rjukan. Dowództwo alianckie, chcąc opóźnić prowadzone przez hitlerowskich fizyków prace nad bombą atomową, postanowiło zniszczyć fabrykę ciężkiej wody Norsk Hydro. (W lutym 1943 r. grupa norweskich komandosów zniszczyła urządzenia do produkcji ciężkiej wody, potrzebnej III Rzeszy do prac nad bronią, a w listopadzie 1943 r. Amerykanie zbombardowali fabrykę.) Fabryka została znacznie uszkodzona na początku 1943 r. w wyniku akcji norweskich komandosów. Mimo że szybko ją odbudowano, w wyniku amerykańskiego nalotu Niemcy podjęli decyzję o przeniesieniu zasobu ciężkiej wody do Niemiec. Nie udało się im jednak tego dokonać – na początku 1944 r. bojownicy norweskiego ruchu oporu zatopili prom przewożący do Niemiec ewakuowane z fabryki zapasy ciężkiej wody.

<sup>37</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 170.

NRX<sup>38</sup>. Miał on moc 10 MWe i działał na bazie uranu naturalnego z moderatorem w postaci ciężkiej wody<sup>39</sup>. Kanada stała się właścicielem najpotężniejszego reaktora badawczego na świecie. Reaktor NRX o mocy 200 MWe (ukończony w 1947 r.) i jego następca NRU (*National Research Universal* uruchomiony w 1957 r. w Chalk River Laboratories) umożliwiły komercyjną produkcję izotopów bardzo rzadko występujących w środowisku naturalnym. Dzięki temu Kanada znalazła się w czołówce medycznych badań nuklearnych (m.in. radiologii) i zyskała przewagę konkurencyjną, którą zachowała do czasów współczesnych<sup>40</sup>.

Dzięki budowie reaktorów ZEEP i NRX kanadyjscy naukowcy zdobyli unikatowe doświadczenie w pracy z reaktorami moderowanymi ciężką wodą, a dzięki zaangażowaniu Kanady w projekt „Manhattan” Stany Zjednoczone sfinansowały budowę pierwszego na półkuli zachodniej zakładu produkcji ciężkiej wody w Trail w kanadyjskiej prowincji Kolumbia Brytyjska w 1943 roku.

W połowie drugiej dekady XXI wieku Kanada była największym na świecie producentem ciężkiej wody wykorzystywanej jako moderator w reaktorach atomowych typu CANDU<sup>41</sup>. W 1952 roku zostało powołane rządowe przedsiębiorstwo Atomic Energy of Canada Limited (Atomic Energy of Canada Limited, AECL), które otrzymało duże granty rządowe na rozwój prac badawczych nad reaktorem CANDU i innych pokojowych zastosowań energii jądrowej<sup>42</sup>. W 1955 roku został zainicjowany program rozwoju reaktorów energetycznych do wytwarzania energii elektrycznej.

Rudy uranowe w Kanadzie stanowią 17% światowych zasobów tego surowca, a Kanada jest głównym producentem uranu na świecie. Wszystkie kopalnie są zlokalizowane w prowincji Saskatchewan. Wydobycie uranu w Kanadzie w 2014 roku wynosiło 9,134 tys. ton, co dało udział stanowiący 16% światowego rynku<sup>43</sup>. Około 85% produkcji uranu jest przeznaczony na eksport, głównie do Stanów Zjednoczonych, Japonii oraz Europy Zachodniej. Duże złoża naturalnego

---

<sup>38</sup> Już we wrześniu 1945 r. w miejscowości Chalk River w prowincji Ontario został uruchomiony reaktor jądrowy ZEEP. Jego moc termiczna początkowo wynosiła zaledwie 1 W, później została zwiększona do 250 W. Był to pierwszy reaktor działający poza Stanami Zjednoczonymi.

<sup>39</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 172.

<sup>40</sup> Medycyna nuklearna specjalizuje się w wykorzystaniu izotopów promieniotwórczych w diagnostyce (rozpoznawaniu) oraz leczeniu (terapii) chorób, a także w doświadczeniach naukowych. NRU miał za cel: wytwarzać dużo izotopów do badań medycznych, służyć jako źródło neutronów do badań nad wiązkami neutronowymi oraz umożliwić test rozwoju komercyjnej technologii energetyki jądrowej. Służy on do generowania izotopów stosowanych do leczenia lub diagnozowania ponad 20 mln ludzi rocznie w 80 krajach.

<sup>41</sup> Fabryki ciężkiej wody w Tiverton i Hamilton w stanie Ontario.

<sup>42</sup> AECL to spółka federalna, która specjalizuje się w zakresie zaawansowanych technologii jądrowych.

<sup>43</sup> *World Uranium Mining Production*, WNA May 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production> (dostęp: 20.07.2015).

uranu w Kanadzie uzasadniały dalszy rozwój technologii reaktorów moderowanych ciężką wodą, gdyż pozwalają one na użycie zapasów naturalnego uranu bez konieczności podejmowania procesu jego kosztownego i skomplikowanego wzbogacania<sup>44</sup>. Zaowocowało to rozwojem technologii CANDU pod koniec lat 60. XX wieku. Pierwszy prototypowy reaktor komercyjny typu CANDU (o mocy 200 MWe) został zbudowany w 1967 roku w Pickering w prowincji Ontario i oddany do użytku w 1971 roku (poza Ontario pozostałe jednostki znajdują się w prowincjach Quebec i Nowy Brunswik).

Istotną cechą reaktora CANDU są oszczędności związane z mniejszymi kosztami paliwa (nie ma całego procesu wzbogacania) oraz możliwość ciągłej wymiany paliwa w czasie normalnej pracy reaktora, co skraca czas postoju i zapewnia niższe koszty operacyjne. Do 1962 roku Kanada dominowała na świecie w zakresie wytwarzania energii elektrycznej z energii jądrowej. Konstrukcja typu CANDU przegrała jednak w późniejszym okresie z innymi typami reaktorów, głównie ze względu na problemy środowiskowe oraz aspekt proliferacji technologii<sup>45</sup>.

W latach 1971–1973 uruchomiono cztery bloki o mocy 542 MWe każdy w elektrowni Pickering A, blisko Toronto (prowincja Ontario)<sup>46</sup>. Otworzyło to program komercyjnej EJ w pełni finansowany przez kanadyjski rząd. Znaczny przyrost mocy w elektrowniach jądrowych nastąpił w latach 80. XX wieku, kiedy uruchomiono kilka bloków o mocy 600–700 MWe.

Czynniki sprzyjające rozwojowi programu EJ w Kanadzie to duże zasoby uranu oraz fabryka ciężkiej wody. Początkowy program jądrowy był utajony, więc społeczeństwo nie wiedziało o jego realizacji. Uruchomienie reaktora NRX zyskało poparcie i akceptację społeczną dzięki produkcji izotopów medycznych stosowanych do radiacji i naświetleń w medycynie. Oprócz energii elektrycznej reaktory typu CANDU wytwarzają bowiem niemal całą światową podaż radioizotopu kobaltu-60 do celów medycznych i sterylizacji<sup>47</sup>. Dodatkowym atutem była stosunkowo niewielka ingerencja w krajobraz i środowisko naturalne elektrowni jądrowych w porównaniu z dużymi zmianami związanymi z budową olbrzymich hydroelektrowni.

Wypalone paliwo z reaktorów CANDU jest przechowywane najpierw w wodnych basenach przy reaktorze przez okres 5–15 lat, po czym składowane jest na sucho, gdyż nie wymaga chłodzenia wodnego<sup>48</sup>. Wykorzystanie

---

<sup>44</sup> Specyfika konstrukcji reaktora CANDU wynika z zastosowania jako paliwa naturalnego uranu, który nie wymaga wzbogacania.

<sup>45</sup> Kanadyjski reaktor wytwarzał pluton możliwy do zastosowania do produkcji broni jądrowej.

<sup>46</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 484.

<sup>47</sup> *Nuclear Power in Canada*, WNA, August 2015.

<sup>48</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 486.

energetyki jądrowej pozwoliło Kanadzie – znanej z niepowtarzalnej przyrody – przez ostatnie 25 lat obniżyć emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery o ponad miliard ton i uniknąć wytworzenia 8 mln ton popiołów oraz 2 mln ton SO<sub>2</sub><sup>49</sup>.

Kanadyjska Komisja Bezpieczeństwa Jądrowego (CNSC) jest odpowiedzialna za regulowanie i egzekwowanie ścisłych standardów bezpieczeństwa w krajowych obiektach jądrowych oraz administruje umowami o współpracy jądrowej podejmowanymi przez Kanadę pod kątem ich bezpieczeństwa. Została ona utworzona w 2000 roku na podstawie ustawy *Nuclear Safety & Control Act* i późniejszych rozporządzeń, jako następcza *Atomic Energy Control Board*, która działała od 1946 roku. CNSC odpowiada przed parlamentem i podlega Ministerstwu Zasobów Naturalnych<sup>50</sup>. Kanadyjski uran jest sprzedawany wyłącznie do wytwarzania energii elektrycznej i tylko krajom przestrzegającym międzynarodowych standardów NPT (*Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej*). CNSC zapewnia funkcjonariuszom MAEA dostęp do kanadyjskich obiektów jądrowych oraz wypełnia zalecenia dotyczące bezpieczeństwa instalacji w swoich zakładach. Komisja regularnie składa MAEA raporty na temat posiadanych materiałów jądrowych. CNSC zarządza również programem badawczo-rozwojowym w celu wspierania zabezpieczeń MAEA (*Canadian Safeguards Support Programme*).

Kanada pozostaje stroną NPT jako państwo bez broni nuklearnej. Dwustronne porozumienie jest wymagane z każdym państwem klientem jako warunek wstępny podjęcia współpracy, nakładając dodatkowe wymagania na kraje poza NPT i MAEA. Kanada należy również do Grupy Dostawców Jądrowych.

### 4.3. Energetyka jądrowa w Argentynie, Brazylii i Meksyku

W Ameryce Łacińskiej siedem reaktorów znajduje się w trzech państwach: Argentynie, Brazylii i Meksyku, a tradycje rozwoju energetyki jądrowej sięgają lat 70. XX wieku.

**Argentyna.** Trzy reaktory jądrowe pracują w Argentynie, dostarczając 5,3 TWh, a więc 4,4% zapotrzebowania na energię elektryczną kraju (2014). Pierwszy, komercyjny reaktor elektrowni atomowej rozpoczął pracę w 1974 roku (Atucha-1). Budowa rozpoczęła się na niewielkim, lokalnie zaprojektowanym prototypie reaktora energetycznego CAREM-25. Argentyna

---

<sup>49</sup> *Ibidem*, s. 482.

<sup>50</sup> *Nuclear Power in Canada*, WNA, August 2015.

była jednym z krajów, który posiadał ambitny program jądrowy, oficjalnie dla celów cywilnych, ale wspierany przez silne lobby wojskowe. Dwie elektrownie jądrowe zostały zbudowane przez zagraniczne firmy (reaktor Atucha-1 został dostarczony przez Siemens, a reaktor w Embalse typu CANDU – przez kanadyjską korporację AECL). Po zakończeniu 28 lat pracy jednostka w Embalse ma przejść gruntowny remont, tak by jej żywotność mogła zostać przedłużona o kolejne 25 lat. Atucha-2 pozostawał w budowie od 1981 roku, gdyż z różnych powodów przez wiele lat opóźniano jego uruchomienie – ostatecznie doszło do tego 27 czerwca 2014<sup>51</sup>. Prezydenci Argentyny i Brazylii – Christina Fernández de Kirchner oraz Luiz Inácio Lula da Silva, których kraje były długo potencjalnymi rywalami wojskowymi, spotkali się w lutym 2008 roku i uzgodnili rozwinięcie programu pokojowej współpracy jądrowej<sup>52</sup>. Planowane są kolejne dwa reaktory, które mają zostać zbudowane przez China National Nuclear Corporation. Argentyna jest stroną Traktatu NPT od 1995 roku jako państwo bez broni nuklearnej, a od 1994 roku – traktatu z Tlatelolco<sup>53</sup>. Kraj ten należy także do Grupy Dostawców Jądrowych (NSG).

**Brazylia.** Dysponuje dwoma reaktorami jądrowymi wytwarzającymi 14,5 TWh, czyli około 3% krajowej produkcji energii elektrycznej. Brazylia zaczęła rozwijać technologię jądrową w 1951 roku w ramach utworzonej National Research Council, ale reżim wojskowy w latach 1964–1985 przyspieszył te badania. W 1970 roku rząd zdecydował się na zakup technologii elektrowni jądrowej. Pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej rozpoczął pracę w 1982 roku. Trzeci reaktor jest w budowie<sup>54</sup>. W latach 70. XX wieku pierwszy kontrakt na budowę elektrowni jądrowej, Angra-1, został przyznany firmie Westinghouse. Reaktor uruchomiono w 1981 roku. Został zlokalizowany w nadmorskim położeniu między Rio de Janeiro i São Paulo (obecnie elektrownia jądrowa Almirante Álvaro Alberto – kompleks elektrowni w stanie Rio de Janeiro, 130 km na zachód od miasta)<sup>55</sup>. W 1975 roku Brazylia podpisała porozumienie z Niemcami. Najprawdopodobniej był to

---

<sup>51</sup> Trwają prace nad budową prototypowego reaktora CAREM25 (27 MWe PWR). Mają się one zakończyć do 2018 r.

<sup>52</sup> W 1991 r. utworzono brazylijsko-argentyńską agencję kontroli materiałów jądrowych (The Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials, ABACC). Doprowadziło to do czterostronnego porozumienia w 1991 r. (Brazylia, Argentyna, ABACC i MAEA), które weszło w życie w 1994 r., obejmującego współpracę z MAEA. Argentyna nie podpisała protokołu dodatkowego w stosunku do jego zabezpieczeń umów z MAEA.

<sup>53</sup> Traktat o zakazie broni jądrowej w Ameryce Łacińskiej i na Karaibach (Traktat z Tlatelolco) podpisany 14 lutego 1967 r. (wszedł w życie 25 kwietnia 1969 r.), ustanawiający strefę bezatomową na obszarze Ameryki Łacińskiej i Karaibów (ratyfikowany przez 33 państwa regionu).

<sup>54</sup> *Nuclear Power in Brazil*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Brazil> (dostęp: 15.08.2015).

<sup>55</sup> *Ibidem*.

największy pojedynczy kontrakt w historii przemysłu jądowego na świecie na budowę ośmiu bloków (każdy o mocy 1300 MWe) w ciągu 15 lat<sup>56</sup>. Pierwsze dwa (Angra-2 i -3) miały zostać całkowicie zmontowane z części i wyposażone przez Kraftwerk Union (KWU)<sup>57</sup>. Reszta wyposażenia miała mieć w 90% pochodzenie brazylijskie na mocy porozumienia o transferze technologii. W tym celu zostało utworzone państwowe przedsiębiorstwo Empresas Nucleares Brasileiras SA (Nuclebrás, które koncentruje się na poszczególnych aspektach inżynierii i cyklu paliwowego). Ze względu na rosnący dług i dążenie do wykorzystania programu do budowy broni atomowej przez brazylijskie wojsko właściwie cały program został jednak przerwany pod koniec 1980 roku. Budowa reaktora Angra-2 (inwestycja o wartości 1,3 mld USD), została wznowiona w 1995 roku, a podłączono go do sieci w lipcu 2000 roku, po 24 latach budowy. Budowa jednostki Angra-3 została rozpoczęta w 1984 roku, ale w czerwcu 1991 roku wstrzymano prace, aczkolwiek w maju 2010 roku Brazylijska Komisja Energii Jądowej (Brazil's Nuclear Energy Commission) wydała licencję i pozwolenie na budowę, a MAEA wskazała, że „nowa” budowa może się rozpocząć w połowie 2010 roku. W listopadzie 2013 roku Eletrobras Eletronuclear podpisał umowę z francuskim producentem Arevą o wartości 1,67 mld USD na budowę elektrowni. U uruchomienie Angra-3 jest planowane do roku 2018<sup>58</sup>.

W grudniu 2013 roku zrewidowano plan budowy ośmiu reaktorów i ogłoszono nową strategię energetyczną, która przewiduje, że jedynie trzy reaktory Angra będą podstawą brazylijskiego programu energetyki jądowej. Po przeglądzie polityki, rozpoczętym w 2013 roku, w maju 2015 roku rząd zadeklarował, że Angra-3 będzie ostatnią elektrownią jądową zbudowaną jako projekt robót publicznych, otwierając drogę dla kapitału prywatnego do budowy kolejnych czterech komercyjnych jednostek, które mają zacząć pracę do 2020 roku.

Istnieją ciągle wpływy kręgów wojskowych na brazylijski program nuklearny. Brazylia jest jedynym krajem bez broni jądowej, w którym wojsko udostępnia technologię wzbogacania uranu do cywilnego programu jądowego. Ponadto Brazylia to jedyny kraj bez broni jądowej, który zbudował atomową łódź podwodną<sup>59</sup>. Brazylia jest stroną *Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądowej* (NPT) – od 1998 roku jako państwo bez broni jądowej (w 1995 roku podpisała dokument) – oraz stroną traktatu Tlatelolco od 1967 roku. W 1988 roku Brazylia ponownie wyrzekła się rozwoju militarnego

---

<sup>56</sup> Niemcy zgodziły się na dostarczenie Brazylii zakładów wzbogacania uranu i przetwarzania plutonu, ostatecznie jednak ich budowa została zarzucona.

<sup>57</sup> *Nuclear Power in Brazil*, WNA, August 2015.

<sup>58</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 96.

<sup>59</sup> *Nuclear Power in Argentina*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Argentina> (dostęp: 15.08.2015).



programu energetyki jądrowej, a w 1996 roku została członkiem Grupy Dostawców Jądrowych (NSG)<sup>60</sup>.

**Meksyk.** W kraju tym funkcjonują dwa reaktory dostarczone przez General Electric w elektrowni Laguna Verde w stanie Veracruz. Pierwszy reaktor został podłączony do sieci w 1989 roku, a drugi w roku 1994. W 2014 roku z energii jądrowej produkowano 9,3 TWh, czyli 5,6% krajowej energii elektrycznej. Pierwszy komercyjny reaktor zaczął działać w 1989 roku. W Meksyku program energii jądrowej rozpoczął się w 1956 roku wraz z utworzeniem Narodowej Komisji Energii Jądrowej (CNEN). Ten organ wziął ogólną odpowiedzialność za wszystkie aspekty programu energetyki jądrowej w kraju, z wyjątkiem stosowania izotopów promieniotwórczych oraz wytwarzania energii elektrycznej. W 1972 roku została podjęta decyzja o budowie elektrowni atomowej z wodą wrzącą (BWR), a w 1976 roku General Electric rozpoczęło ją na Laguna Verde (dwie jednostki 654 MWe). Pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej rozpoczął pracę w 1989 roku<sup>61</sup>. Rząd wspiera rozwój EJ w celu zmniejszenia uzależnienia od gazu ziemnego, ale ostatnie niskie jego ceny (związane z tzw. rewolucją gazu z łupków) podważają te wysiłki. Meksykańska konstytucja stanowi, że energia jądrowa może być używana jedynie do celów pokojowych, co zostało powtórzone w ustawie jądrowej z 1984 roku. Meksyk ratyfikował traktat NPT w 1969 roku i protokół dodatkowy w 2004 roku. Kraj ten jest również stroną *Konwencji o ochronie fizycznej materiałów jądrowych* z 1980 roku (ratyfikowana w 1988 roku). Ponadto Meksyk to depozytariusz *Traktatu o zakazie broni jądrowej w Ameryce Łacińskiej i na Karaibach* (tzw. traktatu z Tlatelolco) i jego strona od 1967 roku.

---

<sup>60</sup> Brazylia i Argentyna nie podpisały protokołu dodatkowego o zabezpieczeniach umów z MAEA.

<sup>61</sup> *Nuclear Power in Mexico*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Mexico> (dostęp: 15.08.2015).

## Energetyka jądrowa w Azji

### 5.1. Chiny. Od importera do eksportera, czyli rozwój energetyki jądrowej

Chińska Republika Ludowa jest największym konsumentem energii pierwotnej w skali globalnej (23% konsumpcji światowej w 2014 r.), a także największym producentem i konsumentem energii elektrycznej, co sprawia, że państwo to stało się znaczącym graczem na światowym rynku energii<sup>1</sup>. Produkcja energii elektrycznej w tym kraju wzrosła o ok. 90% w latach 2005–2015 (według danych EIA)<sup>2</sup>. BP Energy Outlook 2035 prognozuje, że do 2035 roku Chiny staną się największym na świecie importerem energii, wyprzedzając Europę. Według World Energy Council kraj ten doświadczy największego wzrostu popytu energii elektrycznej na świecie w ciągu najbliższych 20 lat, odpowiadając za ponad jedną trzecią wzrostu światowego. To rosnące zapotrzebowanie będzie wypełniać energia jądrowa<sup>3</sup>. Główne motywy rozwoju EJ w Chinach to zatem: zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii, potrzeba czystszej i bardziej energooszczędnej *energy mix* kraju oraz stymulowanie wzrostu popytu w branżach związanych z budową elektrowni jądrowej.

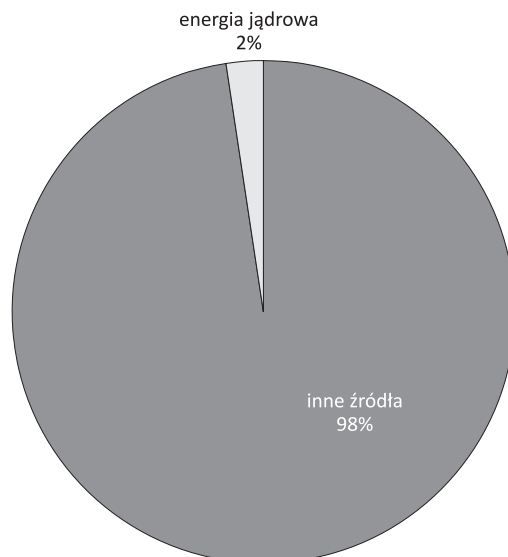
Chiny – druga największa gospodarka świata, a jednocześnie największy światowy emitent GHG (26% w 2014 r.) – nie są jeszcze głównym światowym graczem w EJ, ale doświadczają ekspansji tego źródła energii na niespotykaną skalę. Elektrownie jądrowe mają znacząco ograniczyć emisję GHG zgodnie z międzynarodowymi standardami. Plan rozwoju EJ ma pozwolić na zmniejszenie udziału węgla w bilansie energetycznym i stać się narzędziem

---

<sup>1</sup> BP Statistical Review of World Energy, June 2015.

<sup>2</sup> China, CAB, EIA, <http://www.eia.gov> (dostęp: 22.10.2015).

<sup>3</sup> Zob. C.P. Zaleski, *Nuclear Energy and Climate Change*, „Master of Business Administration” 2009, 6 (101), listopad–grudzień, s. 15–16.



**Rys. 16.** Produkcja energii elektrycznej w Chinach [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 16.11.2015).

dostosowania się Chin do międzynarodowego reżimu przeciwdziałania zmianom klimatu<sup>4</sup>.

W 2015 roku 31 reaktorów w Chinach dostarczało 2,4% prądu elektrycznego (27 tys. MWe), ale prawie drugie tyle (21 reaktorów) znajdowało się w trakcie budowy (co stanowi 33% wszystkich reaktorów w budowie na świecie) (rys. 16). Wszystkie projekty budowy mają być zakończone przed rokiem 2020<sup>5</sup>. Chińska flota jądrowa jest stosunkowo młoda, toteż nie ma planów zamknięcia jakiegokolwiek jednostki<sup>6</sup>. Uruchomienie kolejnych 45 jednostek jest planowane tak, by do 2050 roku Chiny osiągnęły moc 400 tys. MWe z EJ (tj. w przybliżeniu z około 400 reaktorów!)<sup>7</sup>. Śmiało można więc stwierdzić, iż Chiny są największym placem budowy elektrowni jądrowych na świecie, a kraj ten wszedł

<sup>4</sup> Hongkong planuje zamknąć elektrownie węglowe do 2020 r., aby uzyskać 50% swojej mocy z energetyki jądrowej (obecnie 23%).

<sup>5</sup> W Chinach jest 17 reaktorów typu CPR-1000 w trakcie budowy oraz trzy ulepszone reaktory CPR-1000, nazwane Advanced CPR-1000 (ACPR). Ulepszenia obejmują wyższe standardy sejsmiczne, podwójne zabezpieczenia i reaktor *core catcher*.

<sup>6</sup> *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, WNA, June/August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements), <http://www.world-nuclear.org> (dostęp: 25.07.2015).

<sup>7</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 190.

w fazę nuklearnego *boomu*. Chiński przemysł buduje reaktory generacji II+, opierając się na potencjale przemysłu krajowego i na technologii francuskiej (75% reaktorów w eksploatacji i w trakcie budowy opiera się w większym lub mniejszym stopniu na francuskich wzorcach konstrukcyjnych, aczkolwiek kilka reaktorów powstaje z wykorzystaniem technologii amerykańskiej)<sup>8</sup>.

W celu koordynowania polityki energetycznej powołano agencję National Energy Administration (NEA)<sup>9</sup>. W dokumentach *Nuclear Power Safety Plan (2011–2020)* oraz *Mid- and Long-Term Development Plan for Nuclear Power (2011–2020)*, które zostały zatwierdzone 24 października 2012 roku, szeroko określono strategię rozwojową sektora atomowego oraz nowych regulacji dotyczących podwyższenia standardów bezpieczeństwa<sup>10</sup>. Chińskie władze zadeklarowały, że energia jądrowa będzie fundamentem systemu energetycznego w kolejnych „10–20 latach”<sup>11</sup>. We wrześniu 2013 roku SNPTC (State Nuclear Power Technology Corporation) oceniło, że potrzebnych będzie 4–6 nowych jednostek rocznie do 2015 roku, następnie 6–8 jednostek w ramach kolejnego planu pięcioletniego (2016–2020) i 10 jednostek każdego roku po 2020 roku<sup>12</sup>.

Chińskie zdolności wytwórcze energii elektrycznej w następstwie rozwoju gospodarczego szybko wzrosły w ciągu ostatnich kilku lat, podwajając się w okresie 2005–2015. Chińskie władze planują trzykrotne zwiększenie mocy z EJ do 58 GW do 2021 i 150 GW do 2030 roku. Zdolności wytwórcze mają skokowo wzrosnąć przez połączenie mocy elektrowni węglowych, gazowych i OZE oraz EJ, która w roku 2040 ma stanowić około 7% *electricity mix* kraju<sup>13</sup>. Oczekuje się, że ilość zainstalowanych mocy wzrośnie w ciągu następnej dekady, aby sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich we wschodnich i południowych regionach kraju. Mimo to paliwa kopalne, które nadal stanowią trzy czwarte mocy zainstalowanej, utrzymają wysoki udział w bilansie elektryczności, a węgiel będzie dominował w produkcji energii elektrycznej (65% energii elektrycznej w 2014 r.).

<sup>8</sup> Zob. C.P. Zaleski, *op. cit.*, s. 15–16.

<sup>9</sup> Inna jednostka nadzoru to Narodowa Administracja Bezpieczeństwa Jądrowego (National Nuclear Safety Administration, NNSA) odpowiedzialna od 1984 r. za bezpieczeństwo jądrowe i pełniąca nadzór nad cywilną infrastrukturą jądrową w Chinach. Obecnie podlega China Atomic Energy Authority (CAEA), która jest organem regulacyjnym odpowiedzialnym m.in. za licencjonowanie wszystkich reaktorów jądrowych i innych obiektów, gospodarkę odpadami i ochronę radiologiczną oraz monitorowanie kontroli eksportu urządzeń i technologii jądrowej podwójnego zastosowania.

<sup>10</sup> Ł. Gacek, *Zielona energia w Chinach. Zrównoważony rozwój, ochrona środowiska, gospodarka niskoemisyjna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2015, s. 210.

<sup>11</sup> *Nuclear Power in China*, WNA, 29 July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>12</sup> *Ibidem*.

<sup>13</sup> Dwa duże projekty hydroenergetyczne to „Tama Trzech Przełomów” (18,2 GW) i „Tama Xiaolangdi na Żółtej Rzece” (15,8 GW).

Energia jądrowa odgrywa ważną rolę na wschodnim wybrzeżu – co zapewnia dostęp do dużej ilości wody, niezbędnej do chłodzenia elektrowni – gdzie gospodarka rozwija się bardzo szybko i występuje największe zapotrzebowanie na energię (zob. mapa 2)<sup>14</sup>. Po katastrofie elektrowni w Fukushima Rada Państwa podtrzymała decyzję o opóźnieniu budowy reaktorów w prowincjach w głębi kraju wobec wątpliwości związanych z ryzykiem zakłóceń w chłodzeniu reaktorów (ograniczona ilość wody dostępnej z rzeki w suchych porach)<sup>15</sup>.

Po awarii jądrowej w marcu 2011 roku w elektrowni Fukushima Daiichi w Japonii Chiny czasowo zawiesiły rządowe zatwierdzenia dla nowych elektrowni jądrowych aż do ukończenia przeglądów bezpieczeństwa wszystkich jednostek oraz do momentu zatwierdzenia nowych ram bezpieczeństwa przez Radę Państwa, która w październiku 2012 roku wznowiła wydawanie zezwoleń na budowę elektrowni atomowych.

Chiny aktywnie promują energię jądrową jako czyste i niezawodne źródło energii elektrycznej. Impulsem do zwiększenia udziału EJ w tym kraju jest wciąż gwałtownie rosnące zapotrzebowanie na energię oraz zanieczyszczenie powietrza przez elektrownie węglowe, co okazuje się szczególnie uciążliwe w dużych aglomeracjach miejskich w południowo-wschodniej części kraju. Problem zanieczyszczenia powietrza jest na tyle znaczący, że stanowi bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego, zważywszy, że skala emisji szkodliwych pyłów w największych ośrodkach miejskich już dawno kilkakrotnie przekroczyła zarówno krajowe, jak i międzynarodowe normy<sup>16</sup>.

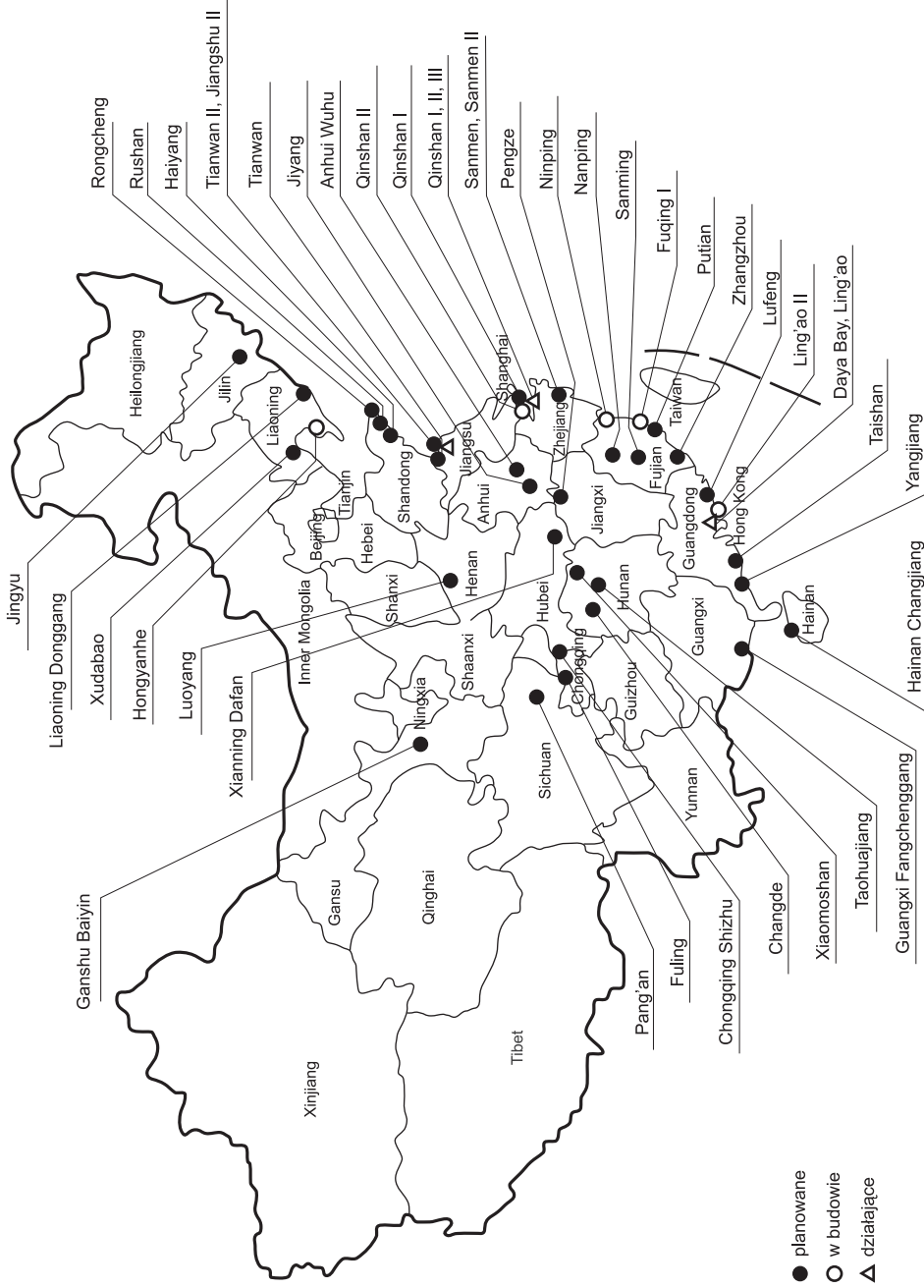
Chiny stały się w znacznym stopniu samowystarczalne w zakresie projektowania i konstrukcji reaktorów, a także innych urządzeń związanych z cyklem paliwowym, przez pełne wykorzystanie zachodniej technologii, przy jednoczesnym jej dostosowaniu i modyfikacji. Obecnie w Chinach największą grupę funkcjonalnych i zaprojektowanych reaktorów stanowią ciśnieniowe reaktory lekkowodne typu PWR (*Pressurized Water Reactor*). Także w sektorze EJ chińską strategię gospodarczą można określić mianem polityki *go global*, gdyż jest ona nakierowana na eksport cywilnej technologii jądrowej, w tym strategicznych komponentów w łańcuchu dostaw<sup>17</sup>. Władze dążą do tego, by narodowe koncerny stały się głównymi graczami w międzynarodowym przemyśle jądrowym. Połączenie państwowego State Nuclear Power Technology Corporation (SNPTC) z China Power Investment (CPI) ma wspomóc zdolności eksportowe rodzimej technologii. Chiny finansują badania i wysiłki rozwojowe, by ulepszyć własne projekty i techniki budowy, a także rozwinąć zdolności technologiczne wzbogacania paliwa jądrowego, jego przetwarzania oraz składowania

<sup>14</sup> Ł. Gacek, *op. cit.*, s. 125.

<sup>15</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 108.

<sup>16</sup> Ł. Gacek, *op. cit.*, s. 87–88.

<sup>17</sup> *Nuclear Power in China*, WNA, 29<sup>th</sup> July 2015.



**Mapa 2.** Lokalizacja elektrowni jądrowych w Chinach

Źródło: opracowanie własne.

odpadów. Chiny mają zdolność wzbogacania paliwa, aczkolwiek produkt ten jest dostępny na rynku globalnym po rozsądnych cenach, toteż Chiny go importują<sup>18</sup>.

**Historia chińskich badań nad technologią jądrową.** Sięga ona roku 1949, kiedy Chińska Akademia Nauk ustanowiła Instytut Fizyki Współczesnej pod kierunkiem znanego fizyka Qian Sanqianga uznawanego za ojca chińskiego programu jądrowego<sup>19</sup>. Qian wniósł wyjątkowy wkład do rozwoju nauki jądrowej oraz przyczynił się do skonstruowania bomby atomowej i wodorowej w ChRL. W 1950 roku w Pekinie utworzono Chiński Instytut Energii Jądrowej, który miał zaprojektować reaktor na ciężką wodę do połowy dekady. Perspektywa rozwinięcia komercyjnej cywilnej EJ, nie zaś tylko prac nad wojskowym zastosowaniem, pojawiła się w pierwszym chińskim planie pięcioletnim z 1953 roku, który podkreślał konieczność scentralizowanego rozwoju programu jądrowego zarządzanego przez rząd i firmy państwowe. W styczniu 1955 roku rząd jednak formalnie zdecydował o strategii równoległej budowy broni jądrowej. Utworzono biuro Uranium Geology i drugie ministerstwo Machine Building, później nazwane Ministerstwem Przemysłu Jądrowego (1956)<sup>20</sup>. Dzięki pomocy ZSRR Chiny zbudowały reaktory badawcze w pobliżu Pekinu i Lanzhou w 1956 roku oraz pierwszy reaktor badawczy na ciężką wodę i cyklotron w 1958 roku<sup>21</sup>. W kolejnych latach wzniesiono zakład gazowego wzbogacania metodą dyfuzji oraz uruchomiono kopalnię rud uranu w pobliżu Urumczy, a także rozpoczęto badania nad reaktorem lekkiej wody.

Sowieckie wsparcie we wczesnej fazie rozwoju chińskich badań jądrowych było bardzo duże. W latach 1955–1958 zawarto sześć porozumień

---

<sup>18</sup> Nawet gdyby Chiny zaprzestały importować wzbogacony uran z Ureco z Europy, od dostawców bilateralnych, np. Francji czy Minatom/Tenex z Rosji, i tak będą musiały sprowadzać większość rud uranu z zagranicy.

<sup>19</sup> Qian Sanqiang w 1937 r. udał się do Francji, gdzie studiował w Collège de Sorbonne i Collège de France, przeprowadzając badania pod okiem Frédérica Joliot-Curie i Irène Joliot-Curie. Po powrocie do Chin w 1948 r. wraz z żoną (też fizykiem jądrowym He Zehui), krótko po objęciu władzy przez partię komunistyczną (1949), nowy rząd dał chińskiemu fizykowi jądrowemu środki finansowe na zakup materiałów jądrowych i instrumentów koniecznych do wytworzenia bomby atomowej. Laureaci Nobla, Frédéric i Irene Joliot-Curie, którzy studiowali z Qianem, w Paryżu pomogli mu dokonać zakupu w Anglii i Francji. W 1954 r. wstąpił on do Komunistycznej Partii Chin. Pracował kolejno jako dyrektor Instytutu Fizyki Współczesnej w ramach Chińskiej Akademii Nauk, wiceminister w Ministerstwie nr 2 w przemyśle maszynowym, wiceprzewodniczący Chińskiej Akademii Nauk i honorowy przewodniczący Chińskiego Stowarzyszenia Nauki i Technologii.

<sup>20</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 191.

<sup>21</sup> O.A. Westad, *Brothers in Arms: The Rise and Fall of the Sino-Soviet Alliance, 1945–1963*, Stanford University Press, 1998, s. 157; A.H. Cordesman, *Chinese Strategy and Military Power in 2014: Chinese, Japanese, Korean, Taiwanese and US Perspectives*, Center for Strategic & International Studies, November 2014, s. 343.

chińsko-sowieckich dotyczących nauki, przemysłu, reaktorów i broni jądrowej<sup>22</sup>. W roku 1957 Chiny otrzymały potajemnie z ZSRR zapas sześćofluorku uranu ( $UF_6$ ), a sowieccy konstruktorzy pomogli Chińczykom zbudować samolot zdolny do przenoszenia broni jądrowej<sup>23</sup>. Chińscy naukowcy byli szkoleni w instytutach badawczych na terenie ZSRR w zakresie technologii jądrowej. Początkowo Moskwa niechętnie podchodziła do inicjatywy przekazania technologii jądrowych Chinom. Dzielili się przestarzałymi technologiami i nie chciała udzielać pomocy w budowie broni jądrowej. ZSRR konsekwentnie odmawiał też przekazania szczegółów konstrukcji broni jądrowej, co wzbudzało nieustanne tarcia między państwami. Współpraca w latach 1958–1960 była motywowana chęcią ZSRR ograniczenia amerykańskiej potęgi, zwłaszcza w obliczu ryzyka konfliktu o Cieśninę Tajwańską. Wobec nasilającego się konfliktu ideologicznego między Moskwą a Pekinem w 1960 roku ZSRR zaprzestał pomocy jądrowej dla Chin i nakazał radzieckim naukowcom powrót do kraju. Niemniej jednak zaangażowanie ZSRR wpłynęło skutecznie na rozwój chińskiego programu wojskowego<sup>24</sup>. Dzięki niemu 16 października 1964 roku Chiny zdetonowały pierwszą bombę atomową na pustyni Takla Makan w autonomicznym regionie Sinciang (chin. Xinjiang), a w 1972 roku rozpoczęły projekt badawczy budowy łodzi podwodnych o napędzie atomowym.

W latach 60. i 70. XX wieku chińska narodowa strategia nuklearna przekształcała się w program oparty na idei samowystarczalności, ukierunkowany na zbudowanie reaktora z wykorzystaniem własnej myśli konstrukcyjnej i krajowych źródeł paliwa<sup>25</sup>. Budowa pierwszego chińskiego komercyjnego reaktora rozpoczęła się w 1985 roku w pobliżu Szanghaju w odpowiedzi na gwałtowny wzrost zapotrzebowania na prąd elektryczny. Urządzenie było względnie małe (300 MWe), ale zbudowane przez chińskich inżynierów, przy czym aż 95% jego komponentów zostało wytworzonych w kraju.

Niewielki postęp i chęć przyspieszenia rozwoju chińskiego programu cywilnej energetyki jądrowej spowodowały, że został on otwarty na zagraniczne partnerstwo. Do budowy drugiego chińskiego reaktora jądrowego, która rozpoczęła się w 1987 roku w Daya Bay w pobliżu Shenzhen w prowincji Guangdong, rząd powołał konsorcjum (*joint venture*) Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company<sup>26</sup>. Konsorcjum wybrało na wykonawcę projektu

---

<sup>22</sup> K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 191.

<sup>23</sup> *Ibidem*.

<sup>24</sup> W 1964 r. w Lop Nor w prowincji Sinciang przeprowadzono pierwszy chiński test jądrowy. Chińska droga do atomu nie byłaby możliwa bez ścisłej współpracy z ZSRR w latach 50. XX w.

<sup>25</sup> W atmosferze narastającego konfliktu o pierwszeństwo w świecie komunistycznym ZSRR zerwał w 1959 r. porozumienie o dostawie do Chin technologii wojskowych i broni atomowej.

<sup>26</sup> Częściowo jego udziałowcem była firma z Hongkongu – China Light and Power (Hongkong był wówczas częścią Brytyjskiej Wspólnoty Narodów).



(zaprojektowanie, budowa i uruchomienie) elektrowni Daya Bay francuskiego giganta Électricité de France. Framatom został wybrany jako wykonawca dwóch reaktorów, a General Electric dostarczył turbiny prądotwórcze. Chińscy planiści używali w coraz większym stopniu importowanej technologii, chociaż krytycy uważali, że wpłynie to negatywnie na rozwój krajowego programu energetyki jądrowej.

**Geneza francusko-chińskiej współpracy w sektorze energetyki jądrowej.** Sięga przełomu lat 70. i 80. XX wieku, kiedy otwarcie Chin w wyniku reform gospodarczych przeprowadzonych przez Deng Xiaopinga umożliwiło EDF inwestycje w Kraju Środka<sup>27</sup>. Francja była pierwszym zachodnim państwem, które w 1964 roku nawiązało stosunki dyplomatyczne z komunistycznymi Chinami<sup>28</sup>. Rezultatem wizyty w maju 1975 roku ówczesnego chińskiego wicepremiera Deng Xiaopinga we Francji było *Porozumienie o współpracy w nauce i technologii* zawarte w 1978 roku, pierwsza umowa międzyrządowa w sprawie pokojowego wykorzystania energii jądrowej oraz współpracy naukowej i technologicznej, podpisana przez Chiny z krajem zachodnim<sup>29</sup>. Wkrótce, w 1982 roku, została podpisana umowa między francuskim Komisarjatem Energii Jądrowej (CEA) a chińskim Ministerstwem Przemysłu Jądrowego. W styczniu 1983 roku EDF zobowiązał się do wybudowania elektrowni jądrowej (900 MW) w Daya Bay. Współpraca przemysłowa stała się podstawą „strategii wzajemnego zaufania”. W ten sposób Francja dostarczyła do Chin *know-how*, a ukoronowaniem współpracy była budowa reaktorów opartych na technologiach francuskich – elektrowni Daya Bay (dwie jednostki francuskich PWR: 1993–1994) i Ling Ao (dwie jednostki: 2002, 2003) w prowincji Guangdong, w pobliżu Hongkongu<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> F. Torres, *Le chemin partagé. Une histoire d'EDF en Chine (1983–2011)*, François Bourin Editeur, Paris 2011, s. 354; *The Sino-French Connection*, [http://www.bjreview.com.cn/special/2014-01/20/content\\_591820\\_4.htm](http://www.bjreview.com.cn/special/2014-01/20/content_591820_4.htm) (dostęp: 25.03.2015).

<sup>28</sup> T. Młynarski, *Nuclear Energy in China: The Political and Economic Consequences of Strategic Partnership with France* [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Aspects of Contemporary Asia: Security and Economy*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2015, s. 94.

<sup>29</sup> J. Yi, *Five Decades of Sino-French Relations: Foundations for a New Relationship*, CIIS, 11<sup>th</sup> March, 2014, *China International Studies* January/February 2014, s. 45–63.

<sup>30</sup> *La coopération nucléaire franco-chinoise, Ambassade et section consulaire à Pékin – La France en Chine*, 9 février 2010, <http://www.ambafrance-cn.org/La-cooperation-nucleaire-franco-chinoise.html> (dostęp: 25.03.2015). EDF zarządzało budową od sierpnia 1987 r. z udziałem chińskich inżynierów, a działalność komercyjna dwóch jednostek Daya Bay rozpoczęła się w lutym i maju 1994 r. Zakład produkuje ok. 13 mld kWh rocznie, z czego 70% przekazywane jest do Hongkongu, a 30% do Guangdong. Reaktory Ling Ao Faza I to właściwie repliki sąsiednich jednostek Daya Bay. Budowa rozpoczęła się w maju 1997 r., a Ling Ao-1 rozpoczął komercyjną pracę w maju 2002 r. Ling Ao-2 został podłączony do sieci we wrześniu 2002 r.

Lata 90. XX wieku to czas wielu bilateralnych umów współpracy przemysłowej, technologicznej i naukowej w sektorze energetycznym<sup>31</sup>. Oba kraje wydały wspólny komunikat w 1997 roku, deklarując „globalne partnerstwo w perspektywie XXI wieku”. Współpracy przemysłowej towarzyszyła także kooperacja w dziedzinie badań i rozwoju, dzięki której 500 chińskich inżynierów i naukowców zostało wyszkolonych we Francji w ośrodkach badawczych CEA<sup>32</sup>.

26 listopada 2006 roku w Pekinie pod patronatem ówczesnych prezydentów Hu Jintao i Nicolasa Sarkozy'ego EDF rozpoczął negocjacje dotyczące umowy o współpracy z China General Nuclear Power Group (CGN ówczesny CGNPC), obejmującej budowę dwóch reaktorów EPR (1650 MWe) w Taishan w prowincji Guangdong<sup>33</sup>. Ostatecznie w sierpniu 2008 roku EDF i CGN zdecydowały o utworzeniu Taishan Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company Limited (TNPC). TNPC miała za zadanie nadzorować budowę, a następnie zarządzać inwestycją (EDF zachował 30% udziałów w TNPC). Jak określił to ówczesny prezydent Nicolas Sarkozy, obydwa kraje zdecydowały się „na strategiczną współpracę bez ograniczeń” – od budowy elektrowni po recykling paliwa<sup>34</sup>. Kontrakt Arevy na budowę dwóch reaktorów EPR w Taishan to największy kontrakt komercyjny w historii francuskiego przemysłu jądrowego, połączony z kontraktem na dostawy paliwa do 2026 roku oraz transfer technologii przetwarzania zużytego paliwa (wartość umowy to ok. 8 mld EUR)<sup>35</sup>. Budowa elektrowni w Taishan w południowych Chinach rozpoczęła się w październiku 2009 roku (pierwsze ciężkie elementy reaktora zostały dostarczone w kwietniu 2012 roku, a rozpoczęcie działalności komercyjnej planuje się na 2017 r.)<sup>36</sup>.

---

<sup>31</sup> T. Młynarski, *Strategiczne partnerstwo Francji i Chin w sektorze energetyki jądrowej* [w:] K. Pajak, J. Marszałek-Kawa (red.), *Polityka energetyczna państw Azji i Pacyfiku w XXI wieku*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2015, s. 76.

<sup>32</sup> *La coopération nucléaire franco-chinoise*, 9 juillet 2012, <http://www.ambafrance-cn.org/La-cooperation-nucleaire-franco-chinoise.html> (dostęp: 25.03.2014).

<sup>33</sup> F. Torres, *op. cit.*, s. 353.

<sup>34</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotowienia...*, s. 283–284.

<sup>35</sup> *China Energy Policy, Laws and Regulation Handbook*, Volume 1. *Strategic Information and Developments*, International Business Publications, Inc Ibp, 2015, s. 260; *Sino-French Nuclear Cooperation Aimed at Third-Party Market*, „Finance Daily News”, 9<sup>th</sup> December 2013, <http://www.finance-daily-news.com/2013/12/sino-french-nuclear-cooperation-aimed-at-third-party-market/sino-french-nuclear-cooperation-aimed-at-third-party-market.html> (dostęp: 5.03.2014).

<sup>36</sup> W grudniu 2009 r. powstała francusko-chińska spółka WECAN JV z siedzibą w Shenzhen (CGN 55% i Areva 45%), odpowiedzialna za prace inżynierskie i projektowanie reaktorów. Współpraca objęła także budowę w Chinach zakładu do recyklingu zużytego paliwa. We wrześniu 2011 r. otwarto francusko-chiński instytut szkolący inżynierów ds. energetyki jądrowej (IFCEN). Ponadto francuski Urząd Bezpieczeństwa Jądrowego (ASN) oraz Instytut Ochrony Radiologicznej i Bezpieczeństwa Jądrowego (IRSN) współpracuje z chińskimi partnerami

Głównym celem rządu stało się zdobycie niezbędnej wiedzy oraz możliwości zarządzania i kontroli wszystkich etapów cyklu paliwowego od wydobycia i oczyszczania uranu przez przetwarzanie paliwa, budowę elektrowni i zarządzanie nimi do ich likwidacji, tak by Chiny uzyskały samowystarczalność w zakresie technologii paliwowej do końca ostatniej dekady XX wieku.

Polityczne wsparcie dla EJ zostało zintensyfikowane po roku 2000. Kolejne plany 5-letnie zatwierdzały budowę coraz większej liczby reaktorów (2001–2005 – 8 reaktorów; 2006–2010 – 10 kolejnych reaktorów, plan 2010–2015 ustalił cel, by do końca 2020 zbudować 66 jednostek. Obecnie wiele z tych zakładów jest w trakcie budowy lub na deskach kreślarskich chińskich planistów, a rząd zobowiązał się do wydania miliardów USD na nowe elektrownie oraz podpisał kontrakty z korporacjami międzynarodowymi o wartości ponad 50 mld USD obejmujących prywatne inwestycje w sektor EJ<sup>37</sup>.

**Znaczenie ekonomiczne.** China Nuclear National Corporation (CNNC), państwowe przedsiębiorstwo założone w 1955 roku w Pekinie, jest firmą, której korzenie sięgają programu wojskowego, a mniejsza firma CGN ma większe doświadczenie w cywilnych projektach (od połowy lat 80. ubiegłego wieku)<sup>38</sup>. Prezydent i wiceprezes CNNC są mianowani przez premiera Rady Państwa. Firma nie jest jednak organem administracji rządowej, lecz samodzielnym podmiotem gospodarczym integrującym badania, rozwój technologii i handel międzynarodowy. Nadzoruje wszystkie aspekty cywilnych i wojskowych programów jądrowych w Chinach. Łączy produkcję broni nuklearnej z programem cywilnej EJ, uznając przemysł jądrowy za podstawę rozwoju energetyki i promowanie zróżnicowanej gospodarki.

W Chinach nastąpiła liberalizacja rynku energetycznego, co spowodowało, że CNNC musi konkurować z nowo utworzonym State Nuclear Technology Corporation (odpowiedzialnym za koordynację zagranicznych i krajowych inwestycji w sektorze jądrowym). Nuclear Power Policy Network (przemysł jądrowy) obejmuje 300 różnych przedsiębiorstw, a rządy lokalne i zagraniczni inwestorzy uzyskują coraz większą kontrolę nad chińskim programem jądrowym, co niektórzy określają nawet trendem w kierunku amerykańskiego modelu konkurencyjnego rynku<sup>39</sup>.

---

– Narodową Administracją Bezpieczeństwa Jądrowego (NNSA) oraz Centrum Bezpieczeństwa Nuklearnego (NSC). W trakcie wizyty premiera Francji Jeana-Marca Ayrault w Chinach (5–9 grudnia 2013) z okazji 30-lecia francusko-chińskiej współpracy w dziedzinie energii nuklearnej, konsorcjum Areva/Siemens podpisało kontrakt na dostawę technologii instrumentacji i kontroli do dwóch wodno-ciśnieniowych reaktorów o mocy 1000 Mwe – Fuqing 5 i 6.

<sup>37</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 192.

<sup>38</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 46.

<sup>39</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 205.

Od roku 2007 Pekin dąży do uczynienia z technologii jądrowych jednego z głównych produktów eksportowych. Dotychczas chiński eksport reaktorów jądrowych był ograniczony do niewielkiej elektrowni w Pakistanie (Qiaxi Ma). Chińczycy chcą wejść na światowy rynek i aby znaleźć odbiorców, gotowi są zaproponować bardzo korzystne warunki finansowania budowy. Problemem jest jednak brak zaufania do chińskiej technologii i standardów bezpieczeństwa. Chiny wciąż nie mają wiarygodnej marki konstruktorów i dostawców zaawansowanych technologii jądrowych. Wejście Chin na międzynarodowy rynek zostało opóźnione przez brak własnej technologii budowy reaktorów. Większość projektów realizowanych w Chinach opiera się na licencji Arevy (a ta z kolei na licencji Westinghouse)<sup>40</sup>. Areva podkreśla, że nadal jest właścicielem praw autorskich i nie chce, by Chiny eksportowały zmodyfikowany projekt reaktora, postrzegając ten kraj jako ważnego konkurenta na rynku<sup>41</sup>. Istnieją dwie chińskie wersje reaktora: CPR1000 dostarczony przez China General Nuclear (CGN) oraz CNP1000 wykonywany przez Chinese National Nuclear Company (CNNC)<sup>42</sup>. Konstrukcje te sięgają korzeniami około 45 lat wstecz i nie uzyskają licencji na działanie w Europie lub Ameryce Północnej. Chińska strategia zakłada więc dołączenie do globalnego rynku EJ przez wspólne projekty budowy reaktorów z wiarygodnymi dostawcami zachodnimi. Przykładem jest partnerstwo strategiczne francusko-chińskie przy budowie elektrowni w Wielkiej Brytanii. EDF oraz spółki jądrowe CGN i CNNC współpracują przy budowie elektrowni jądrowej w Hinkley Point. W projekcie francuski potentat EDF zachowa 45–50% udziałów, Areva – 10%, chińscy partnerzy CGN i CNNC

---

<sup>40</sup> Chińska cywilna myśl jądrowa w dużym stopniu korzysta z francuskich, rosyjskich i kanadyjskich technologii, aczkolwiek aż ok. 75% reaktorów w eksploatacji i w trakcie budowy opiera się w większym lub mniejszym stopniu na francuskich wzorcach konstrukcyjnych, za: *Areva Sets Sights on China for Growth*, Nuclear Energy Insider, 8<sup>th</sup> January 2014, <http://analysis.nuclearenergyinsider.com/supply-chain/areva-sets-sights-china-growth> (dostęp: 25.06.2015).

<sup>41</sup> Przez „absorpcję” technologii innych krajów chiński przemysł jądrowy mocno się rozwinął, a chińscy inżynierowie intensywnie pracowali nad modyfikacją zachodnich reaktorów, aby uwolnić się od ograniczeń wynikających z praw patentowych. Dzięki współpracy z Francją chińskie firmy nauczyły się w pełni wykorzystywać doświadczenie i osiągnięcia, tworząc chińską wersję reaktora CPR-1000, opartą na technologii PWR II generacji. Gdy Francuzi budowali reaktor nad zatoką Daya, Chińczycy dostarczali zaledwie 1% komponentów. W kolejnych projektach reaktorów Framatomu (Areva) udział strony chińskiej wzrósł do 30%. Kiedy chińskie technologie stanowiły dwie trzecie instalacji, a moc reaktora wzrosła do 1000 MW, uznano, że reaktor jest bardziej chiński niż francuski i nadano mu nazwę CPR-1000 (*Chinese Pressurized Reactor*).

<sup>42</sup> CPR-1000 jest ulepszoną wersją francuskiego reaktora PWR (900 MWe), Areva zachowuje jednak prawa własności intelektualnej, które ograniczają sprzedaż za granicą. Ulepszona wersja to Advanced CPR – ACPR-1000 – z pełnymi chińskimi prawami własności intelektualnej, uruchomiony przez CGNPC w listopadzie 2011 r. W styczniu 2012 r. CGN Areva i EDF zgodziły się w partnerstwie rozwijać reaktor III generacji w oparciu o CPR-1000, ACE-1000 (Areva CGN-EDF-000).

– łącznie 30–40%, a kolejne firmy obejmą łącznie do 15% udziałów<sup>43</sup>. Własna technologia, silna pozycja inwestycyjno-kapitałowa kraju i konkurencyjna cena sprawiają, że oferta chińskich firm stała się bardzo atrakcyjna<sup>44</sup>. Chiny okazują się jednym z głównych konkurentów dla dostawców technologii jądrowych, zmuszonych do obniżenia kosztów projektowania i budowy elektrowni. Chiny idą ścieżką Korei Południowej, która w latach 70.–80. XX wieku była biorcą technologii jądrowych, dziś natomiast stała się ich eksporterem (koreańskie KEPCO). Francja, zamiast konkurować, woli zatem tworzyć z chińskimi koncernami energetycznymi *joint venture*<sup>45</sup>. Budowa reaktorów przez konsorcjum francusko-chińskie będzie niewątpliwie demonstracją nowego typu partnerstwa biznesowego (łączącego doświadczenie technologiczne z dynamizmem inwestycyjnym) w krajach rozwiniętych, ale ułatwi także wejście na rynki Azji Południowo-Wschodniej oraz Bliskiego Wschodu i Afryki.

**Współpraca ze Stanami Zjednoczonymi.** Jej geneza sięga początku lat 80. XX wieku. Nie przyniosła ona jednak w tamtym okresie pożądanego skutku. 24 lipca 1985 roku prezydent Ronald Reagan przedstawił na forum Kongresu umowę *Agreement between the United States and the People's Republic of China Concerning Peaceful Uses of Nuclear Energy*, która była pierwszym porozumieniem na temat pokojowego wykorzystania energii nuklearnej z państwem komunistycznym, dysponującym jednocześnie bronią atomową<sup>46</sup>. Prezydent Stanów Zjednoczonych odniósł się wówczas do planów Chin związanych z rozbudową elektrowni jądrowych. Po siłowym stłumieniu demonstracji demokratycznych na placu Tiananmen w czerwcu 1989 roku Stany Zjednoczone zamroziły jednak współpracę z Chinami na tym polu. Dopiero w 2005 roku Westinghouse Electric Company przedłożyło propozycję budowy czterech reaktorów jądrowych w Chinach<sup>47</sup>. W połowie grudnia 2006 roku podpisano wstępne porozumienie otwierające korporacji Westinghouse/Toshiba drogę do podjęcia inwestycji w Chinach przez zakup czterech jednostek wraz z planami i *know-how* najnowszej generacji, III+ (AP-1000 po 1100 MWe mocy każdy), których

---

<sup>43</sup> Francusko-chińskie konsorcjum dostanie kontrakt gwarantujący stałą cenę (92,5 funta za megawatogodzinę) zakupu energii w perspektywie 35 lat. Elektrownia Hinkley Point ma zacząć działać w 2023 r.; Komisja Europejska do końca 2014 r. analizowała treść umowy pod kątem jej zgodności z zasadami pomocy publicznej, ostatecznie ją zatwierdzając.

<sup>44</sup> W maju 2013 r. Chińczycy złożyli atrakcyjną ofertę reaktora ACPR-1000+ Turcji, która jednak zdecydowała się na ofertę japońsko-francuską.

<sup>45</sup> Podczas wizyty prezydenta Chin Xi Jinpinga we Francji 25–28 marca 2014 r. szefowie francuskiej EDF i chińskiej CGN podpisali umowy o współpracy i strategicznym partnerstwie w zakresie inżynierii, eksploatacji i konserwacji elektrowni jądrowych oraz badań i rozwoju zaawansowanych technologii jądrowych, a także utylizacji i recyklingu zużytego paliwa nuklearnego. Chiny i Francja mają wiele zbieżnych interesów, które należy realizować w formule *win-win*.

<sup>46</sup> Ł. Gacek, *op. cit.*, s. 211.

<sup>47</sup> *Ibidem*, s. 211–212.

uruchomienie zaplanowano na 2016 rok. Ważnym elementem wspomnianego porozumienia było jednak wyrażenie przez Westinghouse zgody na transfer technologii do Chin, co miało umożliwić stronie chińskiej modyfikację konstrukcji i eksport nowej jednostki CAP-1400, który powstał z myślą o rynkach zagranicznych (CAP-1400, stanowiącego chińskie rozwinięcie AP-1000)<sup>48</sup>. Kontrakt z Westinghouse dobrze obrazuje zmianę strategii działania władz Chin w odniesieniu do pozyskiwania technologii z zagranicy dla głównych gałęzi przemysłu<sup>49</sup>. Do początku XX wieku najpopularniejszą formą inwestycji w Chinach były bowiem spółki *joint venture*, dzięki którym – ze względu na obecność chińskiego partnera – rysowała się możliwość uzyskiwania w sposób pośredni dostępu do wiedzy i zaawansowanej technologii<sup>50</sup>. Po 2000 roku o tym, czy zagraniczny inwestor otrzyma zamówienie na rynku chińskim, decyduje natomiast jego skłonność do udostępnienia Chinom własnej technologii produkcyjnej, która podlega później bardziej lub mniej uzgodnionym modyfikacjom, „stając się” chińską technologią.

Niedługo później CGN zakupiło dwa reaktory EPR od koncernu Areva, modyfikując go w jednostkę ACP-1000, uboższą wersję jednostki francuskiej. Dwa ACP1000 zostały zamówione przez Pakistan (budowę planowano na 2015 rok). Obie firmy (CGN z jednostką ACP-1000 i CNNC z jednostką ACPR-1000) połączyły swoje siły w celu konstrukcji nowego typu reaktora III generacji Hualong One<sup>51</sup>.

Chiny współpracowały także z rosyjskim Atomstroyexportem, który był generalnym wykonawcą i dostawcą sprzętu dla elektrowni Tianwan 1 i 2 wykorzystujących wersję sprawdzonego reaktora WWER-1000. Od 2009 roku Energoatom jest odpowiedzialny za utrzymanie jednostki Tianwan 3 i 4 (tej samej wersji reaktora WWER-1000). W maju 2014 roku Chińska Agencja Energii Atomowej (China Atomic Energy Authority, CAEA) podpisała umowę z Rosatomem o współpracy przy budowie pływających kogeneracyjnych elektrowni jądrowych (*Floating Nuclear Cogeneration Plants*, FNPP) dla chińskich wysp. Zostaną one zbudowane w Chinach, ale z wykorzystaniem rosyjskiej technologii, a być może z użyciem rosyjskich reaktorów (KLT-40) i rosyjskich dostaw paliwa (TVEL).

<sup>48</sup> U.S.-Chinese Agreement Provides Path to Further Expansion of Nuclear Energy in China, Department of Energy, <http://energy.gov/articles/us-chinese-agreement-provides-path-further-expansion-nuclear-energy-china> (dostęp: 25.07.2015).

<sup>49</sup> Do reaktora CAP-1400 Chiny zachowały prawa patentowe (80% technologii wytworzono w Chinach). Współpracę na rzecz rozwoju energii jądrowej z Chinami podjęły także m.in. Rumunia, RPA, Tajlandia, Turcja.

<sup>50</sup> Ł. Gacek, *op. cit.*, s. 212.

<sup>51</sup> China Starts Building First Hualong One Unit, WNN, 7<sup>th</sup> May 2015, <http://www.world-nuclear-news.org/NN-China-starts-building-first-Hualong-One-unit-0705154.html> (dostęp: 25.08.2015). Chiny aktywnie promują reaktor Hualong w ok. 20 krajach, w tym w Wielkiej Brytanii, Argentynie, Egipcie i innych krajach w Europie, Ameryce Łacińskiej, Afryce i Azji Południowej.

W 1998 roku także kanadyjska Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) dookończyła budowę trzeciego etapu fabryki Qinshan. We wrześniu 2005 roku AECL podpisała umowę z CNNC na rozwój technologii, który otworzy możliwość dostarczania kolejnych reaktorów CANDU-6 i współpracy przy cyklu paliwowym. Umowa ta została zawarta ze spółką zależną CNNC – Chińskim Instytutem Energetyki Jądrowej (Nuclear Power Institute of China, NPIC). Od 2008 roku koncentruje się na wspólnym rozwoju *Advanced CANDU Reactor Fuel Cycle* (ACR).

Chiny są coraz bardziej aktywne na międzynarodowym rynku dostaw cywilnych technologii jądrowych. Chińskie koncerny budują dwie nowe jednostki PWR (CNP-300) w Pakistanie (elektrownia w Chasma), finansując 82% kosztów budowy<sup>52</sup>. W 2013 roku CNNC ogłosiło porozumienie eksportowe dla pakistańskiej elektrowni w Karaczi<sup>53</sup>. W maju 2014 roku rumuńska Nuclearelectrica podpisała umowę z CGN, dotyczącą sprawdzenia możliwości budowy dwóch nowych reaktorów w Cernavodzie, gdzie obecnie pracują dwa reaktory CANDU<sup>54</sup>. W lipcu 2014 roku ramowe porozumienie zostało podpisane przez prezydentów Chin i Argentyny. Dotyczyło budowy reaktora Atucha 3 (typ PHWR). CNNC zapewni większość urządzeń i usług technicznych w ramach długoterminowego finansowania. CANDU Energy będzie podwykonawcą CNNC. SNPTC zaoferowało reaktor CAP1400 Turcji i RPA. CNEC (China Nuclear Engineering Group Corporation), państwowe przedsiębiorstwo oraz jednostka inwestycyjna projektów jądrowych, promuje chińskie technologie w Dubaju, Zjednoczonych Emiratach Arabskich, Arabii Saudyjskiej, RPA i Indonezji, a z niektórymi z nich podpisała umowy współpracy. Chiny z ofertą reaktorów III generacji Hualong One oraz CAP-1400 są poważnym kandydatem na poważnego gracza na światowym rynku dostawców cywilnych technologii jądrowych, ale brakuje im w pełni rozwiniętego projektu reaktora, który spełniałby współczesne standardy i był uznany przez zachodnich regulatorów. Chińskie plany obejmują nie tylko rozwój rynku wewnętrznego, gdzie niska cena może być ważniejsza niż standardy bezpieczeństwa, ale także ambicje stworzenia własnej oferty na rynek globalny. ChRL gromadzi strategiczne i komercyjne zapasy uranu przez zagraniczne zakupy i rozwój krajowej produkcji w Mongolii Wewnętrznej i Sinciang<sup>55</sup>. Chiny są również w trakcie budowy zakładów przetwarzania paliwa nuklearnego, które mają być uruchomione w 2017 roku<sup>56</sup>.

**Czynniki historyczne.** Do rozwoju energetyki jądrowej w Chinach niewątpliwie przyczynił się wojskowy program badań jądrowych. Władza komunistyczna

---

<sup>52</sup> *Nuclear Power in China*, WNA, August 2015.

<sup>53</sup> *Ibidem*.

<sup>54</sup> *Ibidem*.

<sup>55</sup> *China*, CAB, EIA, 2015.

<sup>56</sup> *Ibidem*.

była przekonana, że chińscy inżynierowie i naukowcy mogą skutecznie wykorzystać zachodnią technologię do realizacji krajowych potrzeb, rozwijając własne *know-how*. Istniało też silne powiązanie między badaniami nad energią jądrową w Chinach a planami uprzemysłowienia i poprawy sytuacji gospodarczej w tym kraju.

Współcześnie chiński rozwój energetyki jądrowej nie wiąże się z aspiracjami wojskowymi, ale jest postrzegany jako narzędzie służące do poprawy bezpieczeństwa energetycznego oraz środowiskowego. Impuls do zwiększenia udziału energetyki jądrowej w Chinach w coraz większym stopniu wynika z poziomu zanieczyszczenia powietrza przez elektrownie węglowe. W przeszłości rząd był zainteresowany energetyką jądrową wskutek niedostatku energii. Teraz jest bardziej zainteresowany z powodu smogu<sup>57</sup>. W ocenie chińskich decydentów energetyka jądrowa to czyste i dostępne źródło energii mające zdolność skutecznego przeciwdziałania zmianom klimatu.

Chiny stały się w znacznym stopniu samowystarczalne w zakresie projektowania i budowy reaktorów, a także innych części cyklu paliwowego (z wykorzystaniem zachodnich technologii), a przez to – pozostają ważnym graczem w globalnym przemyśle jądrowym. Celem polityki jądrowej Chin jest *go global*, czyli eksport wysokich technologii przeznaczonych do siłowni jądrowych i zdobycie ugruntowanej pozycji na światowym rynku EJ. ChRL brakuje jednak wiarygodności jako dostawcy. Współpraca przy budowie reaktorów w krajach trzecich z Francją czy innymi dostawcami, na przykład Westinghouse, ma zapewnić wzrost zaufania do chińskiego *know-how*.

Katastrofa w Fukushima nie zmniejszyła entuzjazmu rozwoju EJ w Chinach, chociaż władze odpowiedziały natychmiastowym zawieszeniem budowy nowych elektrowni, a istniejące zakłady przeszły przez rygorystyczne inspekcje bezpieczeństwa. Wprowadziło to umiarkowane opóźnienia w chińskich planach budowy nowych elektrowni, ale nie wpłynęło znacząco na państwowe ambicje jądrowe<sup>58</sup>. Oceniając chińskie aspiracje rozwoju EJ, należy zauważyć, iż wprawdzie rząd chiński dysponuje możliwością zlokalizowania elektrowni jądrowej bez konsultacji społecznych i może udostępnić firmom jądrowym ziemię i dostawy po niskich kosztach, ale budowa tylu reaktorów w tak szybkim tempie sprawia, że chińskie ambicje mogą być trudne do zrealizowania lub mogą się spełnić kosztem bezpieczeństwa elektrowni<sup>59</sup>.

---

<sup>57</sup> Nadal aż dwie trzecie energii elektrycznej w Chinach jest produkowane w elektrowniach węglowych. Według Światowego Stowarzyszenia Węgla (World Coal Association) w Chinach działa ponad 620 elektrowni węglowych.

<sup>58</sup> Odnotowuje się istotne opóźnienia budowy reaktorów od 18 do 30 miesięcy, m.in. na skutek wzrostu kosztów, modyfikacji w projektach, uszkodzeń komponentów.

<sup>59</sup> W 2009 r. szef CNNC został zatrzymany za korupcję. Po tym skandalu Chiny zwiększyły liczbę inspektorów jądrowych z 200 do ponad 1000, demonstrując chęć współpracy z inspektorami międzynarodowymi.



## 5.2. Indie – rozwój energetyki jądrowej wbrew embargu na pomoc technologiczną

Zużycie energii pierwotnej w Indiach podwoiło się w latach 1990–2011, a uzależnienie Indii od importu zasobów energii systematycznie rośnie. Według BP Energy Outlook 2015 do roku 2035 w Indiach nastąpi wzrost konsumpcji energii o około 128%. Krajowy *energy mix* ewoluuje bardzo powoli, stąd szacuje się, że w omawianej perspektywie czasowej paliwa kopalne wciąż będą wypełniać 87% zapotrzebowania na energię. Ropa pozostanie paliwem dominującym (36%), dużą rolę będą także odgrywać gaz (30%) i węgiel (21%). Emisja CO<sub>2</sub> z konsumpcji energii wzrośnie o 115%<sup>60</sup>. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Indiach od 1990 roku potroiło się (2013), a prognozy wskazują, że zużycie energii elektrycznej na mieszkańca w 2020 roku podwoi się! Z elektrowni jądrowych pochodzi około 3,5% całkowitej mocy wytwórczych prądu elektrycznego, ale władze zamierzają zwiększyć tę liczbę do 25% do roku 2050 (rys. 17). Wciąż jednak jedna trzecia populacji tego kraju nie została podłączona do sieci elektrycznej<sup>61</sup>.

Energetyka jądrowa do celów cywilnych jest dobrze rozwinięta w Indiach. Znajduje się tam 21 reaktorów jądrowych o mocy 5,3 GW (2014) obsługiwanych przez państwowe przedsiębiorstwo Nuclear Power Corporation of India, NPCIL (kolejne 6 reaktorów o mocy 4,3 GW jest w trakcie budowy i ma zostać uruchomione do 2017 r.)<sup>62</sup>. Indyjska Komisja Energii Atomowej (AEC) to główny organ kreujący politykę rozwoju EJ. W lipcu 2014 roku nowy premier Narendra Modi wezwał Departament Energii Atomowej (DAE) do zwiększenia mocy energii jądrowej do 17 GW do 2024 roku, a do 63 GW do 2032 roku. Podkreślił również wagę utrzymania ekonomicznej konkurencyjności energii jądrowej wobec innych źródeł czystej energii. Indie są samodzielne w cyklu paliwowym jądrowym i z sukcesem rozwinęły krajową myśl technologiczną EJ<sup>63</sup>.

Indyjskie zasoby uranu są skromne i nieekonomiczne w eksploatacji, niewystarczające do pokrycia krajowego zapotrzebowania, które w ostatnich latach

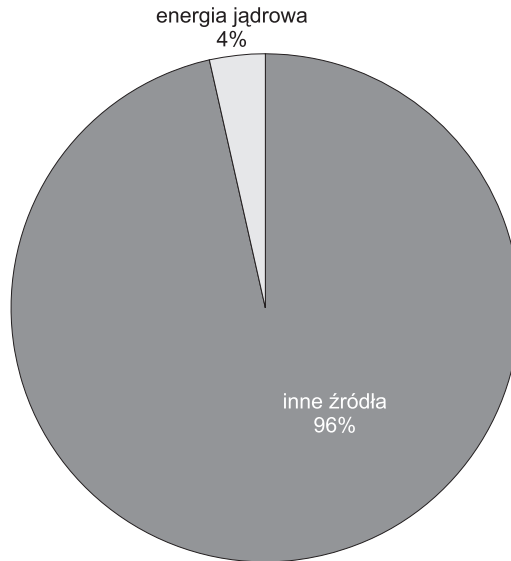
---

<sup>60</sup> *Nuclear Power in India*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/India> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>61</sup> Indie mają pięć sieci elektroenergetycznych zarządzanych przez państwowe PowerGrid Corporation of India Ltd (PGCI): północną, wschodnią, północno-wschodnią, południową i zachodnią. Wszystkie, z wyjątkiem południowej, są w pewnym stopniu połączone z sobą.

<sup>62</sup> *Ustawa o energii atomowej z 1962 r. zakazuje prywatnej własności w sektorze EJ, choć pozwala na inwestycje mniejszościowe. Pod koniec 2010 r. rząd nie miał zamiaru zmieniania tego stanu prawnego.*

<sup>63</sup> *Nuclear Power in India*, WNA, August 2015.



**Rys. 17.** Produkcja energii elektrycznej w Indiach [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 5.08.2015).

było wypełniane w dwóch trzecich<sup>64</sup>. W grudniu 2014 roku 40% elektrowni jądrowych działało, wykorzystując importowany uran, pozostałe zaś opierały się na rodzimych zasobach, ale działały poniżej swoich rzeczywistych mocy ze względu na niewystarczające dostawy rodzimego surowca. Indie posiadają za to bogate złoża toru, który może zasilać bardziej zaawansowane reaktory.

Ze względu na wcześniejsze zakazy handlu i brak rodzimych zasobów uranu Indie systematycznie rozwijają cykl paliwa jądrowego oparty na torze i zamierzają uruchomić reaktory na tor pod koniec drugiej dekady XXI wieku z uwagi na dostępność zasobów tego minerału. Rząd ma trzyetapowy plan rozwoju energetyki jądrowej. Polega on na stopniowym przejściu (do 2050 r.) od reaktorów na paliwo uranowe do reaktorów wykorzystujących inne materiały rozszczepialne (takie jak tor). Zaangażowanie Indii w nową technologię, rozwinięcie cyklu paliwowego opartego na torze będzie wyróżniać Indie spośród innych krajów korzystających z EJ w XXI wieku<sup>65</sup>. Indie chcą się stać

<sup>64</sup> Indie mają rezerwy rud uranu, ale są one nisko skoncentrowane i mało dostępne, dlatego ten kraj importuje wzbogacony uran – głównie z Francji, Chin i Rosji. Braki paliwowe spowodowały opóźnienie w otwarciu nowych elektrowni w Radżastanie i Karnatace.

<sup>65</sup> W przeciwieństwie do uranu tor występuje w przyrodzie głównie w postaci jednego izotopu,  $^{232}\text{Th}$ . W wyniku pochłonięcia neutronu przez jądro atomowe  $^{232}\text{Th}$  następuje reakcja

światowym liderem w technologii jądrowej ze względu na wiedzę z zakresu cyklu paliwowego opartego na tym pierwiastku.

Energia jądrowa ma długą historię w kraju i sięga połowy lat 50. XX wieku. Indyjski rząd rozpoczął inwestowanie w energię jądrową już w 1945 roku, dwa lata przed uzyskaniem niepodległości (od Brytyjczyków), kiedy utworzył Tata Institute of Fundamental Research<sup>66</sup>. Dyrektorem tej jednostki naukowo-badawczej został znany fizyk Homi J. Bhabha. W latach 30. XX wieku studiował na Uniwersytecie w Cambridge razem z jednym z najsłynniejszych naukowców w dziedzinie chemii i fizyki Ernestem Rutherfordem, a po powrocie do kraju przekonał firmę Tata (jednego z gigantów przemysłowych Indii), by zainwestowała fundusze w utworzenie centrum badań nad fizyką jądrową<sup>67</sup>. W 1948 roku pierwszy premier Indii Jawaharlal Nehru przed zgromadzeniem parlamentarnym opowiedział się za rozwojem EJ, przedstawiając jej zalety. W tym samym roku powołano ciało doradcze (Atomic Energy Commission) w ramach indyjskiego Ministerstwa Zasobów Naturalnych i Badań Naukowych w celu zbadania możliwości realizacji atomowych ambicji. W 1954 roku utworzono samodzielne ministerstwo – Department of Atomic Energy – kierowane przez Bhabhę. W 1955 roku Indie rozpoczęły budowę pierwszego reaktora badawczego dzięki brytyjskiej technologii i dostawom wzbogaconego uranu. Reaktor Apsara został uruchomiony 4 sierpnia 1965 roku<sup>68</sup>. W kolejnych latach Indie rozwinęły współpracę z Kanadą, która w 1954 roku zgodziła się dostarczyć na subkontynent reaktor badawczy (znany jako *Canadian-Indian Reactor*, U.S.-CIRUS). Dar przywieziono w ramach programu pomocowego Wspólnoty Narodów (*Colombo Plan*), którego celem było promowanie społeczno-gospodarczego rozwoju w Azji Południowej i Południowo-Wschodniej (opierał się on na modelu planu Marshalla)<sup>69</sup>. Reaktor badawczy CIRUS został przekazany pod warunkiem, że będzie używany wyłącznie w celach pokojowych<sup>70</sup>. Stany Zjednoczone dostarczyły ciężką wodę do reaktora CIRUS. Rozpoczął on pracę 10 lipca 1960 roku. Ponadto w roku 1955 Stany Zjednoczone zaprosiły ponad 110 indyjskich naukowców do udziału w szkoleniach między innymi w Argonne Laboratory School of Nuclear Science and Engineering.

---

jądrowa i powstaje radioaktywny izotop <sup>233</sup>Th. Otrzymany z toru rozszczepialny izotop uranu U-233 jest znakomitym paliwem jądrowym, nadającym się do budowy broni atomowej.

<sup>66</sup> *Tata Institute of Fundamental Research*, <http://www.tifr.res.in> (dostęp: 25.07.2015).

<sup>67</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 209.

<sup>68</sup> *Apsara Research Reactor*, <http://www.nti.org/facilities/818> (dostęp: 20.12.2015).

<sup>69</sup> Reaktor badawczy CIRUS był zbudowany na wzór reaktora Chalk River NRX (nie CANDU). *Nuclear Power in India*, Updated 8<sup>th</sup> August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/India> (dostęp: 20.10.2015).

<sup>70</sup> Dar miał utorować drogę dla przyszłej sprzedaży reaktorów. Kanada sprzedała dwa reaktory CANDU (w 1963 i 1966 r.). W rezultacie współcześnie w Indiach operuje kilka „technologicznych klonów” tego typu reaktorów.

Pomoc amerykańska i kanadyjska była kontynuowana w latach 60. XX wieku. W kwietniu 1961 roku Indie rozpoczęły budowę zakładu przetwarzania zużytego paliwa celem wydzielania plutonu. Zakład został częściowo zaprojektowany przez amerykańską firmę Vitro International<sup>71</sup>. W 1964 roku Stany Zjednoczone i Indie podpisały umowę dotyczącą budowy pierwszego reaktora w elektrowni Tarapur (w stanie Maharashtra, 100 km od Bombaju). Budowa jednostek 1 i 2 rozpoczęła się w październiku 1964 (reaktory typu BWR zostały dostarczone przez General Electric), a zakończyła 28 października 1969 roku – wówczas elektrownia rozpoczęła pracę. Stany Zjednoczone zobowiązały się dostarczać wzbogacony uran dla Tarapur przez 30 lat, ale dostawy wstrzymano po testach broni w 1974 roku.

Ustanowienie w 1957 roku Agencji Energii Atomowej w Trombay niedaleko Bombaju (gdzie znajdował się reaktor CIRUS), przemianowanej na Bhabha Atomic Research Centre (BARC), przyspieszyło prace nad pierwszym ciężkowodnym (ciężka woda jest moderatorem i chłodziwem) reaktorem ciśnieniowym (PHWR), który powstał we współpracy indyjskiego Nuclear Power Corporation of India (odpowiedzialnego za projektowanie, budowę, rozruch i eksploatację ciepłych elektrowni jądrowych) z kanadyjską Atomic Energy of Canada. Kanada zgodziła się pomóc Indiom w rozwoju reaktora energetycznego znanego jako Rajasthan Atomic Power Plant (RAPP-1) i dostarczyła połowę potrzebnego paliwa uranowego. W 1964 roku wybór padł na ciśnieniowy reaktor na ciężką wodę, ponieważ nie wymagał on tyle uranu, ile inne konstrukcje. Dwie małe kanadyjskie jednostki (CANDU typu PHWR) w Radżastanie rozpoczęły pracę w 1972 i 1980 roku.

Zagraniczna pomoc umożliwiła Indiom uzyskanie szczegółowych danych projektowych i konstrukcyjnych elektrowni jądrowych moderowanych ciężką wodą. Kanada dodatkowo zgodziła się w grudniu 1966 roku zaoferować pomoc w zakresie projektowania i budowy drugiego reaktora RAPP-2 w Radżastanie, a Amerykanie dostarczali pluton do celów badawczych<sup>72</sup>. Te transfery były znaczące dla rozwoju indyjskiego programu jądrowego, Indie bowiem nie mogły samodzielnie rozwinąć programu nuklearnego.

Indie należały także do pierwszych partnerów Francji w cywilnej współpracy jądrowej. W 1951 roku obydwa kraje podpisały umowę obejmującą badania nad berylem wykorzystywanym w przemyśle nuklearnym<sup>73</sup>. W 1956 roku została podpisana umowa o pełnej współpracy dotyczącej użycia energii atomowej do celów pokojowych. Dalsze szczegółowe umowy parafowano

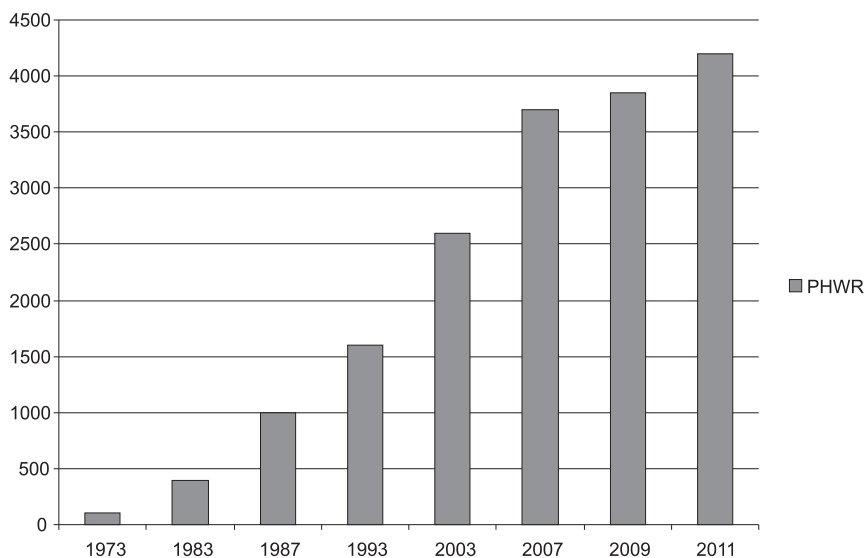
---

<sup>71</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*, „International Security” 2009 (Summer), vol. 34, no. 1, s. 17.

<sup>72</sup> *Ibidem*.

<sup>73</sup> M. Schneider, *Nuclear France Abroad: History, Status and Prospects of French Nuclear Activities in Foreign Countries*, Paris 2009, s. 17.

w 1969 roku (dotyczyła zakładu produkcji ciężkiej wody i reaktora typu *fast breeder* w Kalpakkam) oraz w 1971 roku (dotyczyła ogólnej współpracy). Reaktory typu *fast breeder* (*Fast Breeder Reactor*, FBR) szczególnie sprzyjają proliferacji, ponieważ wytwarzają pluton klasy wojskowej jako produkt uboczny<sup>74</sup>. Mimo że Indie przekształciły *know-how*, instalacje i materiały z celów pokojowych na wojskowe oraz dokonały testów broni jądrowej w 1974 roku, Francja kontynuowała współpracę, podpisując nowe umowy o dostawach wzbogaconego uranu (1976). W 1982 roku zawarła umowę na dostawy paliwa dla dwóch reaktorów w Tarapur<sup>75</sup>. Prawdopodobnie Francja dostarczyła również paliwo do dwóch zakładów w Radżastanie po 1989 roku<sup>76</sup>.



**Rys. 18.** Zainstalowane moce reaktorów w Indiach [MWe] (do 2011)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WNA 2015.

<sup>74</sup> T.B. Cochran, H.A. Feiveson, Z. Mian, M.V. Ramana, M. Schneider, F.N. von Hippel, *It's Time to Give up on Breeder Reactors*, „Bulletin of the Atomic Scientist”, May/June 2010, s. 53–54, [http://www.princeton.edu/sgs/publications/articles/Time-to-give-up-BAS-May\\_June-2010.pdf](http://www.princeton.edu/sgs/publications/articles/Time-to-give-up-BAS-May_June-2010.pdf) (dostęp: 15.09.2015).

<sup>75</sup> M. Schneider, A. Froggatt, S. Thomas, *The World Nuclear Industry Status Report 2010–2011. Nuclear Power in a Post-Fukushima World: 25 Years After the Chernobyl Accident*, Paris–Berlin, Worldwatch Institute, Washington, April 2011, s. 55.

<sup>76</sup> *Ibidem*, s. 17.

Rozwój energetyki jądrowej w Indiach był ograniczony w latach 70. i 80. XX wieku ze względu na trudności w zakupie paliwa i części, co stanowiło następstwo wprowadzenia międzynarodowego embarga na materiały jądrowe na skutek przeprowadzenia przez Indie testów broni jądrowej. 18 maja 1974 roku zdetonowano 12-kilotonową bombę jądrową na pustyni w Radżastanie. Była ona zbudowana z użyciem plutonu z reaktora badawczego podarowanego przez Kanadę w 1956 roku. Test jądrowy wzbudził falę krytyki, a Kanadę oskarżono o eksport materiałów jądrowych. Odpowiedź Kanady i Stanów Zjednoczonych była bardzo zdecydowana. Kanada oskarżyła indyjskich naukowców o przekształcenie materiałów z dostarczonego przez Kanadyjczyków reaktora CIRUS pomimo otrzymanych gwarancji, że będzie on użyty wyłącznie do celów cywilnych.

Eksplozja została skrytykowana na całym świecie, a większość krajów (również Kanada) zaprzęstała pomocy technicznej dla Indii. Te szybko zbudowały zakład wydzielania plutonu ze zużytego paliwa i opracowały własne reaktory jądrowe na podstawie projektu CIRUS. Dało to Indiom źródło plutonu, który można było użyć do produkcji bomby atomowej<sup>77</sup>.

W 1976 roku Stany Zjednoczone przyjęły ustawodawstwo pozbawiające Indie określonych rodzajów gospodarczej i wojskowej pomocy. Strategia Indii została ukierunkowana na całkowite uniezależnienie się w jądrowym cyklu paliwowym, a dalszy rozwój programu jądrowego tego kraju przebiegał bez pomocy technicznej i paliwowej innych państw. Kilka lat później prezydent Jimmy Carter doprowadził do przyjęcia *Nuclear Non Proliferatiuon Act* z zamiarem, by Indie nie mogły otrzymywać dostaw materiałów jądrowych ani paliwa. W konsekwencji musiały one działać bez gwarantowanych dostaw uranu oraz pomocy z zagranicy, co doprowadziło do bardzo niskiej efektywności operacyjnej jednostek przy produkcji prądu elektrycznego w porównaniu z międzynarodowymi standardami (60% wobec średniej 85% *capacity factor*)<sup>78</sup>. Reaktory jądrowe w Indiach mają najniższą wydajność wśród krajów, gdzie działają więcej niż dwie jednostki.

Testy broni jądrowej doprowadziły po 1974 roku do zakończenia współpracy jądrowej z większością państw, w tym z Kanadą, testy zaś z 1998 roku były szokiem dla międzynarodowej społeczności i spowodowały nową fazę niestabilności w regionie, skutkując podobnymi działaniami przeprowadzonymi przez

---

<sup>77</sup> 1974: *Canada Blamed for India's 'Peaceful' Bomb*, <http://www.cbc.ca/archives/categories/science-technology/energy-production/candu-the-canadian-nuclear-reactor/indias-peaceful-bomb.html> (dostęp: 25.07.2015). 11 i 13 maja 1998 roku Indie dokonały detonacji pod ziemią, przyznając się światu, że mają bombę jądrową. W ciągu miesiąca Pakistan odpowiedział własnymi testami.

<sup>78</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 210.

Pakistan<sup>79</sup>. Sankcje międzynarodowe zostały nałożone na obydwa kraje. Taki stan rzeczy zmienił się w trakcie urzędowania prezydenta George'a W. Busha w 2005 roku, kiedy ustalono ramy dla umowy „123” USA–Indie w następstwie intensywnego lobbingu sektora jądrowego. MAEA w sierpniu 2008 roku przyjęła „porozumienie bezpieczeństwa” z Indiami. We wrześniu 2008 roku NSG zatwierdziła wyjątek od własnych zasad dla Indii, stąd mimo że nie są one sygnatariuszem NPT (utrzymują broń jądrową oraz odmawiają poddania się pełnym rygorom bezpieczeństwa), uzyskały zgodę na współpracę i handel technologiami jądrowymi z innymi krajami. Powodem odstępstwa od zasad nieprolifracji były względy geopolityczne i handlowe (zbudowanie przeciwwagi dla rosnącej roli Chin w regionie).

W czerwcu 2014 roku Indie ratyfikowały dodatkowy protokół do „porozumienia bezpieczeństwa” z MAEA, dzięki czemu 14 reaktorów cywilnych będzie poddanych kontrolom i monitoringowi MAEA (kompleksowej weryfikacji materiałów jądrowych pod kątem zastosowania do zadeklarowanych celów). Kilka reaktorów służących do celów wojskowych pozostaje jednak poza nadzorem społeczności międzynarodowej.

**Czynniki historyczne.** Rozwojowi indyjskiego programu nuklearnego sprzyjała między innymi strategia skoncentrowana na rozwoju broni jądrowej łącznie z reaktorami cywilnymi. W Indiach cele wojskowe i cywilny użycia technologii jądrowych zostały zintegrowane; dążono do rozwinięcia technologii jądrowej „do wszystkich rodzajów zastosowań”. Ta kombinacja wojskowego i cywilnego zastosowania była strategiczna, a Indie są przykładem rozwoju cywilnego programu jądrowego, który rozszerzył się na obszar wojskowy. Przemysł cywilny był zmuszony do zbudowania sojuszu z lobby wojskowym, aby zyskać dofinansowanie rządu, który chciał zademonstrować zdolność wytworzenia wysoko zaawansowanej technologii wkrótce po zerwaniu zależności kolonialnej (aby zbudować wizerunek samodzielnego postępowego państwa)<sup>80</sup>.

Energia jądrowa stanowiła dla ponadmiliardowej społeczności nadzieję na dostęp do taniej elektryczności oraz warunków gospodarczego i przemysłowego rozwoju. Jednocześnie społeczeństwo borykało się z podstawowymi problemami, jak dostęp do wody pitnej, sieci sanitarnych, opieki zdrowotnej, edukacji, dlatego problemy środowiskowe i ekologiczne związane z rozwojem cywilnego programu EJ nigdy nie znajdowały się na pierwszym planie. Dialog władza–społeczeństwo osłabiły czynniki społeczno-kulturowe, takie jak szeroko rozpowszechniona niepiśmienność, normy społeczne zniechęcające do krytykowania sprawujących władzę (mentalność kastowa).

---

<sup>79</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 109.

<sup>80</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 214.

Współcześnie energia jądrowa, biorąc pod uwagę sytuację demograficzną kraju, jest akceptowalnym ryzykiem, które definiuje się w kategoriach dobra wspólnego (jego źródło stanowi rozwój gospodarczy)<sup>81</sup>. Nie oznacza to już jednak całkowitej bierności ruchów społecznych. Po Fukushima wzrósł opór społeczny wobec EJ, a część mieszkańców protestowała przeciwko wykorzystaniu energii jądrowej, w odpowiedzi na co rząd zarządził audyt bezpieczeństwa w istniejących reaktorach. Rada Regulacyjna Energii Atomowej (Atomic Energy Regulatory Board, AERB) przeprowadziła testy warunków skrajnych wszystkich elektrowni jądrowych<sup>82</sup>. Ze względu na ogromne zapotrzebowanie na energię elektryczną Indie nie zawieszają jednak programu rozbudowy reaktorów jądrowych wobec katastrofy elektrowni atomowej w Fukushima. Planują rozbudować swoje zdolności generowania mocy z energetyki jądrowej do 25% mocy do 2050 roku. W 2010 roku NPCIL i Areva podpisały porozumienie na budowę dwóch reaktorów EPR w Jaitapurze oraz na dostawy paliwa na 25 lat za rażąco niską cenę około 10 mld USD, biorąc pod uwagę, że szacunkowe koszty dla francuskiego Flamaville i finlandzkiego Olkiluoto są szacowane na 11,6 mld każdy<sup>83</sup>. Indie zaimportowały także rosyjskie technologie EJ instalowane w Kudankulam<sup>84</sup>.

Najważniejsze w Indiach są wzrost gospodarczy i zmniejszenie ubóstwa. Znaczenie węgla w bilansie energetycznym kraju powoduje, że redukcja emisji CO<sub>2</sub> nie jest priorytetem, toteż indyjski rząd odmówił wyznaczenia wiążących celów redukcji GHG na konferencję stron w sprawie zmian klimatu COP 21 w grudniu 2015 roku w Paryżu. We wrześniu 2014 roku Minister Środowiska, Lasów i Zmian Klimatycznych powiedział, że minie 30 lat, zanim w Indiach emisja CO<sub>2</sub> zostanie zredukowana.

Obecny pięcioletni plan zakłada podwojenie zainstalowanej mocy i rozpoczęcie budowy kolejnych 19 jednostek, ale w ocenie ekspertów ten plan jest nierealny, gdyż techniczno-organizacyjne ograniczenia i niewyciąganie wniosków z błędów w czasie realizacji wcześniejszych projektów mogą się stać czynnikiem hamującym. Dla kontrastu indyjski sektor prywatny – w przeciwieństwie do dużych firm państwowych i agencji – udowodnił, że bardzo szybko adaptuje konkurencyjne technologie OZE. Indie zajmują piąte miejsce na świecie pod względem zainstalowanych mocy oddanych w 2013 roku z energetyki wiatrowej i solaro-ciepłowniczej.

---

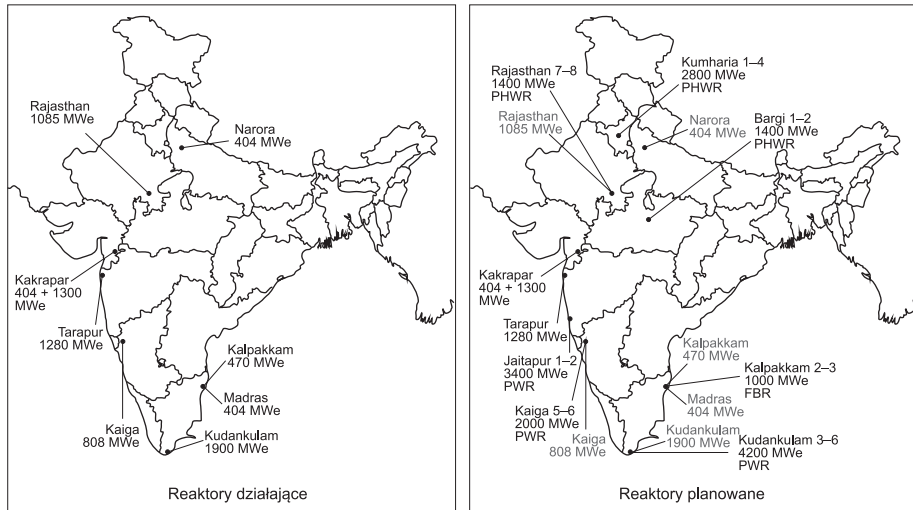
<sup>81</sup> *Ibidem*, s. 221.

<sup>82</sup> *India*, CAB EIA, 2015.

<sup>83</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 109.

<sup>84</sup> W 2002 r. rosyjski Atomstroyexport rozpoczął budowę pierwszej dużej elektrowni jądrowej (dwie jednostki WWER-1000-V-412) w Indiach.





**Mapa 3.** Rozmieszczenie działających i planowanych reaktorów w Indiach

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *India Nuclear Power*, WNA 2015, wna.org (dostęp: 15.09.2015).

Istotną barierę hamującą rozwój EJ w Indiach stanowi utrzymywanie przez rząd prawa, które przerzuca odpowiedzialność za funkcjonowanie reaktorów na firmy zagraniczne. Indyjski parlament pracuje nad zmianą zasad dotyczących ograniczonej odpowiedzialności zagranicznych firm w przypadku awarii. Modyfikacja ustawodawstwa jest konieczna, by przyciągnąć nowe zagraniczne inwestycje (po zniesieniu embarga na handel cywilnymi technologiami)<sup>85</sup>. W 1984 roku doszło do tragicznego wypadku w zakładach Dow Chemical w Bophalu, po którym wprowadzono nieograniczoną odpowiedzialność zagranicznych inwestorów<sup>86</sup>, podczas gdy prawo międzynarodowe nakłada ograniczoną odpowiedzialność na dostawców jądrowych. W sierpniu 2010 roku zmieniono prawo, wprowadzając częściową odpowiedzialność firm zagranicznych do ośmiu lat dla dostawców wyposażenia elektrowni jądrowych, surowców i usług, jeśliby zaistniał wypadek. O ile francuska Areva jest w stanie na podstawie gwarancji rządowych zaakceptować ryzyko odpowiedzialności

<sup>85</sup> J.W. Busby, *Vaunted Hopes: Climate Change and the Unlikely Nuclear Renaissance* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 139.

<sup>86</sup> Wskutek wypadku doszło do uwolnienia 40 ton izocyjanianu metylu w postaci gazu z fabryki pestycydów, powodując bezpośrednio śmierć ok. 20 tys. osób. Katastrofa w Bhopalu jest uważana za najtragiczniejszą awarię przemysłową, której skutki są odczuwane do dziś.

(skutki odszkodowawcze), o tyle amerykańskie lobby jądrowe od wielu lat próbuje zmienić stan prawny w zakresie odpowiedzialności za skutki awarii jądrowych w Indiach.

### 5.3. Japonia po katastrofie w Fukushima – wirtualna potęga jądrowa

Japonia musi około 84% swoich potrzeb energetycznych zaspokajać za pośrednictwem importu, pod warunkiem funkcjonowania w pełnym wymiarze EJ (uznawanej za „krajowe” źródło energii)<sup>87</sup>. Brak własnych naturalnych surowców energetycznych oraz chęć zmniejszenia stopnia zależności od zewnętrznych dostawców wpłynęła na dynamiczny rozwój przemysłu jądrowego w Japonii (ropa – importowana głównie z Bliskiego Wschodu – zasilala produkcję 66% energii elektrycznej jeszcze w 1974 r.). Aby zapewnić stabilne dostawy energii elektrycznej, japońskie społeczeństwo w większości akceptowało rozwój EJ (pomimo traumy po detonacji bomb atomowych w Hiroszimie i Nagasaki). Bariere w budowie reaktorów stanowiły natomiast trudne warunki geologiczne i ukształtowanie terenu narażonego na częste trzęsienia ziemi<sup>88</sup>. Japonia jest bowiem siecią połączonych wysp, znajdujących się na styku trzech wielkich płyt tektonicznych, co powoduje, że region należy do najbardziej aktywnych sejsmicznie na świecie.

Do czasu katastrofy elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi EJ odgrywała główną rolę w japońskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego oraz działaniach na rzecz ochrony klimatu i zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> (wywiązanie się z Protokołu z Kioto). Japonia była trzecim największym na świecie producentem energii jądrowej (po Stanach Zjednoczonych i Francji) i odpowiadała za blisko 10% światowego zużycia energii jądrowej<sup>89</sup>. Do marca 2011 roku udział

---

<sup>87</sup> Japonia jest największym na świecie importerem skroplonego gazu ziemnego (37% światowych zamówień LNG), drugim co do wielkości importerem węgla kamiennego oraz trzecim największym importerem netto ropy naftowej i produktów naftowych. Japonia to trzeci największy konsument ropy naftowej na świecie.

<sup>88</sup> Biorąc pod uwagę uwarunkowania geologiczne Japonii, elektrownie jądrowe zlokalizowane są na skalistym podłożu, większość bezpośrednio w pobliżu morza.

<sup>89</sup> Japoński przemysł energii elektrycznej zdominowany jest przez 10 prywatnych spółek energetycznych, które działają jako regionalne monopole (80% całkowitej mocy zainstalowanej w kraju). Większość elektrowni jądrowych w Japonii stanowi własność terytorialnie wydzielonych prywatnych towarzystw energetycznych odpowiedzialnych za wytwarzanie i dystrybucję energii elektrycznej. Firmy te w 1952 r. utworzyły Federation of Electric Power Co. Jedną z największych spółek jest Tokyo Electric Power Company (TEPCO). Inni znaczący operatorzy

EJ w ogólnym bilansie energetycznym kraju wynosił 11%, a w produkcji energii elektrycznej – niemal 30% (54 reaktory atomowe o łącznej mocy produkcji ok. 50 GW – zob. rys. 19). W planach Ministerstwa Gospodarki, Handlu i Przemysłu (METI) udział tego sektora w produkcji energii elektrycznej miał wzrosnąć do 41% w 2017 roku i aż 50% w 2030 roku<sup>90</sup>. Przez kolejne dekady Japonia promowała EJ jako element dywersyfikacji źródeł energii i sposób na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>. Japoński „plan energetyczny 2010” zakładał budowę co najmniej 10 nowych reaktorów do roku 2020. Kataklizm doprowadził do zniszczenia czterech reaktorów w elektrowni Fukushima Daiichi. Wywarł znaczące skutki na społeczeństwie i gospodarce kraju<sup>91</sup>. W elektrowni Fukushima do lipca 2014 roku udało się zabezpieczyć ponad trzy czwarte wypalonego paliwa z całkowicie zniszczonego reaktora<sup>92</sup>. Problemem pozostały natomiast takie kwestie, jak wysokie promieniowanie w reaktorach 1–3, uniemożliwiająca bezpośrednie przebywanie ludzi, oraz ogromne ilości wody potrzebne do chłodzenia stopionego paliwa (ok. 360 ton dziennie wciąż jest pompowanych do zniszczonych reaktorów). Część tej wody jest oczyszczana i ponownie używana, ale ilość wody radioaktywnej, która nie może być ponownie użyta, stale rośnie (500 tys. ton w zbiornikach oraz 90 tys. ton w piwnicach budynku elektrowni)<sup>93</sup>. Zanotowano liczne wycieki radioaktywnej wody. W sierpniu 2013 roku wyciekło ze zbiornika 300 ton wysoko promieniotwórczej wody – incydent został sklasyfikowany na poziomie 3 w międzynarodowej skali INES. Później doszło do licznych mniejszych wycieków, ale o większej radioaktywności (m.in. wyciek 100 ton z innego zbiornika). Trwają prace dekontaminacyjne, których trzyletni budżet (2011–2013) oszacowano na 13 mld USD (tylko 20% kosztów zostało pokryte przez TEPCO)<sup>94</sup>. Na obszarze 235 km<sup>2</sup> roczne promieniowanie przekracza 20 mSv<sup>95</sup>. Badanie wykonane przez rząd ujawniło, że poziom napromieniowania pozostający poniżej poziomu pokryzysowego (20 mSv rocznie) może jednak przekraczać poziom radiacji sprzed katastrofy, czyli 1 mSv rocznie na obszarach, które uznano za nadające się do ponownego

---

rynku energii elektrycznej to m.in. Japan Atomic Power Company (JAPC), pierwsza japońska firma, która wybudowała reaktor jądrowy w 1960 r., oraz Electric Power Development Company (J-Power), dawniej przedsiębiorstwo państwowe, które zostało sprywatyzowane w 2004 r. T. Młynarski, *Bezpieczeństwo energetyczne w pierwszej dekadzie XXI wieku. Mozaika interesów i geostrategii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2011, s. 256.

<sup>90</sup> *Nuclear Power in Japan*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>91</sup> Po kataklizmie wzmożły się protesty społeczne (m.in. wysyłano skargi do sądów) zmierzające do zablokowania budowy reaktorów, co nigdy wcześniej w Japonii się nie zdarzyło.

<sup>92</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 9.

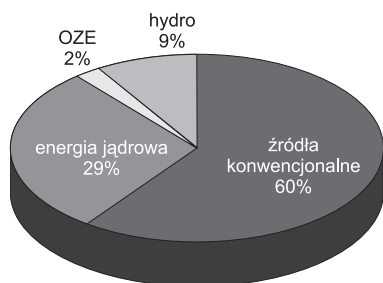
<sup>93</sup> *Ibidem*, s. 9.

<sup>94</sup> TEPCO zapłaciło także 40 mld USD odszkodowań pokrywających około 2 mln roszczeń.

<sup>95</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 10.

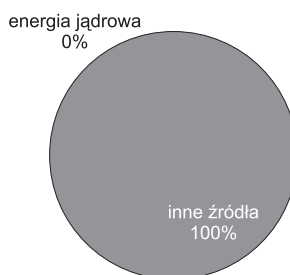
zamieszkania. Do marca 2014 roku 130 tys. osób w prefekturze Fukushima wciąż pozostawało poza swoim miejscem zamieszkania (w stanie ewakuacji), a kolejne 137 tys. mieszkało w tymczasowych domach w innych prefekturach. Pośrednie ofiary to około 1700 osób, które zmarły z powodu chorób spowodowanych katastrofą nuklearną<sup>96</sup>.

### *Produkcja energii elektrycznej w Japonii przed i po katastrofie w elektrowni Fukushima Daiichi*



**Rys. 19.** Struktura paliw w produkcji prądu elektrycznego w Japonii (2010)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Japan*, CAB, EIA, 2010; 2014.



**Rys. 20.** Produkcja energii elektrycznej w Japonii [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Japan*, CAB, EIA, 2010; 2014.

**Przemysł energii elektrycznej.** Został on zdominowany przez 10 prywatnych spółek energetycznych. Jedną z największych była TEPCO, która wytwarzała 32% całkowitej produkcji energii w kraju. Firmy te przejęły kontrolę nad krajowym przesyłem i dystrybucją energii elektrycznej, pozostawiając ograniczone pole dla innych niezależnych producentów.

Przed katastrofą w 2011 roku Japonia miała jeden z najbardziej zrównoważonych portfeli paliw produkcji energii elektrycznej spośród największych konsumentów na świecie. Dzięki rozbudowanym mocom jądrowym żadne źródło energii nie przekraczało jednej trzeciej udziału w całkowitej produkcji. W 2010 roku energia jądrowa odgrywała kluczową rolę w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w Japonii, stanowiąc 27% energii netto przed Fukushima. Gaz ziemny i węgiel stanowiły odpowiednio około 30% i 24%, OZE – 11% (głównie z energii wodnej), ropa naftowa odgrywała zaś niewielką rolę w wytwarzaniu prądu elektrycznego (zaledwie 7% w 2010 r.).

<sup>96</sup> *Ibidem*, s. 9.

*Narodowa Strategia Energetyczna*, sformułowana w maju 2006 roku, zakładała osiągnięcie następujących celów:<sup>97</sup>

- poprawę efektywności zużycia energii w stosunku do PKB o co najmniej dodatkowe 30% do roku 2030,
- zmniejszenie udziału ropy naftowej w całkowitej podaży konsumpcji energii poniżej 40% w 2030 r.,
- zmniejszenie uzależnienia od ropy naftowej w sektorze transportu o 80% w 2030 r.,
- zwiększenie udziału energii jądrowej w ogólnej produkcji energii elektrycznej o 30–40% do 2030 r.

Katastrofa elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi w marcu 2011 roku wstrzymała dalszy rozwój EJ w tym kraju, ujawniając obawy obywateli i opór wobec zagrożeń polityki nuklearnej. Premier Japonii Naoto Kan na początku maja 2011 roku zapowiedział całkowicie nowy projekt polityki energetycznej kraju, stwierdzając, że „odnawialne źródła energii staną się kluczowym jej elementem”, a Japonia odstąpi od planu mającego na celu zwiększenie udziału EJ w produkowanej energii elektrycznej z 30% do 50%<sup>98</sup>.

Kiedy Japonia wstrzymała wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych, krajowy *energy mix* zmienił się diametralnie i został oparty głównie na paliwach kopalnych, w szczególności LNG, które stało się podstawowym substytutem energii jądrowej. Zmieniła się znacząco struktura źródeł energii w produkcji prądu elektrycznego (udział LNG, ropy i węgla wzrósł odpowiednio do 43%, 14% i 30% w 2013 roku)<sup>99</sup>.

Elektrownie o mocy ponad 10 GW w Fukushima, Onagawie i Tokai wstrzymały natychmiast działanie po trzęsieniu ziemi i tsunami, a niektóre z reaktorów zostały trwale uszkodzone na skutek pompowania wody morskiej i nie mogły podjąć pracy (sześć reaktorów w elektrowni Fukushima Daiichi o łącznej mocy 4,6 GW zostało zamkniętych). Po katastrofie rząd natychmiast zapowiedział przeprowadzenie rygorystycznych kontroli bezpieczeństwa wszystkich elektrowni. W rezultacie w sierpniu 2011 roku z 54 reaktorów działało już tylko 17 (35% całkowitej mocy jądrowej), a we wrześniu zaledwie 11. W drugiej połowie 2013 roku eksploatacja wszystkich reaktorów została tymczasowo wstrzymana, a wytwarzanie prądu z EJ po raz drugi w ciągu 40 lat zostało

---

<sup>97</sup> *Japan 2008 Review, Energy Policies of IEA Countries: International Energy Agency, OECD/IEA, 2008, s. 30.*

<sup>98</sup> *Japan Nuclear Power Expansion Plans Abandoned*, „The Guardian”, 11<sup>th</sup> May 2011, <http://www.guardian.co.uk/world/2011/may/11/japan-nuclear-power-expansion-plans-abandoned> (dostęp: 25.02.2012).

<sup>99</sup> *Japan*, CAB, EIA, 2015.



**Mapa 4.** Lokalizacja japońskich elektrowni jądrowych (2015)

Źródło: opracowanie własne.

całkowicie zawieszono<sup>100</sup>. Ogólne standardy konserwacji w Japonii wymagają, aby elektrownie jądrowe były wyłączane co 13 miesięcy w celu kontroli. Po katastrofie w Fukushima rząd japoński wprowadził wymóg przeprowadzenia testów warunków skrajnych (*stress test*) dla wszystkich jednostek. Kontrola objęła plan dwupoziomowych „stress testów”, tak by elektrownie mogły

---

<sup>100</sup> *Ibidem.*

sprostac katastrofom naturalnym<sup>101</sup>. Po testach reaktory nie byly włączane<sup>102</sup>. Pod koniec stycznia 2015 roku Japonia miała 48 sprawnych reaktorów jądrowych w 16 elektrowniach o łącznej mocy zainstalowanej ponad 42 GW (wobec 54 reaktorów o mocy 47 GW mocy w 2010 r.), ale żaden z nich nie dostarczał prądu do sieci (24 z nich było w trakcie homologacji restartu)<sup>103</sup>.

Zastąpienie energii jądrowej droższymi paliwami kopalnymi (udział EJ w wytwarzaniu prądu elektrycznego zmniejszył się do zaledwie 1,7%, podczas gdy dekadę wcześniej wynosił aż 25%!) doprowadziło do wzrostu cen energii elektrycznej dla konsumentów, pogłębienia długu publicznego i strat finansowych dla sektora elektroenergetycznego<sup>104</sup>. Japoński rząd i firmy produkujące energię elektryczną podjęły działania mające na celu zapewnienie zasilania w następstwie kryzysu w Fukushima (włącznie z przywróceniem niektórych zakładów spalania ropy dla wytworzenia energii elektrycznej). Ponadto wprowadzono ograniczenia konsumpcji energii elektrycznej na obszarach dotkniętych katastrofą<sup>105</sup>. Rząd w dalszym ciągu zachęca do racjonalnego korzystania z energii elektrycznej, ponieważ koszty jej wytworzenia wzrosły na skutek zwiększonego importu paliw kopalnych. W latach 2010–2013 ceny energii elektrycznej wzrosły o prawie 20% i 30%, odpowiednio dla klientów indywidualnych i przemysłowych<sup>106</sup>.

METI ogłosiło w kwietniu 2013 roku, że japońskie firmy energetyczne od awarii w Fukushima wydały dodatkowe 93 mld USD na import paliw kopalnych<sup>107</sup>. W konsekwencji Japonia, w ciągu trzech lat po katastrofie, wydała około 270 mld USD, czyli około 58% więcej, na import paliw kopalnych. Deprecjacja jena oraz gwałtowny wzrost kosztów importu gazu ziemnego i ropy naftowej pogłębiły deficyt handlowy Japonii<sup>108</sup>. W bilansie handlowym

---

<sup>101</sup> Ch. Mogi, Q + A: *What do Japan's Reactor Stress Tests Mean for Nuclear Power?*, 1st August 2011, Reuters, <http://www.reuters.com/article/2011/09/01/us-japan-nuclear-stress-qanda-idUSTRE7801N220110901> (dostęp: 25.02.2012).

<sup>102</sup> W lipcu 2012 r. japoński rząd przywrócił do pracy dwa reaktory, Kansai Electric Ohi 3 i Ohi 4, pozostawiając je w użyciu na okres ponad roku (ale generowały tylko 2,4 GW mocy). Te dwa reaktory zostały ponownie wyłączone we wrześniu 2013 r., a kraj znów pozostał bez prądu elektrycznego z EJ.

<sup>103</sup> *Japan*, CAB, EIA, 2015.

<sup>104</sup> *Nuclear Share Figures, 2004–2014*, WNA, May 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Nuclear-generation-by-country> (dostęp: 15.07.2015).

<sup>105</sup> Japoński rząd wezwał dużych odbiorców energii do zmniejszenia zużycia o 15%.

<sup>106</sup> *Japan*, CAB, EIA, 2015.

<sup>107</sup> *Nuclear Power in Japan*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Japan> (dostęp: 25.08.2015). W 2013 r. Japonia importowała rekordową ilość 109 mln ton węgla i planuje budowę prawie 15 GWe mocy wytwórczych elektrowni węglowych.

<sup>108</sup> W rezultacie polityki ograniczania zależności od importu zapoczątkowanej kryzysem naftowym lat 70. udział ropy naftowej w całkowitym zużyciu energii w tym kraju spadł z ok. 80% w 1970 r. do poniżej 50% w połowie pierwszej dekady XXI w.

w miejsce ponad trzydziestoletniej nadwyżki (w 2010 r. wyniosła 65 mld USD) wystąpił deficyt (112 mld USD w 2013 r.). Od kwietnia 2011 roku do końca marca 2014 roku wyniósł on łącznie 227 mld USD<sup>109</sup>. Koszty wytworzenia energii elektrycznej wzrosły o 56%, a straty firm usług publicznych sięgnęły około biliona jenów rocznie<sup>110</sup>. Narastający w wyniku zwiększenia importu paliw kopalnych deficyt handlowy, wzrost cen energii elektrycznej i zmniejszenie konkurencyjności gospodarki są głównymi motywami uruchomienia wcześniej zamkniętych reaktorów.

Rząd planuje wznowić korzystanie z energii jądrowej jako podstawowego źródła prądu elektrycznego po wzmocnieniu procedur bezpieczeństwa. Premier Shinzō Abe uważa, że wykorzystanie energii jądrowej jest konieczne, aby zmniejszyć obecne ograniczenia energetyczne i obniżyć wysokie ceny, którym muszą sprostać japońscy konsumenci indywidualni i przemysłowi. Poprzedni rząd kierowany przez premiera Yoshihiko Nodę ogłosił w 2012 roku politykę zero-nuklearną do roku 2030, co napotkało sprzeciw sektora biznesowego. Premier Abe i lobby przemysłowe w Japonii wspierają jednak ponowne uruchamianie energetyki atomowej do poziomu 15% produkcji energii elektrycznej, co umożliwiłoby obniżenie kosztów wytwarzania energii. W kwietniu 2014 roku rząd premiera Abe zatwierdził plan energetyczny rewidujący politykę ustanowioną bezpośrednio po wypadku w Fukushima<sup>111</sup>. Czwarty *Strategiczny plan energetyczny* z 2014 roku nakreślił dwudziestoletnią perspektywę polityki energetycznej, uznając EJ za ważne źródło energii, które będzie nadal wykorzystywane jako instrument zapewniania stabilnych dostaw oraz sposób walki z globalnym ociepleniem<sup>112</sup>. W styczniu 2015 roku wnioski o ponowne uruchomienie 20 reaktorów oraz wniosek dla nowej elektrowni Ohma, reprezentujących niemal połowę dostępnych mocy jądrowych w Japonii, były złożone w Urzędzie Dozoru Jądrowego (Nuclear Regulatory Authority, NRA). Termin wznowienia pracy wielu reaktorów jest niepewny, ponieważ muszą one zostać dostosowane do bardziej rygorystycznych przepisów i restrykcyjnych regulacji. Należy także pokonać sprzeciw polityczny lokalnych elit w niektórych prowincjach. Stopień uzależnienia od EJ będzie jednak systematycznie zmniejszany i zastępowany przez wzrost wydajności energetycznej oraz przyspieszenie rozwoju OZE<sup>113</sup>. Popierając ponowne uruchomienie reaktorów, strategiczny plan energetyczny uznaje konieczność ustanowienia stabilnych

---

<sup>109</sup> *Japan*, EIA, CAB, 2015.

<sup>110</sup> Z 8,6 jenów/kWh do 13,5 jenów/kWh w 2012 r. *Nuclear Power in Japan*, WNA, July 2015.

<sup>111</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 111–112.

<sup>112</sup> Plan określił poziom udziału EJ w krajowym *energy mix*, co nastąpi dopiero po ponownym uruchomieniu reaktorów w Japonii.

<sup>113</sup> *Strategic Energy Plan*, METI, April 2014, [http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic\\_plan/pdf/4th\\_strategic\\_energy\\_plan.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/4th_strategic_energy_plan.pdf) (dostęp: 10.06.2015).



warunków dla działań EJ w przyszłości. Głównymi metodami zrównoważenia krajowego portfolio energetycznego będzie wzrost roli OZE i zaawansowane technologie zużycia paliw kopalnych (efektywność energetyczno-ekonomiczna), sprzyjające redukcji emisji. Udział energii jądrowej w Japonii będzie się zmniejszać, ale z pewnością Japonia nie zrezygnuje z energii jądrowej.

**Historia japońskiej energetyki jądrowej.** Sięga ona II wojny światowej, gdy w 1941 roku wzrosło zaniepokojenie groźbą budowy broni jądrowej przez Amerykanów, która potencjalnie mogła być wykorzystana przeciwko Japonii. Prace badawcze nad rozwojem broni jądrowej podjęło Nishina Laboratory, a armia i marynarka prowadziły badania nad zastosowaniem uranu 235 do celów wojskowych (Ni-Go Project, F-Go)<sup>114</sup>. Okupacja Japonii po II wojnie światowej doprowadziła jednak do zaprzestania badań nad EJ. Siły amerykańskie zniszczyły dwa cyklotrony, które po wojnie używano do celów medycznych (zostały skonfiskowane i symbolicznie zatopione w Zatoce Tokijskiej).

Kiedy w grudniu 1953 roku na forum ONZ prezydent Eisenhower ogłosił program „Atom dla pokoju”, Amerykanie uznali, że promowanie energii jądrowej w kraju, który stał się jedyną ofiarą bomby atomowej na świecie, będzie symboliczną rekompensatą. Komentarz prasowy w „Washington Post” dobrze odzwierciedlał ówczesne myślenie: „Wielu Amerykanów jest obecnie świadomych [...] że zrzucenie bomby atomowej na Japonię nie było konieczne”. W ramach zadośćuczynienia postanowiono zaoferować Japonii środki do pokojowego użycia energii atomowej (mimo że po wojnie zdemontowano japońskie instalacje). Fakt, iż Japonia importuje paliwa kopalne, aby zaspokoić niemal 100% swoich potrzeb, wyjaśnia, dlaczego naród, który doświadczył skutków detonacji broni atomowej, przyjął taką ofertę. Niedostatek własnych źródeł energii, a jednocześnie duże zapotrzebowanie na energię elektryczną dynamicznie rozwijającej się po II wojnie światowej japońskiej gospodarki spowodował zainteresowanie energią pochodzącą z rozszczepienia atomów.

Pierwsze bloki jądrowe w Japonii budowały Westinghouse Electric Corporation i inne firmy amerykańskie. W 1955 roku Stany Zjednoczone przyjęły prawo aprobujące budowę elektrowni jądrowej o mocy 60 MW w Japonii, a w czerwcu tego roku podpisano amerykańsko-japońską umowę o współpracy badawczej nad „pokojowym użyciem” energii jądrowej. Równolegle w 1954 roku japoński rząd rozpoczął program badań atomowych. Prawo energetyczne (*Atomic Energy Basic Law*) ograniczało zastosowanie technologii jądrowej do celów pokojowych (przyjmując za podstawowe zasady atomowej działalności badawczej jawność, niezależność zarządzania i przejrzystość oraz współpracę międzynarodową). Badania nad energią jądrową w Japonii rozwijały się

---

<sup>114</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 104–105.

bardzo intensywnie między innymi dzięki aktywności Yoshio Nishina<sup>115</sup>, który w latach 1921–1928 prowadził w Europie badania wraz z wieloma najważniejszymi pionierami fizyki nuklearnej (takimi jak Einstein, Bohr, Lawrence).

Rząd był świadomy, że komercyjne wdrożenie energetyki jądrowej napotka opór społeczny ze względu na negatywne postrzeganie technologii nuklearnej. W marcu 1954 w wyniku incydentu napromieniowania 23 rybaków na skutek testów broni jądrowej przez Amerykanów w pobliżu Wysp Marchalla doszło uruchomienia kampanii społecznej przeciwko broni jądrowej, którą poparła jedna trzecia ludności Japonii (zebrano 32 mln podpisów pod sprzeciwem wobec testów broni jądrowej). Przewodniczący parlamentarnego komitetu do spraw energii jądrowej Yasuhiro Nakasone (późniejszy premier 1982–1987) oraz minister do spraw energii jądrowej Matsutarō Shōriki prowadzili kampanię społeczną mającą na celu przekonanie społeczeństwa do korzyści wynikających z pokojowego użycia energii jądrowej. W jej wyniku rząd zainicjował program rozwoju EJ i przyjął podstawowe regulacje prawne w tym zakresie. W styczniu 1956 roku Shōriki został prezesem nowo powstałej Japońskiej Komisji Energii Atomowej, a w maju tego samego roku mianowano go szefem nowo powołanej Agencji Badań i Technologii (Science and Technology Agency). Nowe prawo umożliwiło utworzenie Komisji Energii Atomowej oraz Komisji Bezpieczeństwa Nuklearnego. W tym samym roku powstał także Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) i Atomic Fuel Corporation (AFC)<sup>116</sup>. Te dwie agencje rządowe miały na celu prowadzenie badań, rozwijanie i wdrażanie EJ oraz budowę reaktora eksperymentalnego. W 1957 roku zakończono prace nad eksperymentalnym reaktorem, a rząd japoński rozpoczął negocjacje dotyczące zakupu 20 reaktorów z amerykańskimi dostawcami<sup>117</sup>. W tym samym czasie postawy społeczne wobec długoletnich intensywnych działań promocyjnych zaczęły się zmieniać. Na przełomie 1958 i 1959 roku technologię nuklearną postrzegano jako sposób ograniczenia zależności od importu surowców energetycznych oraz źródło taniego prądu dla

---

<sup>115</sup> Yoshio Nishina – współtwórca nowoczesnej fizyki w Japonii. Zajmował się badaniami w dziedzinie fizyki jądrowej, a także promieniowania kosmicznego. Wraz z fizykiem Oskarem Kleinem wyprowadził wzór na przekrój czynny na rozpraszanie fotonów na swobodnych elektronach, znany jako wzór Kleina-Nishiny. Kierował budową pierwszego japońskiego cyklotronu. Po powrocie do Japonii w 1929 r. Nishina odgrywał ważną rolę w rozwoju japońskiego programu budowy broni atomowej w czasie II wojny światowej. Ustanowił Nishina Laboratory w instytucie badań fizycznych i chemicznych. Znaczące osiągnięcia w pracach teoretycznych nad reakcją łańcuchową rozszczepienia w Japonii miał także Tadayoshi Hikosaka. Opracował on podstawy teoretyczne technologii *fast breeder*. Jest to reaktor, w którym neutrony nie są spowalniane przez moderator.

<sup>116</sup> Przemianowana na PNC (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) w 1967 r.

<sup>117</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 109.

sektora przemysłowego, który pozwoli mu osiągnąć przewagę konkurencyjną na rynku międzynarodowym.

Lata 60. XX wieku to już okres intensywnego rozwoju japońskiej EJ. Pierwszym komercyjnym projektem był reaktor Tokai-1 (typu Calder Hall) o mocy 160 MW, który rozpoczął pracę w lipcu 1966 roku (został zbudowany przez brytyjską firmę GEC używającą technologii Magnox – reaktor moderowany grafitem, chłodzony CO<sub>2</sub>, zasilany niewzbogaconym uranem)<sup>118</sup>.

W latach 70. ubiegłego stulecia nastąpił dalszy rozkwit EJ w Japonii. Kiedy w 1973 roku cena ropy naftowej gwałtownie wzrosła, zaczęto przywiązywać większą wagę do energii jądrowej, mając na względzie stabilne i ekonomiczne zaopatrzenie kraju w energię. Po wprowadzeniu embarga na ropę zwiększono tempo budowy elektrowni jądrowych, a rząd skokowo zwiększył dotację na jej rozwój, przeznaczając na wsparcie około 2 mld USD rocznie. Decyzja, aby skupić się na technologii BWR, a nie technologii Magnox, odzwierciedlała dążenie, by technologia, która miała być używana w Japonii, sprzyjała zdobyciu wiedzy na temat cyklu paliwowego (aby zmaksymalizować zużycie paliwa i zminimalizować przechowywanie odpadów). W rezultacie Japonia dysponuje technologią pełnego cyklu paliwowego, włącznie ze wzbogacaniem i przetwarzaniem zużytego paliwa jądrowego<sup>119</sup>. Zakłady wzbogacania uranu są zlokalizowane w Rokkasho (północno-wschodnia Japonia), ale większość wzbogaconego paliwa jest importowana z USA i Europy. Kraj posiada własne zakłady wzbogacania uranu w Ningyo-toge oraz silny potencjał wytwórczy urządzeń dla EJ dzięki takim koncernom, jak TEPCO, Hitachi, Toshiba i Mitsubishi, które wiele urządzeń dla EJ wytwarzają na eksport, wykorzystując doświadczenie nabywane od lat 70. XX wieku. Strategiczna współpraca japońskich firm (Hitachi, Toshiba, Mitsubishi) z dostawcami technologii jądrowych ze Stanów Zjednoczonych (m.in. General Electric) zaowocowała nabyciem wiedzy, a z czasem uniezależnieniem się tych pierwszych w projektowaniu i budowie własnych elektrowni. Zakłady przerobu wypalonego paliwa znajdują się w Tokaimura (JNC) oraz Rokkasho (JNFL). Część wypalonego paliwa z japońskich elektrowni jądrowych jest przerabiana we Francji<sup>120</sup>. Na terenie zakładu w Rokkasho znajduje się również centralne składowisko niskoaktywnych odpadów promieniotwórczych, składowisko wypalonego paliwa jądrowego oraz składowisko zestalonych odpadów promieniotwórczych powstałych

---

<sup>118</sup> G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 457. W październiku 1963 r. uruchomiono reaktor demonstracyjny JPDR (*Japan Power Demonstration Reactor*) o mocy 45 MW, typu BWR w Tokaimura. W 1975 r. program standaryzacji budowy reaktorów został uruchomiony przez METI.

<sup>119</sup> Francja zbudowała (1971–1974) pilotażowy zakład przetwarzania paliwa w Japonii (Tokai Mura).

<sup>120</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 462.

z przeróbki wypalonego paliwa. Większość (tysiące ton) wypalonego paliwa i odpadów nuklearnych znajduje się nadal w basenach przechowalnikowych na terenie elektrowni jądrowych.

**Czynniki sprzyjające rozwojowi energetyki jądrowej.** Ubóstwo energetycznych surowców kopalnych i całkowite uzależnienie od ich importu powodowały, że EJ była postrzegana jako droga do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Ponadto program EJ stał się beneficjentem problemów środowiskowych lat 50. i 60. XX wieku. Powietrze, woda i ziemia okazały się tak mocno zanieczyszczone przez działalność przemysłową, że Japończycy bardziej niepokoiли się zagrożeniami, których już doświadczali, niż potencjalnym ryzykiem związanym z EJ.

Pomimo długiego doświadczenia z technologiami jądrowymi, sięgającego ponad 50 lat, i dużego doświadczenia trzech głównych dostawców (Toshiba, Hitachi i Mitsubishi) dopiero po 2006 roku Japonia weszła na międzynarodowy rynek budowy reaktorów (w przeciwieństwie do rynku komponentów)<sup>121</sup>. Do 2006 roku Hitachi i Toshiba korzystały z licencji General Electric na reaktory BWR, a Mitsubishi z licencji Westinghouse na PWR<sup>122</sup>. Z projektami AP-1000 i ABWR Japonia dysponuje dwoma technologiami reaktorów generacji III/III+, które są technologiami o najwyższej wiarygodności. W 2010 roku Japończycy utworzyli konsorcjum JINED (Japan International Nuclear Energy Development) w celu podjęcia rywalizacji na rynkach międzynarodowych z Rosją i Francją, ale wydaje się, że wydarzenia w Fukushima przekreślają tę strategię wobec niejasności stanowiska rządu japońskiego. Japońska próba zbudowania pozycji globalnego gracza zdolnego do rywalizacji z Rosją i Francją wyhamowała przez wypadek w Fukushima, a rynki docelowe (szczególnie w Europie Wschodniej) są problematyczne między innymi ze względu na trudności związane z finansowaniem. Japonia próbuje się również umocnić na Bliskim Wschodzie, gdzie w zamian za długoterminowe dostawy ropy naftowej i kontrakty wydobywcze podpisała umowę transferu technologii ze Zjednoczonymi Emiratami Arabskimi (2013). W ten sposób wykorzystuje swoją przewagę rozwiniętych technologii jądrowych i chce wzmocnić więzi z krajami Bliskiego Wschodu oraz zapewnić długoterminowe dostawy ropy naftowej, a także kontrakty wydobywcze<sup>123</sup>.

Energetyka jądrowa wniosła duży wkład w poprawę bezpieczeństwa energetycznego Japonii nie tylko przez ograniczenie importu paliw. Japonia promowała energię jądrową jako instrument dywersyfikacji źródeł energii, ale

---

<sup>121</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 41–42.

<sup>122</sup> Mimo że obie firmy dokonały wielu prac rozwojowych i dostarczały na rynek technologię APWR.

<sup>123</sup> *Japan*, CAB, EIA, 2015.

także redukcji emisji gazów cieplarnianych. Zanim EJ została „zamrożona”, intensywność emisji CO<sub>2</sub> w Japonii (emisja na jednostkę zużycia energii elektrycznej) zmniejszyła się o około 18% wobec poziomu z roku 1970<sup>124</sup>. Japonia chciała zmniejszyć intensywność emisji CO<sub>2</sub> o 20% do roku 2012 w stosunku do poziomu z roku 1990. Zwiększone zużycie wykorzystania paliw kopalnych po katastrofie w Fukushima spowodowało jednak wzrost intensywności emisji CO<sub>2</sub> o 17% w porównaniu z rokiem 1990 (oznacza to, że cele z Kioto nie zostały osiągnięte i Japonia nie może ich osiągnąć bez EJ).

Zastąpienie energii jądrowej energią węglową i gazową po katastrofie w Fukushima przyniosło znaczące osłabienie gospodarki przez jej obciążenie dodatkowymi kosztami importu surowców, kosztami budowy instalacji LNG i nakładami inwestycyjnymi związanymi z budową nowych elektrowni węglowych w celu zapewnienia dodatkowych mocy produkcji. Japonii trudno będzie więc całkowicie zrezygnować z EJ. Katastrofa w Fukushima podważyła dotychczasowe założenia japońskiej polityki energetycznej, która zakładała, że energia jądrowa ma zaspokajać coraz większą część potrzeb energetycznych kraju. W ciągu ostatnich lat EJ była rozwijana przez ścisły sojusz rządu z firmami elektroenergetycznymi i producentami reaktorów. Całkowite odejście od EJ w Japonii wydaje się jednak nierealistyczne w dającej się przewidzieć perspektywie. Do 2030 roku kraj nie będzie w stanie dokonać skoku technologicznego, który pozwoli wyzbyć się technologii jądrowej. Jeśli Japonia chce utrzymać pozycję globalnej gospodarki, energia jądrowa wciąż będzie obecna w jej bilansie energetycznym. Eksploatacja elektrowni będzie się jednak odbywać w warunkach wzmocnionych środków bezpieczeństwa. Japonia przeprowadzi gruntowną przebudowę podstaw polityki energetycznej, zmiana kierunku rozwoju energetyki nie oznacza jednak całkowitej rezygnacji z elektrowni atomowych, a jedynie zmniejszenie ich udziału w produkcji energii. Największym wyzwaniem dla rządu będzie uruchomienie procesu wznowienia pracy elektrowni i przekonania społeczeństwa o bezpieczeństwie technologii jądrowych<sup>125</sup>. W dłuższej perspektywie dzięki intensywnej polityce inwestycyjnej w technologii przyjazne środowisku kraj ten może się stać światowym liderem zielonej energii.

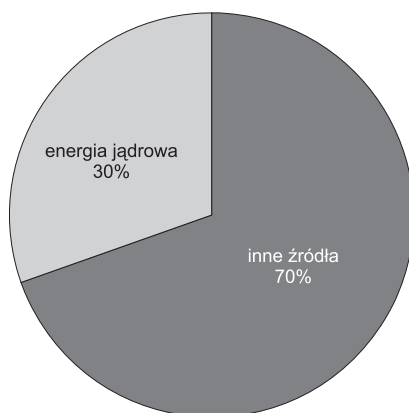
---

<sup>124</sup> *Ibidem*.

<sup>125</sup> T. Młynarski, *Problem reorientacji energetycznej Japonii po katastrofie elektrowni jądrowej Fukushima*, „Politeja” 2011, nr 17 s. 131–143.

## 5.4. Korea Południowa – nowy gracz na rynku dostaw technologii jądrowych

Korea Południowa jest jednym z największych światowych importerów energii (97% całkowitego zużycia energii pierwotnej pochodzi z importu drogą morską). Posiada niewielkie zasoby energetyczne (głównie węgiel słabej jakości), a większość zainstalowanej mocy wytwórczych opiera się na paliwach kopalnych (ropa naftowa i inne paliwa stanowiły 41% źródeł energii pierwotnej w 2012 r., aczkolwiek udział węglowodorów zmalał od połowy lat 90. ubiegłego wieku – wówczas wynosił 66%)<sup>126</sup>. Energia jądrowa odgrywa coraz większą rolę, gdyż na 81,9 GW zainstalowanych mocy w Korei Południowej 25% pochodziło z EJ. Energia jądrowa zapewnia 30% produkcji prądu elektrycznego (zob. rys. 21), podczas gdy paliwa kopalne aż 68% (2014), a źródła odnawialne zaledwie 2% (w tym hydro)<sup>127</sup>. Korea Południowa dąży do dywersyfikacji portfela paliwowego przez dalszy rozwój programu jądrowego, chociaż stawia także na efektywność energetyczną i odnawialne źródła energii, podejmując znaczące inwestycje w morskie farmy wiatrowe, energię słoneczną i pływów morskich. W 2014 roku Korea Południowa zajęła piąte miejsce na świecie pod względem ilości zainstalowanej mocy z energii jądrowej (po Stanach Zjednoczonych, Francji, Rosji i Chinach).



**Rys. 21.** Produkcja energii elektrycznej w Korei Południowej [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 20.08.2015).

<sup>126</sup> *South Korea*, CAB, EIA, 2014.

<sup>127</sup> *Ibidem*.

Pierwsza elektrownia jądrowa została ukończona w 1978 roku w Busan. Obecnie w kraju działają cztery elektrownie (Kori, Hanbit, Hanul i Wolsong). Większość reaktorów stanowią ciśnieniowe lekkowodne (PWR), a tylko cztery w elektrowni Wolsong są reaktorami ciśnieniowymi ciężkowodnymi (PHWR, CANDU). Wskaźnik wykorzystania efektywności EJ w Korei Południowej wynosi ponad 95%, co jest jednym z najlepszych wyników na świecie.

Główne przedsiębiorstwo energetyczne w Korei Południowej to państwowy koncern Korea Electric Power Corporation (KEPCO). Produkuje ono ponad 93% energii elektrycznej w kraju (resztę wytwarzają niezależni, głównie prywatni producenci). Rząd posiada 51% akcji tego przedsiębiorstwa. W 2001 roku KEPCO zostało podzielone na sześć zależnych spółek energetycznych, które kontroluje KEPCO. Cała produkcja jądrowa wraz z niewielkim udziałem hydroenergii wchodzi w skład największej z nich – Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd (KHNP). KEPCO kontroluje wszystkie aspekty wytwarzania energii elektrycznej, handel, przesył i dystrybucję. Koncern posiada również większościowe udziały w firmach KEPCO Engineering and Construction, Korea Nuclear Fuel, Korea Plant Service and Engineering oraz Korea Electric Power Data Network<sup>128</sup>. KHNP zarządza czterema elektrowniami jądrowymi, obejmującymi 24 reaktory o mocy 21,6 GW. W następstwie awarii w Fukushima przeprowadzono natychmiastową ocenę wszystkich lokalizacji bloków jądrowych oraz niezależną kontrolę każdej elektrowni jądrowej. W styczniu 2014 roku rząd zatwierdził budowę nowych dwóch reaktorów APR-1400 i były to pierwsze zatwierdzenia od czasu wypadków w Japonii<sup>129</sup>. W 2015 roku cztery reaktory (o mocy 5,6 GW) znajdowały się w trakcie budowy, a osiem kolejnych reaktorów (o mocy 11,6 GW) planowano zbudować do 2024 roku<sup>130</sup>.

Korea Południowa urosła do pozycji znaczącego dostawcy technologii jądrowych w ciągu ostatnich pięciu dekad. Historia EJ Republiki Korei sięga lat 50. XX wieku i jest związana z uczestnictwem w programie Eisenhowera *Atoms for peace*. Od tego czasu rozwinął się imponujący narodowy przemysł, który może projektować reaktory bez wsparcia zewnętrznych dostawców. Po wojnie koreańskiej (czerwiec 1950 – lipiec 1953) cały Półwysep Koreański pogrążył się w biedzie. Infrastruktura przemysłowa i energetyczna była tak zniszczona, że mogła zapewnić tylko 10% zapotrzebowania na energię elektryczną<sup>131</sup>. Czynnikiem wsparcia rozwoju technologii jądrowych stały się: zagrożenie ze strony Korei Północnej, poparcie społeczne oraz chęć utrzymania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw. Według przywódców południowokoreańskich

---

<sup>128</sup> *Ibidem*.

<sup>129</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 116. Po katastrofie w elektrowni w Fukushima 63% ludzi opowiedziało się przeciwko EJ.

<sup>130</sup> *South Korea*, CAB, EIA, 2014.

<sup>131</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 151.

energia jądrowa zapewniała wzrost siły wojskowej i bezpieczeństwa energetycznego kraju.

W roku 1956 rząd ustanowił Departament Energii Atomowej (Atomic Energy Department). W 1957 roku Korea Południowa dołączyła do MAEA, a w marcu 1958 roku przyjęła ustawę o energii atomowej. W 1959 roku powstało Biuro Energii Atomowej (Office of Atomic Energy) i Instytut Badawczy (Atomic Energy Research Institute) zarządzający badaniami naukowymi na koreańskich uniwersytetach.

Możliwość komercjalizacji technologii jądrowej została wzmocniona przez wprowadzoną w 1960 roku politykę, która łączyła działania firm wytwórczych, przemysłu budowlanego oraz dostawców wyposażenia w celu umożliwienia rozwoju krajowym firmom zdolnym do współzawodnictwa na rynkach zagranicznych. W 1961 roku rząd utworzył wspomnianą korporację Korea Electric Power (KEPCO), łącząc trzy istniejące firmy energetyczne<sup>132</sup>. W 1962 roku uruchomiono w Seulu pierwszy reaktor badawczy KRR-1 typu TRIGA Mark II<sup>133</sup>. Rząd Korei przyjął strategię rozwoju technologii jądrowej przez uczenie się od najlepszych na świecie, tak by następnie wykształcić własną kadrę inżynierską zdolną do stworzenia oryginalnej koreańskiej technologii. Kiedy uruchomiono pierwszy plan strategiczny w latach 60. XX wieku, głównym celem była modyfikacja amerykańskich projektów reaktora PWR (*Pressurized Water Reactor*) oraz kanadyjskich projektów (CANDU)<sup>134</sup>. W 1982 roku stworzono Korea Nuclear Fuel Company, by przenieść na lokalny grunt technologie paliwa jądrowego i zaawansowane badania nad reaktorami, a także technologie transferowane z zagranicy.

W latach 70. XX wieku Korea Południowa importowała ponad 97% paliw energetycznych. Gospodarka kraju była bardzo wrażliwa na wzrosty cen paliw na rynku światowym. W 1968 roku rząd południowokoreański stworzył długoterminowy program rozwoju EJ, a w 1971 roku rozpoczęła się budowa pierwszej elektrowni.

Pierwszy reaktor energetyczny Kori-1 został podłączony do sieci w kwietniu 1978 roku<sup>135</sup>. Na początku lat 80. XX wieku oddano do użytku osiem kolejnych reaktorów. Od tego czasu następował stopniowy rozwój sektora jądrowego, a energia jądrowa jest ciągle postrzegana jako niezbędna dla wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego. Kori-1 i Kori-2 były zbudowane przez amerykańską firmę Combustion Engineering (obecnie jest częścią Westinghouse Electric), a Wolson-1 został skonstruowany przez Atomic Energy of Canada

---

<sup>132</sup> *Ibidem*, s. 152.

<sup>133</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1, 4 września 2013, <http://poznajatom.pl> (dostęp: 25.07.2015).

<sup>134</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 158.

<sup>135</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1.



Limited (AECL). Te trzy obiekty zakupiono jako projekty „pod klucz”. Następne sześć reaktorów (Kori-3 i 4, Yonggwang-1 i 2, Ulchin-1 i 2) to także konstrukcje zagraniczne, lecz już z większym udziałem krajowych firm – głównie Hyundai. Pod koniec lat 80. XX wieku eksploatowano sześć reaktorów energetycznych konstrukcji Combustion Engineering, dwa Framatome (obecnie Areva) i jeden AECL<sup>136</sup>.

Korea Południowa nie posiada żadnych zdolności w zakresie wzbogacania uranu i jest całkowicie zależna od usług zagranicznych firm. Kraj importuje całe paliwo uranowe potrzebne do produkcji prądu w elektrowniach jądrowych na podstawie trzydziestoletniej umowy o współpracy jądrowej ze Stanami Zjednoczonymi<sup>137</sup>. Republika Korei posiada jądrowy cykl paliwowy otwarty, bez wzbogacania i przerobu wypalonego paliwa, a w ramach umowy strona amerykańska wypełnia wszelkie zapotrzebowanie związane z cyklem paliwowym<sup>138</sup>. Dodatkowo w 2007 roku przedsiębiorstwo KHNP podpisało długoterminowy kontrakt o wartości 1 mld EUR z firmą Areva NC na wykonywanie usług wzbogacania w zakładach Georges Besse II we Francji, a następnie w 2009 roku przejęło 2,5% udziałów w tej spółce<sup>139</sup>.

W rządowym planie na lata 2011–2014 (*Fifth Basic Plan for Long-Term Electricity Supply and Demand 2011–2014*) założono, że do 2024 roku połowa prądu elektrycznego będzie generowana ze źródeł jądrowych. Ten cel uległ zmianie w planie szóstym po wydarzeniach w Fukushima, szczególnie wobec protestów społecznych, ale w sposób mało znaczący<sup>140</sup>. Spodziewany jest stały wzrost zainstalowanej mocy, rząd bowiem planuje znaczący rozwój mocy elektrowni jądrowych, tak by do 2016 roku osiągnąć 25 tys. MW w 28 reaktorach. Równocześnie zrewidowano długoterminowe założenia rozwoju energetyki jądrowej, zmniejszając planowany udział w wytwarzaniu prądu elektrycznego z 41% w 2030 roku do 29% w 2035 roku.

Korea Południowa ma długą historię doświadczeń z EJ, opartą na licencjach innych firm: Westinghouse, kanadyjskiego AECL (CANDU), Framatome i Combustion Engineering. W 1990 roku Korea Południowa zaczęła odgrywać znacznie aktywniejszą rolę w budowie elektrowni jądrowych, a koreańska firma Doosan przejęła licencję technologiczną od Combustion Engineering na

---

<sup>136</sup> *Ibidem*.

<sup>137</sup> W 1992 r. wraz z Koreą Północną podpisały *Wspólną deklarację w sprawie denuklearyzacji Półwyspu Koreańskiego*, w której m.in. zobowiązały się do nieposiadania instalacji do wzbogacania uranu i przerobu wypalonego paliwa.

<sup>138</sup> *South Korea*, CAB, EIA, 2014.

<sup>139</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1.

<sup>140</sup> *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements> (dostęp: 15.08.2015).

projekt reaktora, który został przekształcony przez Koreańczyków jako konstrukcja OPR-1000<sup>141</sup>.

Rozwój programu EJ zintensyfikowano w latach 1992–2001 z nastawieniem na rozwój własnych rozwiązań technologicznych, które mogłyby się stać podstawą do uzyskania narodowej niezależności energetycznej i podstawą oferty zagranicznej, opartej na rodzimych rozwiązaniach<sup>142</sup>. Ważnym etapem rozwoju było opracowanie projektu standardowej elektrowni jądrowej – Korean Standard Nuclear Plant (KSNP). Od 1995 roku wszystkie elektrownie jądrowe są budowane prawie wyłącznie przy wykorzystaniu rodzimych technologii<sup>143</sup>. Projekt KSNP rozwijano od 2005 roku pod nazwą OPR-1000 (*Optimized Power Reactor*). Zaoferowano go jako wersję eksportową na wschodzące rynki azjatyckie. Dwanaście jednostek tej konstrukcji zostało zbudowanych od roku 2008, a jej nowa ulepszona wersja – reaktor APR-1400 (*Advanced Pressurized Reactor*) – opiera się na CE System 80+, który posiada amerykański certyfikat NRC jako reaktor III generacji. APR-1400 znajduje się w budowie od maja 2014 roku<sup>144</sup>. Program badawczy w dużej mierze odniósł sukces i obecnie KEPCO nie jest już zależna od technologii Westinghouse ani CANDU, ale buduje i eksportuje, opierając się na własnych patentach jednostek 1000 MW OPR i 1400 MW APR<sup>145</sup>.

Korea Południowa stała się międzynarodowym liderem w dziedzinie technologii jądrowej. W grudniu 2009 roku KEPCO wygrał kontrakt o wartości 20 mld USD na budowę czterech reaktorów jądrowych APR-1400 (1400 MWe) w Zjednoczonych Emiratach Arabskich w miejscowości Barakah, z których pierwszy ma zostać oddany do eksploatacji w 2017 roku. W ten sposób Korea Południowa weszła na rynki międzynarodowe jako dostawca. Seul, wygrywając kontrakt o wartości 20 mld USD, pokonał doświadczone firmy z krajów

---

<sup>141</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 43.

<sup>142</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 163–164.

<sup>143</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1.

<sup>144</sup> APR-1400 w maju 2003 r. uzyskał certyfikat koreańskiego instytutu ds. bezpieczeństwa jądrowego – Korean Institute of Nuclear Safety (KINS). Projekt opracowany został przez firmę Korea Power Engineering Company (KOPEC), a głównym jego wykonawcą jest firma Doosan. Reaktor ten (o mocy nominalnej 1455 MWe) cechuje zwiększony stopień odporności sejsmicznej wynoszący 300 Gal. Urządzenie posiada sześćdziesięcioletni okres gwarantowanej eksploatacji i zmniejszony koszt budowy o 10–20% w stosunku do OPR-1000. Cztery reaktory APR-1400 są w budowie, a kolejne pięć jest planowanych.

<sup>145</sup> W 2007 r. firma KHNP zdecydowała się nie przedłużać porozumienia o transferze technologii z firmą Westinghouse i obie strony doszły do porozumienia, że każda z nich może dysponować technologią, którą opracowano wspólnie, i że nie będą konkurować z sobą przy zdobywaniu zagranicznych kontraktów na budowę APR-1400. Westinghouse wciąż pozostaje właścicielem kilku patentów niezbędnych przy budowie APR-1400, które przejął, kupując firmę Combustion Engineering. KHNP stara się więc rozwijać produkcję własnych komponentów, mogących zastąpić te, na które wymagana jest licencja Westinghouse.

o długoletnich tradycjach jądrowych, takich jak Francja, Stany Zjednoczone czy Rosja (koreańska oferta cenowa była znacznie niższa niż kontroferty dostawców z Kanady i RPA – szacowane koszty energii dla APR to 2,300 USD/kW, podczas gdy dla EPR – 2900 USD/kW, a dla ABWR GE Hitachi – 3,583 USD/kW)<sup>146</sup>. Francuska Areva ostro skrytykowała zaniżenie oferty, podając w wątpliwość bezpieczeństwo reaktora APR-1400 i porównując koreański reaktor do „samochodu bez pasów i poduszek bezpieczeństwa”<sup>147</sup>. W konsekwencji koreański przemysł jądrowy podjął działania w celu dostosowania projektu do europejskich standardów bezpieczeństwa. Wizerunek Korei jako wiarygodnego dostawcy został jednak znacząco naruszony przez aferę fałszowania dokumentów kontroli jakości. W listopadzie 2012 roku okazało się, że naruszono procedurę kontroli jakości, a certyfikaty bezpieczeństwa dla tysięcy komponentów zostały pominięte<sup>148</sup>. W rezultacie zamknięto dwa reaktory (Yongwang-5 i 6), a dla pięciu kolejnych czasowo wyłączonych przedłużono czas wyłączenia. Inne trzy reaktory zostały wyłączone w Korei Południowej na okres siedmiu miesięcy od maja 2013 roku, gdy okazało się, że testy kontrolne kabli i przewodów zostały sfałszowane<sup>149</sup>. Mimo to aspiracją Korei Południowej jest opanowanie pełnego cyklu paliwowego i uzyskanie pozycji jednego z najważniejszych światowych eksporterów cywilnych technologii jądrowych. Korea Południowa dąży do opanowania pełnego jądrowego cyklu paliwowego i budowy zakładów wzbogacania uranu oraz przerobu wypalonego paliwa (uzyskania zdolności w tzw. wrażliwych technologiach ENR – *Enrichement and Reprocessing Technologies*). Własne zdolności w zakresie wzbogacania uranu uniezależniłyby Koreę od zagranicznych dostawców, jak również – co wydaje się bardziej istotne dla rządu w Seulu – pozwoliłyby zaoferować korzystniejsze warunki kontraktów przez przedsiębiorstwa koreańskie nie tylko na budowę reaktorów, lecz także na kompleksowe dostawy paliwa (jest to praktyka powszechnie stosowana przez firmy francuskie, amerykańskie i rosyjskie). Dodatkowo posiadanie zakładu przerobu pozwoliłoby radykalnie zmniejszyć ilość odpadów promieniotwórczych przeznaczonych do ostatecznego składowania oraz w bardziej efektywny sposób wykorzystywać importowany uran, przyczyniając się tym samym do redukcji kosztów paliwa. Korea Południowa w 1974 roku podpisała ze Stanami Zjednoczonymi porozumienie o współpracy w dziedzinie EJ,

---

<sup>146</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 43.

<sup>147</sup> Koreańskie media poinformowały, że cena była wyjątkowo niska, znacznie niższa niż w zaproszeniu do składania ofert SIWZ.

<sup>148</sup> Pod koniec 2012 r., w wyniku sfałszowania certyfikatów bezpieczeństwa kilku elektrowni jądrowych, na podstawie decyzji rządu doszło do tymczasowego zamknięcia czterech reaktorów, a sześć kolejnych zostało wyłączonych w celu konserwacji (łącznie spowodowało to spadek mocy o 40%).

<sup>149</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 43.

co było podstawą rozwoju jej programu jądrowego. W ramach tego porozumienia nie może ona bez zgody strony amerykańskiej – jako dostawcy paliwa dla reaktorów koreańskich – przerabiać tego paliwa. Wspomniane porozumienie wygasło w 2014 roku. Dyplomacja koreańska prowadzi intensywne rozmowy ze Stanami Zjednoczonymi w celu zmiany niekorzystnych zapisów i uzyskania zgody Waszyngtonu na taki przerób<sup>150</sup>. Rząd amerykański stoi na stanowisku, że uzyskanie przez Koreę zdolności w zakresie ENR może wysłać zły sygnał do społeczności międzynarodowej i zdestabilizować reżim nieproliferacyjny, inne bowiem kraje również zażądadają dostępu do tych technologii i podobnych zapisów w porozumieniach zawartych ze Stanami Zjednoczonymi (np. Jordania, Tajwan, Wietnam). Stoi to w sprzeczności z amerykańską polityką ograniczania na świecie dostępu do technologii ENR<sup>151</sup>. Waszyngton uważa, że wprowadzenie tych technologii do Republiki Korei zniweczy dalsze wysiłki mające na celu skłonienie Korei Północnej do porzucenia jej programu broni jądrowej. Waszyngton obawia się także, że Seul mógłby w przyszłości wykorzystać te technologie do rozwoju własnego programu broni jądrowej<sup>152</sup>.

Zarządzaniem odpadami promieniotwórczymi zajmuje się Korea Radioactive Waste Management Corporation (KRMC). Odpady nisko- i średnioaktywne (*Low- and Intermediate Level Radioactive Waste – LILW*) są tymczasowo przechowywane na terenie każdej z elektrowni, ale planuje się budowę składowiska wypalonego paliwa w głębokich formacjach geologicznych. W zależności od przyjętej polityki postępowania z takim paliwem będzie w nich składowane samo paliwo lub tylko wysokoaktywne odpady (*High Level Radioactive Waste – HLW*) powstałe w procesie jego przerobu.

Korea Południowa jest stroną *Traktatu o nierozprzestrzaniu broni jądrowej* (NPT) jako państwo bez broni nuklearnej. Umowa zabezpieczenia pod reżimem NPT weszła w życie w 1975 roku (władze koreańskie podpisały również protokół dodatkowy).

---

<sup>150</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1. Władze koreańskie uważają, że technologia reprocessowania nie jest obciążona zagrożeniem proliferacyjnym (nie można uzyskać za jej pomocą czystego plutonu, który teoretycznie mógłby zostać użyty do konstrukcji broni jądrowej).

<sup>151</sup> *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1.

<sup>152</sup> W Seulu pojawiają się również głosy, że dotychczasowe porozumienie ze Stanami Zjednoczonymi jest niekorzystne dla Korei i ogranicza jej suwerenność oraz że zasługuje ona na podobne traktowanie jak Japonia, która od 1988 r. posiada taką zgodę i buduje własne zdolności do przerobu wypalonego paliwa, za: *Program Jądrowy w Republice Korei*, cz. 1.

## Perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Afryce i regionie Bliskiego Wschodu

### 6.1. Republika Południowej Afryki i Egipt

RPA. Jedyna elektrownia jądrowa na kontynencie afrykańskim działa w RPA i jest zlokalizowana na wschód od Cape Town. Dostarcza 14,8 TWh, czyli 6,2% energii elektrycznej produkowanej w tym kraju (2014). Elektrownia Koeberg została zbudowana przez Framatome (obecnie Areva) i uruchomiona na przełomie lat 1984/1985 (pierwszy spośród dwóch reaktorów rozpoczął pracę w 1984 r.).

Rząd RPA planuje przedłużyć żywotność elektrowni do 40 lat oraz zbudować dodatkowe moce 20 GW z reaktorów wodno-ciśnieniowych (PWR) w perspektywie 2025 roku. Plan został jednak zredukowany w lutym 2012 roku przez Departament Energii do poziomu 9,6 GW (6 reaktorów do 2030 r.)<sup>1</sup>. W listopadzie 2013 roku Nuclear Energy Corporation of South Africa (NECSA) podpisał porozumienie z rosyjskim NIAEP-Atomstroyexportem o strategicznym partnerstwie, obejmującym budowę elektrowni jądrowych i gospodarowanie odpadami oraz pomoc finansową. Strategiczne partnerstwo zakłada wspólną realizację krajowego rozwoju EJ w RPA. We wrześniu 2014 roku Rosatom zawarł natomiast umowę mającą przyspieszyć perspektywy budowy elektrowni o mocy do 9,6 GW do roku 2030. Jak stwierdził minister energetyki RPA: „Ta umowa umożliwia RPA dostęp do rosyjskiej technologii, finansowania i infrastruktury, a także zapewnia właściwą i solidną platformę dla przyszłej intensywnej współpracy”<sup>2</sup>. Rosatom Overseas potwierdził także prawdopodobieństwo rosyjskiej pożyczki rządowej na zasadach *Build-Own-Operate* (BOO).

---

<sup>1</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris-London-Washington, D.C., July 2014, s. 94.

<sup>2</sup> *Nuclear Power in South Africa*, WNA, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Africa> (dostęp: 20.07.2015).

W październiku 2014 roku została podpisana umowa o współpracy jądrowej z francuską Arewą, zakładająca rozwój współpracy na podstawie technologii reaktora III+ generacji typu EPR<sup>3</sup>. Także w listopadzie 2014 roku zostało podpisane porozumienie o współpracy międzyrządowej z Chinami. Otworzyło to fazę przygotowawczą do zastosowania chińskiej technologii w RPA w przyszłości. Ta zdywersyfikowana polityka negocjacji z różnymi dostawcami stwarza władzom RPA korzystne uwarunkowania wyboru najlepszej oferty budowy reaktorów. Aktywność RPA na polu rozwoju programu atomowego może zostać jednak znacznie opóźniona ze względu na znaczne ograniczenia finansowe oraz dynamiczny rozwój OZE, szczególnie elektrowni wodnych w tym kraju. RPA staje się ważnym inwestorem w sektor OZE. Według raportu *REN21 2014* RPA zajmuje ósme miejsce na świecie pod względem inwestycji w OZE (4,9 mld USD) oraz czwarte pod względem inwestycji jako udziału w PKB (za rok 2012)<sup>4</sup>. W 1991 roku kraj ten podpisał *Traktat o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej* (więcej zob. rozdz. 11).

**Egipt.** Krajem afrykańskim, który ma ambicje uruchomienia cywilnego programu EJ, jest Egipt, ale ze względu na destabilizację po Arabskiej Wiośnie w najbliższej perspektywie wydaje się to niemożliwe. Niemniej jednak należy odnotować, że już w 1955 roku Egipt ustanowił Komisję Energii Atomowej odpowiedzialną za licencjonowanie i regulacje. W 1964 roku zaproponowano nawet lokalizację elektrowni jądrowej w związku z projektem odsalania wody, która ostatecznie jednak nie powstała. W 1983 roku 250 kilometrów na zachód od Aleksandrii wybrano lokalizację dla elektrowni jądrowej. Koncerny z Niemiec (KWU), Francji (Framatome) i Stanów Zjednoczonych (Westinghouse) wzięły udział w przetargu, ale po katastrofie w Czarnobylu władze egipskie porzuciły projekt. Dopiero w kwietniu 2013 roku Egipt znów zgłosił chęć budowy elektrowni jądrowej i zamiar odnowienia umowy o współpracy jądrowej z Rosją, zakładającej budowę elektrowni atomowej w mieście Ad-Daba oraz wspólne wydobywanie złóż uranu (planowane są cztery jednostki w latach 2020–2026). W lipcu 2015 roku Korea Electric Power Co. i Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) zgłosiły ofertę budowy reaktorów, podobną propozycję złożyły również Chiny. Egipt planuje także budowę czterech zakładów odsalania z użyciem elektrowni jądrowych do 2025 roku. Kraj ten podpisał NPT w 1968 roku, ale do 1981 roku go nie ratyfikował, uzależniając to od działań Izraela. W konsekwencji EJ nie mogła się rozwijać w Egipcie w latach 70. XX stulecia.

---

<sup>3</sup> AREVA Signs a 300 Million Euro Contract with ESKOM, Republic of South Africa Utility, 6<sup>th</sup> September 2014, <http://www.areva.com/EN/news-10304/areva-signs-a-300-million-euro-contract-with-eskom-republic-of-south-africa-utility.html> (dostęp: 22.02.2015).

<sup>4</sup> *Renewables 2015 Global Status Report*, REN 21 Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century, Paris 2015.

## 6.2. Energia jądrowa w krajach Zatoki Perskiej

Rozwojem EJ na dużą skalę są także zainteresowane bogate w ropę i gaz ziemny kraje Półwyspu Arabskiego mimo że posiadają doskonałe uwarunkowania przyrodnicze (nasłonecznienie) do oparcia polityki energetycznej na źródłach odnawialnych. W grudniu 2006 roku sześć państw Rady Współpracy Zatoki Perskiej (GCC) – Kuwejt, Arabia Saudyjska, Bahrajn, Zjednoczone Emiraty Arabskie (ZEA), Katar i Oman – ogłosiły, że Rada zleca badania pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Wymienione państwa mają całkowitą zainstalowaną moc około 90 GW i wspólną zintegrowaną sieć energii elektrycznej (z wyjątkiem Arabii Saudyjskiej). Mają również duże zapotrzebowanie na odsalanie, obecnie zaspokajane przy użyciu ropy i gazu ziemnego. W lutym 2007 roku sześć państw uzgodniło z MAEA współpracę w opracowaniu studium wykonalności dla regionalnej elektrowni jądrowej i programu odsalania z wykorzystaniem energii jądrowej. Kraje te są sygnatariuszami NPT. W 2013 roku kilka krajów Zatoki dokonało znacznego postępu w pracach nad budową pierwszej elektrowni jądrowej.

**Zjednoczone Emiraty Arabskie.** Szybki wzrost gospodarczy i demograficzny w ciągu ostatniej dekady zwiększa zapotrzebowanie na prąd elektryczny w ZEA. Zużycie energii elektrycznej w 2010 roku wzrosło o 8,5% wobec 2009 roku. Kraj zwiększa zainstalowane moce. Większość energii elektrycznej w ZEA jest generowana przy użyciu elektrowni gazowych. Pomimo posiadania jednych z największych złóż węgłowodorów na świecie ZEA planują zdywersyfikować źródła energii przez wprowadzenie energii jądrowej i odnawialnej (projekt Masdar). W grudniu 2009 roku ZEA podpisały dwudziestomiliardowy kontrakt z KEPCO na budowę czterech reaktorów jądrowych, a w lipcu 2012 roku zostały zatwierdzone licencje dla koreańskiego koncernu na budowę pierwszych dwóch reaktorów o mocy 1400 MW<sup>5</sup>. W maju 2013 roku Emirates Nuclear Energy Corporation położył fundamenty pod drugą jednostkę jądrową w miejscowości Barakah. Pierwszy z czterech reaktorów ma zostać uruchomiony w 2017 roku, a pozostałe mają osiągnąć zdolność operacyjną w 2020 roku. Po zbudowaniu pierwszego reaktora ZEA staną drugim krajem w regionie (po Iranie) posiadającym krajowy program EJ. W celu uniknięcia zaniepokojenia i obaw odnośnie do wykorzystania technologii jądrowych ZEA otrzymały od MAEA zatwierdzenie dla swoich projektów

---

<sup>5</sup> *South Korea Awarded UAE Nuclear Power Contract*, BBC News, 27<sup>th</sup> December 2009, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8431904.stm> (15.02.2015); *S Koreans win \$20bn UAE nuclear power contract*, „Financial Times”, 28<sup>th</sup> December 2009, <http://www.ft.com/cms/s/0/1655d5c6-f2e3-11de-a888-00144feab49a.html#axzz3fj8OoxJt> (dostęp: 25.02.2015).

jądrowych, zobowiązując się równocześnie do rezygnacji z krajowego wzbogacenia i przerobu paliwa jądrowego (w 2003 r. ZEA ratyfikowały porozumienie z MAEA o poddaniu się kontroli, mianując w 2008 r., swojego ambasadora przy MAEA oraz przyjmując odpowiednie krajowe ustawodawstwo). Zgodnie z zaleceniami Agencji ZEA powołały publiczną organizację oceny i wdrożenia planu EJ – Energy Corporation (ENEC). W 2009 roku ZEA podpisały umowę o współpracy nuklearnej ze Stanami Zjednoczonymi i Koreą Południową, a w październiku tego samego roku przyjęły prawo federalne o pokojowym wykorzystaniu energii jądrowej, zapewniające system licencjonowania i kontroli materiałów jądrowych, jak również ustanawiające niezależny organ do nadzoru całego sektora programu jądrowego w ZEA, na czele którego stanął przedstawiciel Stanów Zjednoczonych<sup>6</sup>. Ustawa określa także, że wzbogacanie uranu lub przetwórstwo zużytego paliwa jest nielegalne.

Mimo że Dubaj stanowi część Zjednoczonych Emiratów Arabskich, to rozważa możliwość samodzielnego rozwoju programu jądrowego niezależnie od elektrowni Barakah w Abu Zabi. W 2009 roku powołał Radę Najwyższą Energii jako niezależny podmiot prawny, którego zadaniem jest nadzorowanie wszystkich spraw związanych z sektorem energetycznym w Dubaju. Dotyczy to również możliwości wykorzystania energii jądrowej na potrzeby wytworzenia energii elektrycznej i dla zakładów odsalania<sup>7</sup>. ZEA są sygnatariuszem *Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej* (NPT).

**Arabia Saudyjska.** Arabia Saudyjska to główny producent i konsument energii elektrycznej spośród państw Zatoki Perskiej, powstającej przy wykorzystaniu ropy naftowej i gazu ziemnego. W sierpniu 2009 roku Saudowie ogłosili, że rozważają rozwój cywilnego programu EJ, a w kwietniu 2010 roku ogłoszono dekret królewski, w którym znalazło się stwierdzenie: „Rozwój energetyki atomowej jest niezbędny, aby sprostać rosnącym wymaganiom królestwa odnośnie do potrzeb energetycznych do wytwarzania energii elektrycznej, produkcji odsolonej wody i zmniejszenia uzależnienia od wyczerpujących się zasobów węgłowodorów”<sup>8</sup>. Agencja King Abdullah City for Nuclear and Renewable Energy (KA-CARE) utworzona w Rijadzie jest odpowiedzialna za rozwój saudyjskiego programu EJ i nadzorowanie projektów zagospodarowania odpadów radioaktywnych. W czerwcu 2010 roku powołano fińsko-szwajcarską firmę konsultingową Poyry mającą na za zadanie opracowanie strategii zastosowania EJ i OZE w technologii odsalania wody morskiej. W listopadzie 2011 roku

---

<sup>6</sup> Wielka Brytania i Japonia także podpisały protokoły ustaleń w sprawie współpracy w dziedzinie energii jądrowej z ZEA.

<sup>7</sup> *United Arab Emirates*, CAB, EIA, 2015.

<sup>8</sup> *Emerging Nuclear Energy Countries*, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Others/Emerging-Nuclear-Energy-Countries> (dostęp: 25.06.2015).



przeprowadzono identyfikację potencjalnych miejsc lokalizacji elektrowni jądrowej. Toshiba/Westinghouse i Exelon starają się o kontrakty w Arabii Saudyjskiej, obejmujące zbudowanie bloków jądrowych, jednak porozumienie o współpracy jądrowej z początku 2011 roku daje Francji najsilniejszą pozycję w procesie ofertowym<sup>9</sup>. Arabia Saudyjska podpisała wiele umów o współpracy w zakresie cywilnych technologii jądrowych między innymi z Argentyną (odsalanie) i Koreą Południową (budowa elektrowni jądrowych i reaktorów badawczych, szkolenia, bezpieczeństwa i gospodarki odpadami). W styczniu 2012 roku zawarto umowę z Chinami. Dotyczyła ona rozwoju i utrzymania elektrowni jądrowych oraz reaktorów badawczych, a także dostaw paliwa jądrowego. Agencja KA-CARE prowadzi również negocjacje z Rosją, Czechami, Wielką Brytanią i Stanami Zjednoczonymi w zakresie potencjalnej współpracy (szczególnie zaawansowane są te z USA).

W czerwcu 2011 roku agencja KA-CARE ogłosiła, że planuje budowę 16 reaktorów jądrowych w ciągu najbliższych 20 lat (do 2031 r.), z budżetem inwestycyjnym ponad 80 mld USD. Pierwsze dwa reaktory są planowane do 2021 roku, a następne dwa corocznie do 2030 roku. Łącznie mają one generować około 20% energii elektrycznej w Arabii Saudyjskiej. Mniejsze reaktory, takie jak argentyński CAREM, są przewidziane do odsalania wody morskiej. W kwietniu 2013 roku KA-CARE prognozowała, że do 2032 roku Arabia Saudyjska osiągnie moc 18 GWe z EJ na tle całkowitej zainstalowanej mocy 123 GW (16 GW z PV, 25 GW z CSP, 4 GW z energii geotermalnej, wiatrowej i odpadów). W 2032 roku około połowa mocy wytwórczych energii elektrycznej nadal jednak będzie pochodzić z węglowodorów. Do 2032 roku Arabia Saudyjska planuje dodać 18 GW z energii jądrowej oraz 41 GW z energii słonecznej i 4 GW ze źródeł odnawialnych, aby zwiększyć dostawy prądu elektrycznego<sup>10</sup>.

**Inne kraje Zatoki Perskiej.** Oman i Katar podjęły własne działania weryfikujące możliwość budowy elektrowni jądrowej. Katar w 2010 roku podpisał umowę o współpracy nuklearnej z rosyjskim Rosatomem (podobnie Oman w 2009 r.). Wspomniane państwa rozważają budowę elektrowni w celu produkcji energii elektrycznej, ale także odsalania wody pitnej. Kuwejt ustanowił Narodową Komisję Energii Jądrowej w porozumieniu z MAEA. W kwietniu 2010 roku kraj ten podpisał umowę o współpracy nuklearnej z Francją.

---

<sup>9</sup> Coraz bardziej zacieśniana współpraca może sygnalizować otwarcie rynku Arabii dla francuskiej grupy jądrowej Areva, która starała się o kontrakty eksportowe. W październiku 2015 r. Francja i Arabia Saudyjska podpisały umowy dotyczące współpracy o wartości 10 mld EUR, obejmując m.in. transport, energię i przemysł lotniczy, za: *France and Saudi Arabia Sign Contracts Worth 10 Billion Euros*, RFI, 13<sup>th</sup> October 2015.

<sup>10</sup> *Saudi Arabia*, CAB, EIA, 2015.

Obejmuje ona szeroki zakres zastosowań cywilnej energii jądrowej, w tym do produkcji energii elektrycznej, odsalania wody, do rozwoju badań, a także na użytek agronomii, biologii, nauk o ziemi i medycyny. W grudniu 2010 roku Kuwait Investment Authority wykupił 4,8% udziałów w Arevie za 600 mln EUR<sup>11</sup>. Kuwejt posiada umowy o współpracy nuklearnej ze Stanami Zjednoczonymi, Rosją i Japonią. We wrześniu 2010 roku ogłosił także zamiar budowy czterech reaktorów o mocy 1000 MWe każdy do 2022 roku, ale w połowie 2011 roku tymczasowo się z tych planów wycofał.

### 6.3. Jordania

Jordania jest połączona regionalną siecią energetyczną z Egiptem (500 MWe) i z Syrią (300 MWe) oraz z Izraelem i Palestyną, co służy zwiększeniu bezpieczeństwa energetycznego oraz uzasadnia budowę bloków jądrowych. Jordania ma deficyt wody. Strategia narodowa zakłada, że 6% energii elektrycznej będzie pochodzić z energii jądrowej, a do 2030 roku aż 30%, tak by kraj mógł eksportować energię elektryczną, wykorzystując regionalne sieci przesyłu. Pierwszy reaktor ma stanąć w północnej prowincji Majdal Al Mafraq, około 40 kilometrów na północ Ammanu, ze względu na odpowiednie warunki sejsmiczne. W listopadzie 2009 roku JAEC (Jordan Atomic Energy Commission) podpisała porozumienie z WorleyParsons na wykonanie prac przygotowawczych do budowy elektrowni jądrowej (1000 MW). Firma ta przeprowadziła wybór technologii reaktora, przygotowując proces ofertowy, oraz asystowała w planach analizy możliwości cyklu paliwa i zarządzania odpadami. W 2009 roku JAEC oceniła 7 ofert dostawców reaktorów, a w październiku 2013 ogłosiła, że Atomstroyexport (ASE) dostarczy dwa reaktory AES-92, Rosatom Overseas będzie zaś partnerem strategicznym i operatorem elektrowni przez *joint venture*. Rosja zapewni 49,9% finansowania, a rząd jordański odpowiednio 50,1% kosztów i pakietu kontrolnego. Zakład będzie działał na zasadzie BOO. Rosatom dostarczy całe paliwo i odbierze zużyte paliwo. W listopadzie 2013 roku JAEC zadeklarowała, że zbuduje kilka małych reaktorów o mocy 180 MWe we współpracy z Koreą Południową, poczynając od dostarczenia reaktora badawczego o mocy 5 MW. Reaktor badawczy będzie także dostarczał radioizotopy dla medycyny, przemysłu i rolnictwa. JAEC podjęła również aktywną współpracę z francuską Arewą, gdy w październiku 2008 roku powstała spółka *joint venture* celem zbadania zasobów uranu w Jordanii (przekształcona w 2010 r.

---

<sup>11</sup> *Areva Gets Cash Injection from Kuwait*, Reuters, 10<sup>th</sup> December 2010, <http://www.reuters.com/article/idUSLDE6B90KO20101210> (dostęp: 20.10.2015).

w spółkę JV Nabatean Energy). W czerwcu 2012 roku zidentyfikowano ponad 20 tysięcy ton rud uranu na obszarze 72 km<sup>2</sup>, gdzie będzie przeprowadzone studium wykonalności określające możliwość jego wydobycia. Areva stwierdziła, że jej celem jest stworzenie pełnej współpracy z Jordanią w zakresie szkolenia i technologii nuklearnej<sup>12</sup>. Oprócz umowy z Francją Jordania podpisała także dokumenty dotyczące współpracy jądrowej z Kanadą, Wielką Brytanią i Rosją, Koreą Południową, Japonią, Hiszpanią, Włochami, Rumunią, Turcją i Argentyną, w zakresie produkcji energii elektrycznej i odsalania wody, a także zaktywizowała współpracę z MAEA<sup>13</sup>. Porozumienie o współpracy ze Stanami Zjednoczonymi jest w trakcie negocjacji, aczkolwiek Stany Zjednoczone naciskają, by Jordania przyjęła na wzór ZEA – zobowiązała się do rezygnacji z wytwarzania paliwa jądrowego i wykluczyła samodzielne wzbogacanie uranu.

---

<sup>12</sup> W Jordanii poszukiwania złóż uranu prowadzi także chińska China National Nuclear Corporation (CNNC) w Hamra-Hausha na północy i Wadi Baheyya na południu kraju.

<sup>13</sup> W 2007 r. Jordania dołączyła do Globalnego Partnerstwa Energii Jądrowej (Global Nuclear Energy Partnership, przekształconego w w 2010 r. w International Framework for Nuclear Energy Cooperation).

## Energetyka jądrowa w Rosji i byłych republikach ZSRR

### 7.1. Rosja – mocarstwo atomowe z globalnymi aspiracjami eksportowymi

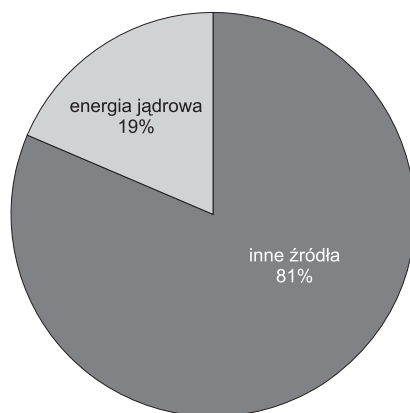
Rosja jako rdzeń byłego ZSRR ma bogatą historię związaną z energią atomową, będąc jednym z pierwszych krajów, który zbudował reaktor jądrowy, a także przeprowadził testy i skonstruował broń atomową. 26 czerwca 1954 roku została uruchomiona pierwsza na świecie cywilna elektrownia jądrowa (reaktor moderowany grafitem o mocy 3 MWe) w Obnińsku. Rozwój krajowego sektora EJ był silnie naznaczony przez wypadek w Czarnobylu z 1986 roku, który spowodował powstanie silnego ruchu antynuklearnego w Rosji oraz wstrzymanie budowy dziesiątków zakładów w trakcie prac konstrukcyjnych<sup>1</sup>. Rosyjska branża EJ przeżywała długi okres stagnacji po katastrofie w Czarnobylu i w latach 90. w wyniku przemian politycznych i problemów gospodarczych. Obecnie panuje jednak przekonanie, że rosyjski przemysł jądrowy przeżywa renesans. Kilka dekad po wypadku elektrownie jądrowe znów wydają się głównym elementem rosyjskiej narodowej polityki energetycznej. Przemysł dąży do zwiększenia krajowej produkcji, a także do wzrostu swojego wpływu na rynkach międzynarodowych przez eksport reaktorów wspierany przez tanie finansowanie (np. pożyczka za dostawy), lecz problemem jest ograniczone zafinansowanie do rosyjskiej technologii.

W 2015 roku w Rosji funkcjonowały 34 reaktory o mocy 25,2 tysięcy MWe, głównie zlokalizowane w europejskiej części kraju. Kluczowym wyzwaniem dla przemysłu jest zarządzanie starzejącą się flotą reaktorów. W połowie

---

<sup>1</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012, s. 132.

2014 roku 19 czynnych reaktorów miało ponad 30 lat, a 4 – ponad 40 lat<sup>2</sup>. W Rosji eksploatowane są trzy główne klasy reaktorów: RBMK, WWER-440 i WWER-1000. Zarówno RBMK, jak i WWER-440 otrzymały zgodę na wydłużenie pracy o 15 lat, co daje łącznie 45 lat, podczas gdy WWER-1000 ma pracować 50 lat<sup>3</sup>. Wytwarzają one około 19% energii elektrycznej (rys. 22), przy czym Rosja jest jednym z niewielu państw, w którym udział energii jądrowej w *electricity mix* wzrasta (2014)<sup>4</sup>.



**Rys. 22.** Produkcja energii elektrycznej w Rosji [%] (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA PRIS database, [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (dostęp: 25.08.2015).

Rosja to trzeci największy wytwórca energii jądrowej na świecie i czwarty pod względem zainstalowanej mocy. Posiada ponadto dziewięć reaktorów jądrowych w trakcie budowy, przy czym dwa z nich to „reaktory pływające” („Akademik Łomonosow” 1 i 2 o mocy 32 MWe)<sup>5</sup>. Sceptycy wskazują na zagrożenia wynikające z piractwa morskiego oraz rosnące ryzyko proliferacji materiałów jądrowych ze względu na możliwość przemieszczenia się platformy.

<sup>2</sup> W tym kilka reaktorów ciepłowniczych.

<sup>3</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris-London-Washington, D.C., July 2014, s. 136.

<sup>4</sup> *Ibidem*, s. 136.

<sup>5</sup> „Akademik Łomonosow” to rosyjska pływająca elektrownia atomowa, pierwsza konstrukcja tego typu na świecie produkowana seryjnie, szczególnie użyteczna w oddalonych regionach, gdzie trudno dostarczać energię. Elektrownie mają cumować w pobliżu nadmorskich miast lub zakładów przemysłowych i produkować ciepło oraz elektryczność na ich potrzeby (reaktor PWR typu KLT-40S zbliżony do tych stosowanych na lodołamaczach). „Akademik Łomonosow” ma zostać oddany do użytku komercyjnego w 2016 r.

Kolejne jednostki powstają między innymi w Petersburgu, Nowoworonieżu oraz w Rostowie. W lutym 2012 roku rozpoczęła się budowa reaktora Bałtyk-1 (lub Bałtyckiej Elektrowni Jądrowej) o mocy 1109 MW typu WWER 491. Budowa została zawieszona w czerwcu 2013 roku ze względu na brak zainteresowania potencjalnych odbiorców prądu, szczególnie Niemiec, które stwierdziły, że nie są zainteresowane połączeniem podmorskim kablem z Kaliningradem<sup>6</sup>. Oficjalnie projekt został zamrożony i w najbliższej przyszłości jest mało prawdopodobne, że prace będą postępować ze względu na niskie ceny prądu na rynku. Rosja jest drugim na świecie (po Chinach i przed Indiami) krajem pod względem liczby jednostek w budowie (2015) oraz jednostek planowanych (aż 31 reaktorów w 10 elektrowniach). Oczekuje się, że jednostki te będą gotowe między 2017 a 2025 rokiem, choć termin ten z pewnością ulegnie opóźnieniu.

Rosja należy do głównych producentów i konsumentów energii elektrycznej na świecie. Paliwa kopalne (ropa, gaz ziemny i węgiel) zapewniają dwie trzecie wytworzonej energii elektrycznej w Rosji, pozostała część to energetyka jądrowa (18%) i wodna (20%) (2014), aczkolwiek w marcu 2010 roku ówczesny premier Władimir Putin ogłosił plan, by do roku 2030 zwiększyć udział EJ do 30%<sup>7</sup>. Rosja eksportuje prąd elektryczny między innymi do Finlandii, Chin i na Litwę, a także do Gruzji, na Ukrainę i do Azerbejdżanu<sup>8</sup>. Ministerstwo Energetyki Rosji reguluje sektor energetyki, z wyjątkiem energii jądrowej, który jest zarządzany przez państwowe przedsiębiorstwo Rosatom – rosyjskiego giganta energetyki jądrowej. Władze na Kremlu realizują ambitne plany wzrostu roli energii jądrowej w krajowym bilansie energetycznym, w tym rozwoju nowych technologii dla reaktorów kolejnej generacji (Rosja to światowy lider w technologii reaktora na prędkich neutronach)<sup>9</sup>. W wyniku modernizacji bardzo wzrosła także sprawność wytwarzania energii jądrowej w stosunku do połowy lat 90. ubiegłego wieku.

Ideologiczne podstawy rosyjskiego programu energii atomowej sięgają wstecz, do lat 20.–30. ubiegłego stulecia, gdy wysiłki elektryfikacji i industrializacji podjęte przez Józefa Stalina stały się drogą do zrewolucjonizowania

---

<sup>6</sup> Projekt Bałtyckiej Elektrowni Jądrowej jest nastawiony na eksport. Oprócz Niemiec także Litwa nie wyraziła zainteresowania importem energii elektrycznej z tego zakładu. Władze Polski nie podjęły pozytywnej decyzji ani w kwestii budowy łącznika, ani importu energii z BEJ, za: M. Menkiszak, *Rosja zamroza budowę elektrowni jądrowej w Kaliningradzie*, OSW, 12 czerwca 2013.

<sup>7</sup> *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements> (dostęp: 29.08.2015).

<sup>8</sup> *Russia*, CAB, EIA, 2015.

<sup>9</sup> Reaktor, w którym reakcje rozszczepienia wywoływane są przez neutrony prężne, a jako paliwo jądrowe stosuje się mieszaninę tlenków plutonu i uranu. Reaktor powielający to reaktor, który wytwarza w ten sposób więcej plutonu, niż go zużywa.

przestarzałej carskiej infrastruktury<sup>10</sup>. Wojna domowa, a także I wojna światowa, drastycznie wpłynęły na sowiecką gospodarkę – wielkość produkcji na przełomie 1922 i 1923 roku wynosiła 15% produkcji osiągniętej przed rokiem 1914<sup>11</sup>. Stalin postrzegał technologię i infrastrukturę, a szczególnie elektryfikację jako podstawowy składnik modernizacji państwa. GOELRO (*Gosudarstwiennaja Komissija po Elektrifikacii Rossii*) była organem założonym 21 lutego 1920 roku w celu opracowania projektu elektryfikacji radzieckiej Rosji<sup>12</sup>.

Technologiczne korzenie programu energii atomowej wywodzą się z wojenskowego programu nuklearnego, który był prowadzony w latach 40. XX wieku, z wyłącznym celem produkcji broni jądrowej. Po zakończeniu II wojny światowej Stalin przeznaczył wielkie zasoby naukowe i inwestycyjne na rozwój technologii jądrowej, oczekując jej szybkiego opanowania. W tym czasie zrzucenie bomby na Hiroszimę już wstrząsnęło światem. Równowaga sił została naruszona. Stalin uczynił Ławrientija Berię (szefa tajnej policji) odpowiedzialnym za rozwój programu jądrowego. Wiązało się to również ze zmuszaniem tysięcy jeńców do pracy w kopalniach uranu, jednostkach badawczych, zakładach przetwórczych oraz tajnych miastach.

Do 1945 roku ZSRR importował paliwo uranowe z Niemiec oraz Czechosłowacji i wykorzystywał schwytanych niemieckich naukowców do rozpoczęcia prac badawczych nad wydzieleniem izotopów w radzieckich więziennych laboratoriach. Te prace stały się podstawą opracowania technik wzbogacania uranu, które Rosja wykorzystuje do dziś.

Do roku 1946 ZSRR uruchomił pierwszy reaktor eksperymentalny, a następnie – w 1948 roku – zakład przetwarzania plutonu w Czelabińsku. Prace nad reaktorem w Obnińsku rozpoczęły się w roku 1952, a osiągnął on zdolność do pracy 9 maja 1954 roku, przy czym pierwszy na świecie prąd elektryczny z paliwa jądrowego wytworzył 26 czerwca 1954 roku. Reaktor w Obnińsku stał się prototypem dla projektu reaktora grafitowego, który został wprowadzony do komercyjnego obiegu w 1963 roku (300 MWe w Belojarskim nad Morzem Kaspijskim), a rok później uruchomiono reaktor o mocy 100 MWe w Swierdłowsku<sup>13</sup>.

---

<sup>10</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *op. cit.*, s. 132.

<sup>11</sup> *Ibidem*, s. 132–133.

<sup>12</sup> Skrót ten również odczytywano jako *Gosudarstwiennyj Plan Elektrifikacii Rossii*. Projekt obliczony na 10–15 lat zakładał budowę 30 elektrowni o łącznej mocy zainstalowanej 1750 MW. Do końca 1935 r. zamiast planowanych 30 elektrowni zbudowano 40 obiektów, a projekt stworzył trwałe podwaliny pod rozwój potencjału gospodarczego ZSRR i wprowadził go do grona prądujących potęg, za: P. Olszowiec, *Energetyka Rosji: skutek odwrotny od zamierzonego? GOELRO, GOELRO-2...*, „Energia Gigawat” 2011, nr 11.

<sup>13</sup> Był to reaktor o konstrukcji kanałowej z moderatorem grafitowym, chłodzony zwykłą wodą, o mocy zaledwie 5 MWe.

Pierwsze dwie komercyjne elektrownie jądrowe w Rosji rozpoczęły pracę w latach 1963–1964. W latach 1960–1970 w ZSRR zbudowano aż 44 reaktory w 25 elektrowniach, przy czym większość z nich była zlokalizowana na Ukrainie. Na bazie reaktora AM-1 z Obnińska w 1964 roku opracowano i uruchomiono reaktory kanałowe drugiej generacji w elektrowni Biełojarsk-1 (100 MWe) i Biełojarsk-2 (200 MWe) w 1967 roku. Na podstawie doświadczeń zdobytych podczas pracy dwóch reaktorów w elektrowni w Biełojarsku opracowano nowy typ reaktora energetycznego dużej mocy, tak zwany RBMK-100 (*Reaktor Bolszoj Moszcznosti Kanałnyj*), który stał się standardem budowanych kolejnych bloków w Związku Radzieckim<sup>14</sup>. Reaktory kanałowe typu RBMK dają możliwość rozbudowy do dużej mocy jednostkowej. Równoległe do prac związanych z blokami typu RBMK opracowywano reaktory zbiornikowe moderowane i chłodzone zwykłą wodą pracującą pod ciśnieniem, w oznaczeniu rosyjskim WWER (*Wodo-Wodianoj Energeticzeskiej Reaktor*), a więc typu PWR. Pierwszy taki blok uruchomiono w 1964 roku w elektrowni Nowoworoneż-1, miał on moc 278 MWe<sup>15</sup>. Pierwszą przemysłową elektrociepłownię w warunkach syberyjskich uruchomiono w latach 70. XX wieku w miejscowości Bilibino w okręgu czukockim, 160 km na północ od koła polarnego. Dzięki doświadczeniom uzyskanym podczas eksploatacji reaktorów wojskowych w Tomsku, przy okazji produkcji plutonu, wykorzystywano ciepło do celów grzewczych w miastach Tomsk oraz Sewiersk, a także podejmowano działania w kierunku uruchomienia cywilnych ciepłowni jądrowych<sup>16</sup>.

Związek Radziecki był pionierem w zakresie wykorzystania energii jądrowej na skalę przemysłową do odsalania wody morskiej<sup>17</sup>. W 1973 roku uruchomiono pierwszy na świecie reaktor jądrowy do odsalania wody morskiej w miejscowości Szewczenko (obecnie Aktau w Kazachstanie) nad Morzem Kaspijskim. Był to reaktor na neutrony prędkie BN-350 (*Bystryj Neutron*) o wydajności odsalania wody 80 tys. m<sup>3</sup>/dzień<sup>18</sup>.

W połowie lat 80. XX wieku w Rosji pracowało już 25 reaktorów. Wypadek w Czarnobylu znacząco wpłynął na cywilny przemysł, powodując tymczasowe wyhamowanie dynamiki budowy nowych jednostek. Upadek Związku Radzieckiego oznaczał dotkliwy brak środków finansowych na rozwój licznych projektów jądrowych, które zostały wstrzymane. Dopiero w 2001 roku, wraz

---

<sup>14</sup> G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 488.

<sup>15</sup> *Ibidem*, s. 489.

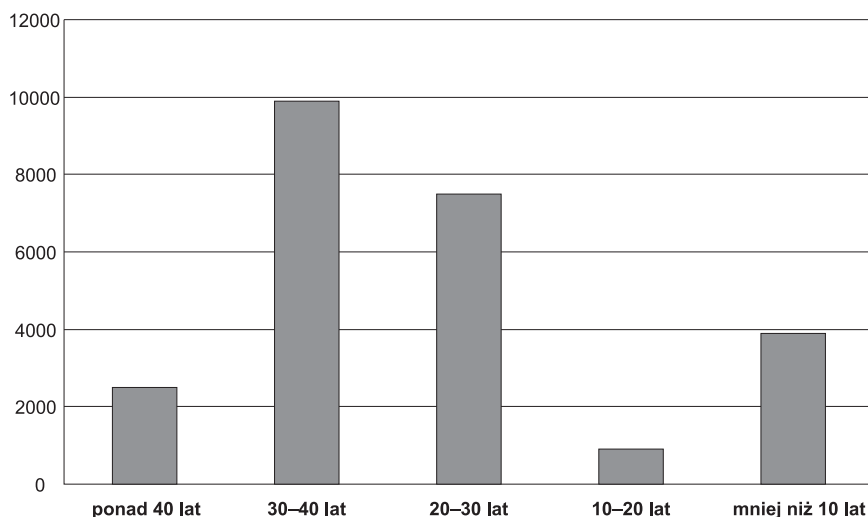
<sup>16</sup> *Ibidem*, s. 491.

<sup>17</sup> Reaktor typu ABV-6 małej mocy oparty na technologii reaktorów okrętowych, zamontowany na specjalnej barce pływającej, produkuje ok. 40 tys. m<sup>3</sup>/dzień wody pitnej przez odwróconą osmozę.

<sup>18</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 492.



z oddaniem do użytku bloku numer 1 w elektrowni jądrowej Rostów (od czasu awarii w Czarnobylu do 2001 r. uruchomiono tylko jeden blok – Bałakowo-4), EJ znów stała się istotnym elementem rosyjskiej polityki energetycznej<sup>19</sup>. W 2015 roku Rosja miała już 34 reaktory o łącznej mocy 25,2 tys. MWe<sup>20</sup>. Cztery z nich to reaktory starsze (I generacji), zaprojektowane w latach 50. ubiegłego stulecia, dwa kolejne to reaktory II generacji z lat 60. XX wieku, pozostałe są III generacji i zostały zbudowane po 1970 roku (ale tylko cztery zakłady wzniesiono w latach 1981–2010, zob. rys. 23). RosEnergoAtom jest po konsolidacji w roku 2001 jedyną firmą zarządzającą rosyjską energetyką jądrową<sup>21</sup>. Dziesięć elektrowni jądrowych, którymi zarządza, ma status oddziałów.



**Rys. 23.** Reaktory funkcjonujące w Rosji, wg wieku [MW] (2015)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych U.S. EIA 2015.

<sup>19</sup> *Ibidem.*

<sup>20</sup> *World Nuclear Power Reactor*, WNA, June 2015.

<sup>21</sup> Rosatom – Rosyjska Państwowa Korporacja Energii Jądrowej – zrzesza przedsiębiorstwa i instytucje naukowe, w tym wszystkie niezwiązane z wojskiem spółki zajmujące się energią jądrową w Rosji. Zaspokaja ponad 40% światowego rynku wzbogacania uranu i 17% światowego rynku wytwarzania paliwa jądrowego. Firma posiada przedstawicielstwa m.in. w Singapurze, na Ukrainie, w Czechach, na Słowacji, na Węgrzech, w Bułgarii, RPA i Wielkiej Brytanii.

**Czynniki wpływające na rozwój programu jądrowego w Rosji.** Do głównych uwarunkowań sprzyjających rozwojowi programu jądrowego w byłym ZSRR należały, a we współczesnej Rosji należą:

- prymat czynnika wojskowego nad cywilnym (zastosowanie cywilne było drugorzędne wobec programu wojskiego),
- instrumentalne postrzeganie energii jądrowej w polityce bezpieczeństwa energetycznego jako element zmniejszania zależności od syberyjskich surowców energetycznych,
- wykorzystanie ideologii i propagandy, która mówiła o nowoczesności ZSRR, co miało legitymizować komunizm i sowiecką naukę,
- zupełna swoboda w budowie/lokalizacji zakładów elektrowni jądrowych bez jakiegokolwiek zważania na ocenę wpływu środowiskowego oraz opinię społeczną.

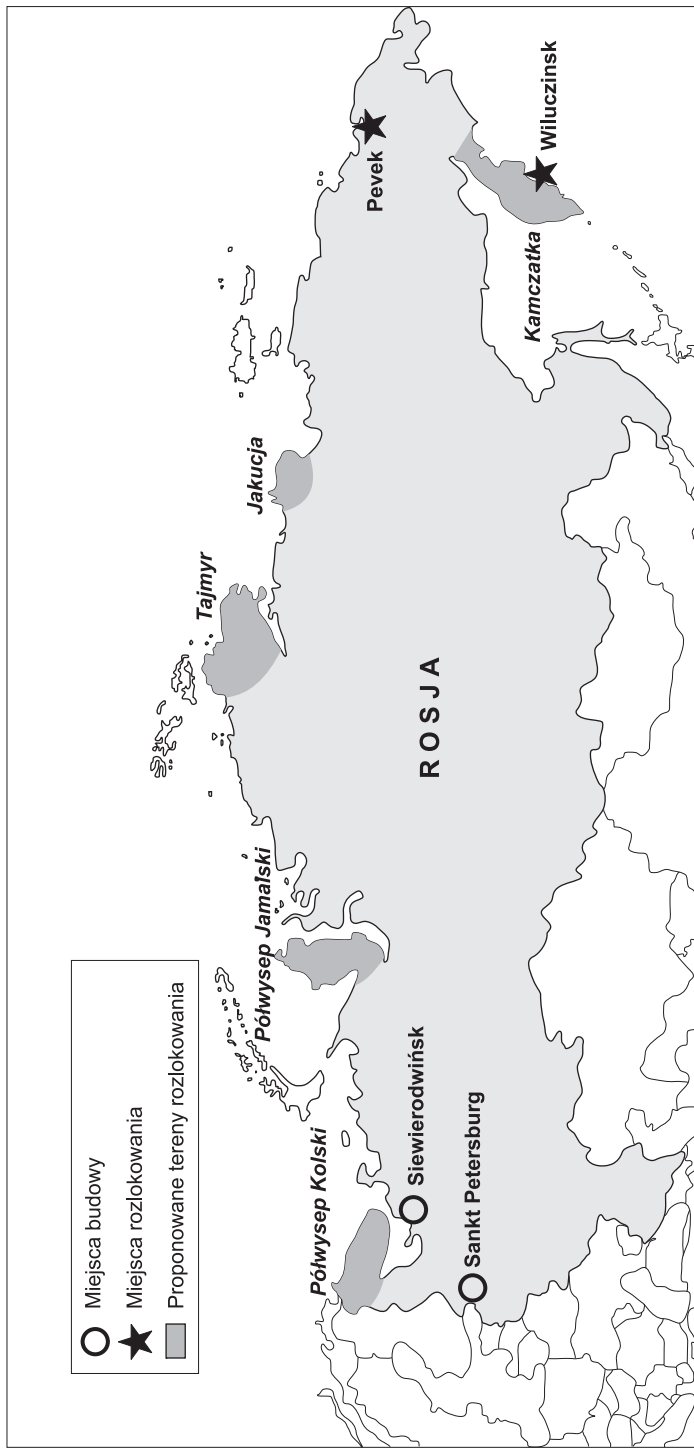
Rosnące zapotrzebowanie na energię nie może być zaspokajane w długoletniej perspektywie wyłącznie przez rosnące wykorzystanie gazu ziemnego, toteż Rosja planuje zwiększenie udziału energii jądrowej w bilansie energetycznym kraju. Plany rządu federalnego przewidują zwiększenie udziału EJ do 25–30% w całkowitej produkcji energii do roku 2030, oraz do 45–50% do roku 2050 i 70–80% do roku 2100<sup>22</sup>. By osiągnąć te cele, gwałtownie starzejące się reaktory jądrowe i infrastruktura będą musiały zostać zastąpione przez nowe jednostki. Jedną z elektrowni jest pływająca elektrownia jądrowa, która ma być uruchomiona w 2019 roku<sup>23</sup>. Dwie pływające elektrownie zlokalizowano na Dalekiej Północy. Rosatom planuje wybudować siedem lub osiem takich pływających platform jądrowych. Każda z nich ma mieć dwa reaktory typu KLT-40C o mocy 35 MWe. Lokalizację planuje się w rejonie Kamczatki, w celu zapewnienia zrównoważonych dostaw energii elektrycznej i ciepła do bazy tamtejszej marynarki wojennej. Drugą pływającą elektrownię planuje się zlokalizować na Półwyspie Czukockim w pobliżu miejscowości Bilibino (35 MWe), trzecią w miejscowościach Cherski lub Sacha w Jakucji (pozostałe zob. mapa 5). W maju 2014 roku chińska Agencja Energii Atomowej (CAEA) podpisała umowę z Rosatomem o współpracy w budowie pływających elektrociepłowni jądrowych na chińskich wyspach<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> *Russia*, EIA, CAB, 2014.

<sup>23</sup> W Rosji są rozważane także plany budowy pływających elektrowni (elektrociepłowni) jądrowych z wykorzystaniem reaktorów (KLT-40C), jakie stosowano jako napęd lodolamaczy i okrętów podwodnych. Plany te obejmują regiony oddalone od sieci elektroenergetycznych czy ciepłowniczych.

<sup>24</sup> *Nuclear Power in Russia*, WNA, August 2015.



**Mapa 5.** Planowane rozmieszczenie pływających elektrowni jądrowych w Rosji

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Nuclear Power in Russia*, WNA, November 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power> (dostęp: 10.12.2015).

W 2007 roku rząd Federacji Rosyjskiej przyjął projekt *Generalnego schematu rozmieszczenia obiektów elektroenergetyki do 2020 roku*. Od razu określono go mianem drugiego planu elektryfikacji kraju czyli GOELRO-2. Jest to pierwszy w czasach poradzieckich dokument określający priorytetowe kierunki rozwoju tego sektora na kolejne kilkanaście lat. Realizacja postawionych w nim zadań ma zapewnić rozwiązanie problemów z zaopatrzeniem odbiorców w energię elektryczną. Poprzedni podobny dokument opracowano w 1981 roku. Obecny projekt pozwala zintegrować inwestycyjne plany wszystkich uczestników rosyjskiego rynku energii w jednolitą całość i uwzględnić ich interesy przy lokalizacji następnych obiektów generacji i przesyłu<sup>25</sup>. Zdecydowany nacisk w planie GOELRO-2 położono na rozwój energetyki atomowej, lecz wobec trudności finansowych kraju niejasna pozostaje także kwestia utrzymania założeń ilościowych planu budowy nowych bloków<sup>26</sup>. Planuje się budowę w nowych regionach, w których dotychczas nie było tego rodzaju siłowni – w obwodach: niżniegorodskim, jarosławskim i tomskim oraz w Kraju Primorskim. W większości tych rejonów narasta jednak sprzeciw ludności względem lokalizacji siłowni jądrowych.

W listopadzie 2009 roku została opublikowana *Strategia energetyczna Rosji do 2030 roku*, w której przedstawiono inwestycje energetyczne Rosji na najbliższe dwie dekady. Przewidywano podwojenie mocy wytwórczych z 225 GW (2008 r.) do 355–445 GW (2030 r.). W 2010 roku rząd dokonał jednak znaczącej korekty zmniejszającej moce, po której przewiduje się łącznie 178 GW do 2030 roku, w tym 43,4 GW jądrowej (30,5 GW do 2020 r.).

Rosja posiada własne zasoby rudy uranowej (zlokalizowane głównie w Priargursku przy granicy z Chinami), chociaż nie takie duże jak pozostałe republiki po rozpadzie Związku Radzieckiego (głównie Kazachstan i Uzbekistan). W kraju działają zakłady wzbogacania uranu oraz produkujące paliwo i gotowe elementy paliwowe – Nowosibirsk i Elektrostal<sup>27</sup>. Rosja zajmuje się przeróbką wypalonego paliwa jądrowego z reaktorów cywilnych (zakład RT-1 w Czelabińsku). Jako jeden z nielicznych krajów na świecie Rosja świadczy także usługi przerobu i utylizacji wypalonego paliwa jądrowego w celu jego składowania<sup>28</sup>.

Przełomowy był rok 2006, gdy opracowano konstrukcję reaktora WWER-1200, umożliwiającego Rosatomowi rozpoczęcie globalnej ekspansji na rynki inne niż tradycyjne. Były to rynki, na które konkurenci Rosji nie mogli wejść,

---

<sup>25</sup> Głównym zagrożeniem dla sektora jest stan techniczny reaktorów, będący przyczyną częstych lokalnych *blackoutów*.

<sup>26</sup> Z eksploatacji wycofano już ogółem kilkanaście bloków energetycznych.

<sup>27</sup> G. Jeziński, *op. cit.*, s. 494.

<sup>28</sup> W rejonie Krasnojarska znajduje się składowisko wypalonego paliwa.

lub transakcje odbywały się na warunkach, których konkurenci nie chcieli zaakceptować<sup>29</sup>.

Kraj ten jest światowym graczem w zakresie technologii nuklearnej, a eksport towarów i usług jądrowych to główny cel polityki gospodarczej państwa<sup>30</sup>. Ministerstwo Spraw Zagranicznych odpowiada za promowanie technologii jądrowych za granicą, w tym za budowanie systemu reprezentantów Rosatomu przy rosyjskich ambasadach. W 2015 roku Atomexpo ogłosił, że na początku roku portfel zagranicznych inwestycji i majątku Rosatomu wyniósł 101,4 mld USD, w tym 66 mld USD stanowiły reaktory, 21,8 mld USD – usługi obróbki paliwa, a pozostałe 13,6 mld USD – dostawy gotowego paliwa. Celem Rosatomu jest, by połowę przychodów pochodziło z eksportu towarów i usług<sup>31</sup>. Rosatom stworzył zintegrowaną ofertę obejmującą nie tylko budowę i dostawy, ale także szkolenia, usługi, rozwój infrastruktury i ram prawnych w jednym pakiecie. W kwietniu 2015 roku Rosatom twierdził, że ma kontrakty na 19 elektrowni jądrowych w 9 krajach, w tym 5 już powstaje.

Największą zmianą w rosyjskim przemyśle jądrowym są jego ambicje eksportowe. Co więcej, Rosja wydaje się skłonna do podejmowania ryzyka i budowy elektrowni według modelu długoterminowej własności: wybuduj – posiadaj – zarządzaj (*Build-Own-Operate*, BOO), na przykład w Turcji<sup>32</sup>. W Europie Rosja jest zaangażowana w budowę lub w znajduje się trakcie procesu ofertowego (przetargowego) na Węgrzech (finansowanie i budowa) i w Finlandii (finansowanie i budowa), ponadto na Białorusi i Ukrainie. Dwa reaktory rosyjskie działają w Chinach (Tianwan-1 i 2), a dwa są budowane (Tianwan-3 i 4 w Liangyungang). Rosja złożyła także propozycje budowy reaktorów w państwach azjatyckich: w Bangladeszu, Indiach i Wietnamie. W sumie około 30 rosyjskich reaktorów jest w trakcie budowy lub w planach, czyniąc z Rosji zdecydowanie największego międzynarodowego eksportera technologii jądrowej<sup>33</sup>. Nie wiadomo, czy Rosatom i powiązani z nim dostawcy mają na tyle duże zdolności, by sprostać realizacji tak ambitnych planów.

W styczniu 2013 roku Rosja zgodziła się na 500 mln USD pożyczki w celu sfinansowania budowy elektrowni Rooppur w Bangladeszu, gdzie będą zlokalizowane dwa reaktory AES-92 (starszej konstrukcji), zapewniając finansowanie 90% pierwszej jednostki. W październiku 2013 roku wkopano kamień węgielny, a zakończenie budowy elektrowni planuje się przed końcem 2021 roku.

---

<sup>29</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 43.

<sup>30</sup> W okresie istnienia RWPG bloki energetyczne typu WWER były przedmiotem eksportu do krajów byłego obozu socjalistycznego oraz do Finlandii. Ogółem uruchomiono 30 takich bloków.

<sup>31</sup> *Nuclear Power in Russia*, WNA, August 2015.

<sup>32</sup> To znaczy będzie budowniczym, właścicielem i zarządzającym elektrownią.

<sup>33</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 138.

W lipcu 2012 roku Białoruś i Rosja podpisały umowę dotyczącą budowy dwóch reaktorów w miejscowości Ostrovets. Atomstroyexport zostanie głównym wykonawcą, a Rosja pożyczycy 10 mld USD na 25 lat na sfinansowanie 90% zamówienia<sup>34</sup>. Będą to reaktory nowego typu AES-2006. Budowa pierwszego rozpoczęła się w listopadzie 2013 roku i ma się zakończyć w listopadzie 2018 roku. Drugi reaktor ma być ukończony dwa lata później.

Rosja jest także aktywna w krajach Europy Środkowo-Wschodniej i Północnej. W Czechach obok ofert koncernów Westinghouse (AP-1000) i Areva (EPR) swoją złożył także Rosatom (AES-2006), jednak wobec tymczasowej rezygnacji operatora CEZ proces wyboru ofert został wstrzymany (rząd czeski odmówił gwarancji finansowych i cen prądu). Rosja złożyła ofertę współpracy Bułgarii, a w styczniu 2014 roku rząd węgierski podpisał umowę na zakup dwóch reaktorów AES 2006 z Rosatomem. Zakup będzie finansowany przez trzydziestoletni kredyt udzielony przez Rosję (niskooprocentowana pożyczka pokrywająca 80% kosztów w wysokości 10 mld USD). Pierwsza spłata ma nastąpić nie później niż w 2026 roku niezależnie od tego, czy reaktory zostaną ukończone, czy nie. Rosja dzięki udziałom w spółce Fennovoima podejmuje starania o uczestnictwo w budowie reaktora w Finlandii w projekcie elektrowni jądrowej Hanhikivi-1 (19 stycznia 2015 r. Rosja zatwierdziła finansowanie w formie pożyczki projektu budowy reaktora AS-2006 w kwocie 2,3 mld USD w miejscowości Pyhäjokii, który ma zacząć pracę w 2024 r.).

Rosja przejęła także budowę reaktora w Buszehr w Iranie w 1992 roku. We wrześniu 2013 roku została ona zakończona (choć reaktor uruchomiono już w 2008 r.), a w kwietniu 2014 roku rząd irański ogłosił porozumienie z Rosją dotyczące budowy kolejnych dwóch reaktorów.

Rosyjski Atomstroyexport buduje dwa reaktory (WWER-1000) w Kudankulam (Indie)<sup>35</sup>. Polityka Rosji w krajach nieposiadających broni jądrowej zakłada dostarczenie elektrowni „pod klucz”, włącznie z dostawami paliwa i odbiorem zużytego. Paliwo jest ponownie przetworzone w Rosji, a odpady są zwracane do składowania w kraju pochodzenia. Indie posiadają broń jądrową, toteż Rosja będzie dostarczać wzbogacone paliwo do Kudankulam, ale nie będzie odbierać wypalonego paliwa (Indie będą mogły więc ponownie przetworzyć i zagospodarowywać odzyskany pluton). Rosjanie chcą tam zbudować dwa reaktory w systemie BOO po 2020 roku oraz między 2024 a 2030 rokiem.

Rosja jest także zainteresowana budową reaktorów w Jordanii, Kazachstanie, Wietnamie, Egipcie, Arabii Saudyjskiej<sup>36</sup>. W Wietnamie planowana

---

<sup>34</sup> *Belarus Starts Constructing Its First Nuclear Power Plant*, IAEA, <https://www.iaea.org/news-center/news/belarus-starts-constructing-its-first-nuclear-power-plant> (dostęp: 29.06.2015).

<sup>35</sup> W Indiach zatwierdzono palny budowy czterech jednostek WWER w Haripur w Zachodnim Bengalu.

<sup>36</sup> *Nuclear Power in Russia*, WNA, August 2015.

pierwsza elektrownia atomowa będzie miała dwa reaktory WWER-1000, i jest w pierwszej fazie budowy prowadzonej przez Atomstroyexport NN-AEP. Rosja sfinansuje 85% kosztów z 9 mld USD (pożyczka). W Turcji w miejscowości Akkuyu Rosatom ma zbudować elektrownię (cztery jednostki AES-2006 za 20 mld USD) w ramach modelu BOO, ponadto zagwarantuje usługi cyklu paliwowego, utylizowanie odpadów i finansowanie projektu<sup>37</sup>. Transakcja była bezprecedensowa ze względu na skalę zaangażowania zagranicznego wykonawcy w budowę i finansowanie oraz zarządzanie przyszłymi obiektami. Turecka firma państwowa TETAS zobowiązała się do zakupu 70% wytwarzanej przez dwa reaktory energii elektrycznej po cenie 12,35 eurocentów/kWh oraz 30% produkcji prądu z kolejnych dwóch reaktorów<sup>38</sup>. Projekt napotyka ciągle opóźnienia mimo że uruchomienie pierwszych jednostek ma nastąpić w 2020 roku.

Rosja jest zaangażowana w budowę reaktorów 3 i 4 w Chmielnickim na Ukrainie. Ich budowa rozpoczęła się w 1980 roku, ale w 1990 roku została przerwana. Rosyjska pożyczka miała zapewnić 85% finansowania potrzebnego na wznowienie inwestycji. Rosja jest jedynym producentem paliwa jądrowego używanego w reaktorach WWER na Ukrainie, poza tym Ukraina wysyła zużyte paliwo do Rosji celem składowania lub utylizacji i sama nie ma magazynów długoterminowego składowania odpadów<sup>39</sup>. Dwa kolejne reaktory miały zostać zbudowane, ale napięcia polityczne mogą opóźnić lub unieważnić ich realizację<sup>40</sup>.

Rosja rozważa także zaangażowanie w Kazachstanie i RPA. Zamierza oferować również pływające elektrownie jądrowe z pełną obsługą serwisową (oferta skierowana m.in. do Indonezji). Rosyjskie firmy starają się też uzyskać kontrakty w Namibii, Chile i Maroku oraz w Egipcie, Algierii i Kuwejcie. W październiku 2013 roku Jordania podjęła decyzję o budowie dwóch jednostek AES-92 w strategicznym partnerstwie z Rosatom Overseas, który będzie zarządzał elektrownią (BOO) i zapewni 49% środków na sfinansowanie projektu.

Powyższe przykłady aktywności eksportowej Rosji jednoznacznie wskazują, że ten kraj jest zainteresowany działalnością na rynkach międzynarodowych i zdobyciem dużej ilości kontraktów przez atrakcyjną ofertę finansową, której

---

<sup>37</sup> *The VVER Today: Evolution, Design, Safety*, Rosatom Overseas, [http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure\\_the\\_vver\\_today.pdf](http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure_the_vver_today.pdf) (dostęp: 10.03.2015).

<sup>38</sup> *Akkuyu Nuclear Power Plant in Turkey: New Options for Suppliers*, [http://www.atom-eks.ru/mediafiles/u/files/ATOMEX-Europ\\_2013/Forum%20materials/09\\_Titov\\_Atomex\\_Europe\\_2013.pdf](http://www.atom-eks.ru/mediafiles/u/files/ATOMEX-Europ_2013/Forum%20materials/09_Titov_Atomex_Europe_2013.pdf) (dostęp: 10.09.2015).

<sup>39</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 138.

<sup>40</sup> Sergei Kiriienko, szef rosyjskiego Rosatomu, powiedział w marcu 2014 r., że relacje z Ukrainą są złożone, ale Rosatom będzie dostarczać paliwo jądrowe do każdego z jej reaktorów.

nie są w stanie sprostać inni dostawcy. Pomimo dużej aktywności w wielu krajach, jak dotychczas Rosja buduje poza swymi granicami tylko w Chinach i na Białorusi. Pozostaje otwarte pytanie: ile reaktorów rosyjskie firmy mogą budować jednocześnie, oraz jak duże środki finansowe Rosja może przeznaczyć na finansowanie projektów, zwłaszcza na rynkach wysokiego ryzyka?

## 7.2. Energia jądrowa w byłych republikach ZSRR: na Ukrainie, w Armenii i Kazachstanie

**Ukraina.** Jest w dużym stopniu uzależniona od energii jądrowej – dysponując 15 blokami (dwa reaktory to WWER-440, pozostałe – WWER-1000s), wytwarza w nich około połowy energii elektrycznej (49% w 2014 r.). W lutym 2014 roku rząd tymczasowy opublikował nową strategię energetyczną do 2030 roku, która bardziej koncentruje się na podniesieniu efektywności i ograniczeniu zależności od Rosji niż na wzroście nowych mocy wytwarzania prądu. Poprzednia strategia z 2006 roku przewidywała wzrost zapotrzebowania na prąd na 395 TWh w roku 2030, ale te szacunki zostały obniżone do 282 TWh<sup>41</sup>. W odniesieniu do udziału EJ strategia z 2006 roku zakładała osiągnięcie 20–21 GW z elektrowni jądrowych do roku 2030, podczas gdy nowa tylko 5 GW, a więc tyle, ile będzie można uzyskać po zakończeniu budowy reaktorów Chmielnicki-3 i 4. Nowy rząd planuje utrzymać udział energii jądrowej w produkcji energii elektrycznej, aczkolwiek poszukuje zachodnich inwestorów dla sektora elektroenergetycznego. Ukraina dąży do integracji z europejską siecią elektroenergetyczną i gazową, aby stać się częścią europejskiego rynku energii do 2017/2018 roku<sup>42</sup>. We wrześniu 2014 roku nowy rząd przedłożył w parlamencie projekt ustawy zezwalającej na sprzedaż 40% Energoatomu zagranicznemu inwestorowi (Westinghouse jest czołowym kandydatem)<sup>43</sup>.

Przemysł EJ na Ukrainie jest dziedzictwem po byłym ZSRR. W 1966 roku zapadła decyzja o budowie pierwszej elektrowni jądrowej na Ukrainie w Czarnobyli. Jej uruchomienie nastąpiło w 1977 roku (w kwietniu 1986 r. blok nr 4

---

<sup>41</sup> *Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р.*, mpe.kmu.gov.ua (dostęp: 10.09.2015).

<sup>42</sup> Trwają rozmowy pomiędzy Ukrenergo i Polenergią o wznowieniu „mostu energetycznego” Chmielnicki–Rzeszów o napięciu 750 kV, nieużywanego od 1993 r. Ponowne uruchomienie wiąże się z dużymi kosztami modernizacyjnymi.

<sup>43</sup> *Nuclear Power in Ukraine*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/Ukraine> (dostęp: 15.07.2015).





**Mapa 6.** Lokalizacja elektrowni jądrowych na Ukrainie (2015)

Źródło: opracowanie własne.

uległ poważnej awarii)<sup>44</sup>. Główny rozwój EJ na Ukrainie przypada na lata 80. XX wieku, kiedy to oprócz dwóch kolejnych bloków w Czarnobylu powstały inne elektrownie jądrowe z blokami typu WWER. Warto zauważyć, że 9 jednostek działa ponad 25 lat, co wiąże się z wyzwaniem zarządzania starzejącą się flotą reaktorów oraz wymaga wydłużenia czasu ich pracy. W marcu 2013 roku Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOR) przyznał ukraińskiemu operatorowi Energoatomowi 300 mln EUR celem wdrożenia programu modernizacji wszystkich reaktorów w kraju. Całkowity koszt programu ma wynieść 1,45 mld EUR, z czego część ma sfinansować UE przez program pożyczkowy Euratomu<sup>45</sup>. Prace planowano zakończyć do 2017 roku, jednakże konflikt na Ukrainie utrudnia realizację zamierzeń, a ponadto program modernizacji nie jest ekonomicznie racjonalny bez wydłużenia czasu działania elektrowni, tymczasem wiele z reaktorów powinno zostać zamkniętych, zanim program będzie zakończony.

<sup>44</sup> Blok nr 4 zaraz po awarii został obudowany sarkofagiem. Ze względów bezpieczeństwa powstaje nowa osłona ochronna nad zniszczonym reaktorem, która ma zostać ukończona do 2017 r.

<sup>45</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 138.

Lokalna NGO złożyła skargę do Komisji na podstawie konwencji z Espoo<sup>46</sup>, zarzucając brak przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko (*Environmental Impact Assessment, EIA*) w celu przedłużenia użytkowania reaktorów Rivne (Równe) (1 i 2). Komisja uznała, że Ukraina rzeczywiście dopuściła się naruszenia i powinna przeprowadzić transgraniczną ocenę EIA, zanim zgoda na ponowne uruchomienie reaktorów zostanie przyznana po dziesięcioletnim przeglądzie bezpieczeństwa.

Dwa reaktory (3 i 4) w Chmielnickim są oficjalnie w trakcie budowy. Prace rozpoczęły się w 1986 i 1987 roku, ale zostały wstrzymane w 1990 roku. W lutym 2011 roku Rosja i Ukraina podpisały międzyrządowe porozumienie zakładające ukończenie reaktorów, a następnego roku ukraiński parlament przyjął prawodawstwo umożliwiające sfinansowanie projektu, na który 80% funduszy miało pochodzić z Rosji. Nie jest jasny termin ukończenia prac ze względu na kryzys z separatystami popieranymi przez Moskwę. Prace są zaawansowane na poziomie 35–40% i 5–10% (odpowiednio reaktory 3 i 4), chociaż operator ukraiński Energoatom podaje inne wartości: 75% i 28%. MAEA uważa jednak, że uruchomienie na przełomie lat 2017/2018 jest nierealne<sup>47</sup>.

Ukraina wydobywa rudę uranową, ale nie posiada własnych zakładów jego wzbogacania, więc musi importować paliwo jądrowe z Rosji. Również wypalone paliwo po części wysyła się tam w celu jego przerobu. Większość usług jądrowych i dostaw paliwa jądrowego pochodzi z Rosji, aczkolwiek wobec konfliktu na wschodniej Ukrainie (Donbas i Krym) kraj podjął wysiłki, by zmniejszyć zależność od dotychczasowego dostawcy, między innymi przez zakup paliwa jądrowego z Westinghouse<sup>48</sup>.

Powstałe w 1934 roku w Charkowie przedsiębiorstwo JSC Turboatom (w 75,2% własność rządu) jest jednym z głównych światowych firm produkujących turbiny (specjalizuje się w turbinach parowych termicznych i jądrowych dla elektrowni)<sup>49</sup>. Najwięksi konkurenci to Turboatom z Rosji oraz niemiecki Siemens.

Po rozpadzie Związku Radzieckiego Ukraina wynegocjowała zwrot głowic jądrowych i rakiet do Rosji w zamian za dostawy paliwa jądrowego, po czym w 1994 roku przystąpiła do układu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej

---

<sup>46</sup> Konwencja o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście transgranicznym, sporządzona w Espoo 25 lutego 1991 r.

<sup>47</sup> Por. M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 139.

<sup>48</sup> 30 grudnia 2014 r. rząd w Kijowie podpisał z Westinghouse dodatek do umowy z 2008 r. przewidujący nowe dostawy paliwa jądrowego, a w październiku 2015 r. władze Ukrainy poparły propozycję Westinghouse dotyczącą programu modernizacji krajowych reaktorów jądrowych należących do spółki Energoatom.

<sup>49</sup> Turboatom, [www.turboatom.com.ua](http://www.turboatom.com.ua) (dostęp: 22.09.2015).

(NPT) jako państwo nieposiadające broni jądrowej i poddała działalność związaną z EJ pod nadzór MAEA<sup>50</sup>.

**Armenia.** Energia jądrowa jest jednym z głównych źródeł energii elektrycznej w Armenii od czasu uruchomienia pierwszego reaktora jądrowego w tym kraju (1976 r.). Obecnie (od 1980 r.) pracuje jeden reaktor jądrowy pokrywający około jednej trzeciej zapotrzebowania na energię elektryczną. Armenia planuje uruchomić drugi blok jądrowy do 2020 roku. Kraj ten dysponował dwoma jednostkami typu WWER-440 w elektrowni jądrowej Mecamor położonej 30 km od stolicy Erywania o mocy 376 MWe. W grudniu 1988 roku Armenię dotknęło duże trzęsienie ziemi (zginęło około 25 tys. ludzi), w wyniku czego w marcu 1989 roku zamknięto obydwa reaktory. Na początku lat 90. ubiegłego stulecia, w czasie rozpadu ZSRR, w rezultacie sporu terytorialnego między Armenią i Azerbejdżanem nastąpiła blokada energetyczna Armenii i związane z nią znaczące braki prądu elektrycznego, co spowodowało, że w 1993 roku rząd podjął decyzję o ponownym otwarciu jednego z dwóch reaktorów w Mecamorze. Reaktor to wczesna konstrukcja radziecka i w ocenie amerykańskiego Departamentu Energii poważny wypadek może zagrozić życiu milionowego Erywania ze względu na ryzyko skażenia radioaktywnego. W październiku 2012 roku rząd Armenii ogłosił, że reaktor Mecamor będzie działał do 2026 roku, na co gwałtownie zareagowały władze tureckie, wzywając do natychmiastowego zamknięcia elektrowni. Armenia negocjuje z Rosją budowę nowego reaktora o mocy 1000 MW, ale ma trudności z zapewnieniem finansowania niezbędnego do rozpoczęcia budowy<sup>51</sup>.

**Kazachstan.** Kraj ten ma 12% światowych zasobów uranu. W roku 2014 wyprodukowano około 22 830 ton. W 2009 roku Kazachstan stał się największym na świecie producentem uranu (28% produkcji światowej, która wzrosła następnie do 38% w roku 2013)<sup>52</sup>. W latach 1972–1999 eksploatowany był w Aktau na brzegu Morza Kaspijskiego jeden rosyjski reaktor jądrowy wykorzystywany do wytwarzania energii elektrycznej i odsalania wody. Zakład wytwarzał 135 MWe energii elektrycznej i uzdatniał 80 tys. m<sup>3</sup>/dobę wody pitnej, przy czym około 60% jego mocy wykorzystywano do produkcji ciepła i odsalania. Kazachstan planuje odtworzenie i rozwój EJ do roku 2030, tak by udział energetyki jądrowej w produkcji elektryczności wynosił około 4,5%.

---

<sup>50</sup> Umowa zabezpieczenia NPT weszła w życie w 1998 r., a w 2005 r. ratyfikowano protokół dodatkowy do umowy.

<sup>51</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 136.

<sup>52</sup> *Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan*, WNA, October 2015.

## Energetyka jądrowa w Unii Europejskiej i Europie

### 8.1. Unia Europejska i perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Europie

W Europie pierwsze elektrownie jądrowe zostały uruchomione w latach 60. XX wieku (we Francji, Belgii, Niemczech, Szwecji, Włoszech, Wielkiej Brytanii). Od połowy lat 90. ubiegłego stulecia zainstalowane moce EJ pozostają na względnie stabilnym poziomie.

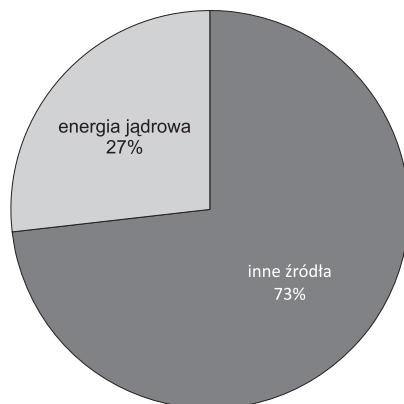
UE. Energia jądrowa ma znaczny udział w bilansie energetycznym UE, przyczyniając się do zmniejszenia obaw o bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej. Rozbudowa floty reaktorów odbywała się etapami od lat 60. i 70., ale szczytowa faza rozwoju nastąpiła w latach 80., szczególnie we Francji, a od lat 90. XX wieku widać mniejszą popularność tego źródła energii<sup>1</sup>. Od roku 2000 moc zainstalowanych reaktorów powoli i systematycznie spada. W 2014 roku w połowie spośród 28 krajów członkowskich działało łącznie 131 reaktorów, a więc jedna trzecia floty światowej. Reaktory są zlokalizowane w większości w Europie Zachodniej (w ośmiu krajach UE-15), gdzie w 2014 roku działało aż 112 urządzeń, a dwa były w trakcie budowy: w Finlandii (Olkiluoto-3) i we Francji (Flamanville-3)<sup>2</sup>. W 2013 roku EJ wytworzyła 27% prądu elektrycznego w 14 krajach UE (oraz 14 % energii zużywanej w UE, zob. rys. 24, w tym 22% w UE-15, zob. mapa 7), z czego niemal połowa wygenerowana została we Francji<sup>3</sup>. Średni wiek reaktorów ze względu na brak odnowienia floty wynosi

---

<sup>1</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris-London-Washington, D.C., July 2014, s. 119–120.

<sup>2</sup> Obydwa projekty są bardzo opóźnione w czasie i znacząco przekroczyły pierwotnie planowane budżety.

<sup>3</sup> *Nuclear Energy Statistics*, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Nuclear\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Nuclear_energy_statistics) (dostęp: 22.06.2015). Pozostałe źródła to paliwa kopalne (40,5%), hydro (18,5%) oraz OZE (14%).



**Rys. 24.** Produkcja energii elektrycznej w UE [%] (2013)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu (2015).

około 30 lat. Na szczycie UE podejmuje się coraz więcej działań, aby poprawić normy w zakresie bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych oraz zagwarantować bezpieczne postępowanie z odpadami promieniotwórczymi, a także ich unieszkodliwianie.

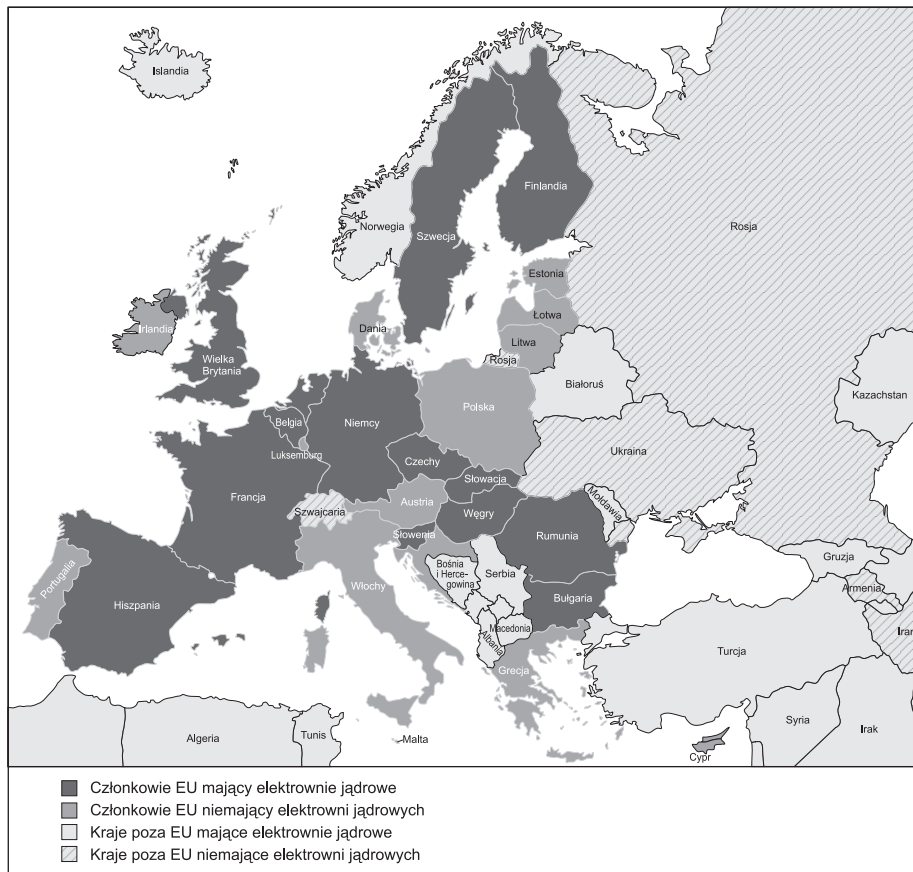
**Europa.** 53 jednostki działają w trzech krajach spoza UE (w Rosji, na Ukrainie i w Szwajcarii), wytwarzając około 17% energii elektrycznej w pozostałej części Europy<sup>4</sup>. Kraje europejskie spoza UE: Szwajcaria, Norwegia i niektóre państwa bałkańskie (Serbia, Bośnia i Hercegowina, Czarnogóra, Albania, Macedonia), do pewnego stopnia są połączone z siecią energetyczną z krajami UE<sup>5</sup>.

**Euratom.** Zainicjowanie rozwoju współpracy w sektorze cywilnej EJ na skalę europejską rozpoczęło się od powołania przez sześć krajów (Belgię, Francję, RFN, Włochy, Luksemburg i Holandię) Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej (1957) na mocy traktatów rzymskich, choć decyzja zapadła już w 1955 roku<sup>6</sup>. W przeciwieństwie do Wspólnoty Europejskiej Euratom nie połączył się z UE i zachowuje odrębną osobowość prawną, przy czym struktura instytucjonalna Wspólnoty jest zbliżona do struktury UE i opiera się na

<sup>4</sup> *Nuclear Power in the European Union*, WNA, July 2015.

<sup>5</sup> *Ibidem*.

<sup>6</sup> Euratom jest stroną wielu konwencji, m.in. bezpieczeństwa jądrowego, o ochronie fizycznej materiałów jądrowych, o wczesnym powiadamianiu o awarii jądrowej, o pomocy w przypadku awarii jądrowej lub zagrożenia radiologicznego czy bezpieczeństwa w postępowaniu z wypalonym paliwem jądrowym i bezpieczeństwa w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi. Artykuły 40–52 TEWEA regulują inwestycje, wspólne przedsięwzięcia i zaopatrzenie, a art. 92–99 – wspólny rynek atomowy.



**Mapa 7.** Rozlokowanie reaktorów jądowych w UE (2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: WNA.org, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Others/European-Union> (dostęp: 22.10.2015).

tych samych trzech instytucjach. Organizacja ma na celu pokojową współpracę w dziedzinie rozwoju technologii jądowych, tworzenie i szybki rozwój przemysłu nuklearnego, przyczynianie się do poprawy standardów życia w państwach członkowskich przez swobodny rozwój technik, przepływ specjalistów, zabezpieczenie transportu, rozwój badań, ustalanie jednolitych standardów i norm bezpieczeństwa ochrony radiologicznej<sup>7</sup>. Szczególną funkcję pełni

<sup>7</sup> Euratom ma duże osiągnięcia w zakresie: 1) ochrony przed promieniowaniem (Dyrektywa Rady 96/29/Euratom), 2) transportu substancji i odpadów promieniotwórczych (Rozporządzenie Rady (Euratom) nr 1493/93; Dyrektywa Rady 2006/117/Euratom), 3) gospodarowania

Agencja Dostaw Euratom (Euratom Supply Agency – ESA), która została utworzona na mocy TEWEA (zaczęła funkcjonować 1 czerwca 1960 r.). Agencja realizuje politykę UE związaną z dostawami materiałów jądrowych i jest stroną zamówień, pełni również funkcje badawczo-rozwojowe. ESA dostarcza uczestnikom wspólnego rynku atomowego wiedzę fachową oraz informacje na wszelkie tematy związane z funkcjonowaniem rynku jądrowego, a także monitoruje rynek<sup>8</sup>. Agencja dysponuje prawem pierwokupu rud, materiałów źródłowych i specjalnych materiałów rozszczepialnych (np. wzbogaconego uranu, plutonu) wyprodukowanych na terenie państw członkowskich oraz wyłącznym prawem do zawierania umów na ich dostawy spoza Wspólnoty (art. 52, art. 57 TEWEA)<sup>9</sup>. ESA monitoruje transakcje dotyczące usług w dziedzinie jądrowego cyklu paliwowego (wzbogacania, konwersji i produkcji paliwa), przy czym jest nadzorowana przez Komisję Europejską, która posiada prawo weta w stosunku do wszystkich decyzji agencji<sup>10</sup>.

W 2014 roku 14 751 ton uranu zostało dostarczone przez Euratom do UE, co stanowi 26% światowych dostaw z kopalń. UE importuje 44% uranu z Kazachstanu i Kanady, sprowadza go także z Rosji (18%), Nigru (15%) i Australii (13,5%)<sup>11</sup>.

Współcześnie w Unii Europejskiej, gdzie udział paliw kopalnych w całkowitym zużyciu energii stanowi ponad 75%, a ponad połowa zasobów energetycznych pochodzi z importu (wskaźnik *Import Dependency* – 53%), EJ nie tylko oferuje stabilność dostaw, ale także sprzyja wywiązaniu się z aspiracji przeciwdziałania globalnemu ociepleniu. UE jest największym importerm energii na świecie, przy rocznych kosztach około 400 mld EUR<sup>12</sup>.

Europejska infrastruktura przesyłowa prądu elektrycznego w 70% obejmuje Europę Północno-Zachodnią i Południową (od Portugalii do Finlandii). Oczekuje się, że rynki energii elektrycznej Republiki Czeskiej, Słowacji, Węgier i Rumunii zostaną wkrótce zintegrowane z resztą Europy. Polska jest częściowo połączona z regionem północno-zachodnim Europy przez linię podwodną ze Szwecją. Możliwość integracji Włoch zależy będzie natomiast od negocjacji UE ze Szwajcarią odnośnie do podłączania ich systemów zasilania. Dokończenie budowy wspólnego rynku energetycznego (*Internal Energy Market*,

---

odpadami (Dyrektywa Rady 2011/70/Euratom), 4) zabezpieczania materiałów jądrowych czy bezpieczeństwa instalacji jądrowych i badań jądrowych oraz działalności szkoleniowej.

<sup>8</sup> *Conclusion of Supply Contracts*, Euratom Supply Agency, <http://ec.europa.eu/euratom/procedures.html> (dostęp: 10.08.2015).

<sup>9</sup> *Mission Statement*, Euratom Supply Agency. Na mocy decyzji Rady z 2 lutego 2008 r. agencji powierzono nowe zadanie, obejmujące utworzenie obserwatorium rynku jądrowego.

<sup>10</sup> Agencja Dostaw Euratomu ma swoją siedzibę w Luksemburgu.

<sup>11</sup> *Nuclear Power in the European Union*, WNA, July 2015.

<sup>12</sup> *Ibidem*.

IEM), w tym rynku energii elektrycznej, stanowi klucz do niezawodnych dostaw energii elektrycznej w wymiarze paneuropejskim, w tym przyszłości EJ. Według Komisji Europejskiej (KE) dekarbonizacja gospodarki (przez zwiększenie wykorzystania OZE i EJ) ma być receptą na niezależnienie się od importu surowców energetycznych. KE wskazuje także na ekonomiczne korzyści w utrzymaniu i dalszym wzmocnieniu czołowej pozycji UE w dziedzinie elektrowni jądrowych pod warunkiem spełnienia najwyższych standardów w dziedzinie bezpieczeństwa, ochrony i nierozprzestrzeniania<sup>13</sup>. W maju 2008 roku ówczesny przewodniczący KE José Manuel Barroso, przemawiając na europejskim forum energii nuklearnej w Pradze, powiedział że „energia jądrowa może wnieść istotny wkład do walki przeciwko zmianom klimatycznym”<sup>14</sup>. Barroso przypomniał też, że energia pochodząca z reakcji rozszczepienia atomu stała się jedną z najtańszych form produkcji energii i mogłaby uchronić rynek europejski przed zgubnymi skutkami wahań cen ropy. Priorytetami polityki energetycznej UE są bezpieczeństwo (dywersyfikacja) dostaw i dekarbonizacja produkcji energii. W marcu 2011 roku KE przyjęła plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 roku, a w połowie grudnia 2011 roku zaprezentowała nowy strategiczny dokument *Energy Roadmap 2050*, który do 2050 roku zakłada redukcję emisji gazów cieplarnianych GHG o 80% poniżej poziomu z 1990 roku. Otwiera to szerokie perspektywy dla utrzymania znaczącej roli EJ w bilansie energetycznym UE.

Budowa instalacji jądrowych jest obecnie realizowana w zaledwie trzech państwach członkowskich UE: Finlandii, Francji i na Słowacji (wszystkie przekroczyły projektowane koszty i odnotowały opóźnienia w realizacji). Kolejne nowe jednostki mają powstać przed rokiem 2030 w Bułgarii, Czechach, Finlandii, Francji, na Węgrzech, na Litwie, w Polsce i Wielkiej Brytanii. Długoterminowa przyszłość EJ w UE będzie prawdopodobnie zależeć od wyniku powodzenia realizacji tych projektów.

**Perspektywy energetyki jądrowej w Europie.** Wśród państw europejskich budowa nowych reaktorów postępuje lub jest planowana w Wielkiej Brytanii, Francji, Finlandii, Słowacji, na Ukrainie i Białorusi. Budowę kolejnych nowych bloków jądrowych planuje się także na Węgrzech, w Rumunii, w Czechach, w Polsce i na Litwie, swoje plany mają także Turcja i Grecja. Ambitny plan rozbudowy EJ posiada Federacja Rosyjska (aktualnie budowanych jest aż 9 nowych bloków, dzięki czemu Rosja zajmuje drugie miejsce na świecie pod względem liczby reaktorów w budowie; 34 operujące reaktory zapewniają

---

<sup>13</sup> *An Energy Policy for Europe*, SEC (2007) 12, Brussels, 10<sup>th</sup> January 2007, COM (2007), s. 17.

<sup>14</sup> J.M. Barroso, *European Nuclear Energy Forum*, Prague, 22<sup>nd</sup> May 2008, Press Release, [http://europa.eu/rapid/press-release\\_SPEECH-08-259\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-08-259_en.htm) (dostęp: 13.03.2015).



18,5% energii elektrycznej wytwarzanej w tym kraju – 2014)<sup>15</sup>. Poza RFN ustawy dotyczące stopniowej likwidacji energii atomowej przyjęte zostały jeszcze w Szwecji (w 1980 r.), we Włoszech (gdzie w wyniku ogólnonarodowego referendum w 1990 r. zamknięto cztery elektrownie jądrowe), w Belgii (w 1999 r.) oraz w Dani i Irlandii<sup>16</sup>. Rezygnacja z EJ nie jest jednak rzeczą łatwą, co pokazuje w dalszym ciągu odsuwane w czasie zamknięcie elektrowni w Szwecji, gdzie 10 reaktorów produkuje aż 41,5% energii elektrycznej generowanej w tym kraju (2014).

## 8.2. Charakterystyka stanowisk krajów europejskich wobec energetyki jądrowej

Produkcja energii jądrowej wzrasta we wszystkich głównych regionach świata oprócz Europy, ale jej udział w całości produkcji energii elektrycznej spada. W Europie możemy wyróżnić państwa będące zwolennikami energetyki jądrowej (zaliczają się do nich: Francja, Wielka Brytania, Czechy, Węgry, Słowacja, Rumunia i Bułgaria, a także Rosja i Ukraina) oraz takie, które zdecydowały o systematycznym odchodzeniu od tego źródła energii lub już od niego odeszły (Niemcy, Belgia, Hiszpania i Włochy). Nastawienie tych krajów do rozwoju energetyki jądrowej jest bardzo zróżnicowane, co jest skutkiem oddziaływania czynników ekonomicznych, środowiskowych, społecznych i politycznych, a także wiąże się z kwestiami bezpieczeństwa jądrowego i bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej<sup>17</sup>. Dla części krajów europejskich (Holandii, Słowenii, Szwecji i Szwajcarii) EJ ma duże znaczenie, aczkolwiek budowa nowych elektrowni jądrowych nie jest planowana lub przesądzona, toteż czas eksploatacji istniejących elektrowni będzie wydłużany. Osobną kategorię stanowią te kraje, które planują lub budują elektrownie atomowe (Albania, Serbia, Chorwacja, Portugalia, Norwegia, Polska, Białoruś, Estonia, Łotwa, Irlandia i Turcja). Prace są na zróżnicowanym etapie, od planów kreślonych na deskach architektów do zaawansowanych prac budowlano-konstrukcyjnych i wykonawczych.

---

<sup>15</sup> *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, WNA, 1<sup>st</sup> June, 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements) (dostęp: 22.09.2015).

<sup>16</sup> Zob. C.T. Szyjko, *Współczesne problemy bezpieczeństwa energetycznego Europy. Studium ekonomiczno-prawne*, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Warszawa–Piotrków Trybunalski 2011.

<sup>17</sup> T. Motowidlak, *Energetyka jądrowa w Unii Europejskiej*, „Polityka Energetyczna” 2009, t. 12, z. 2/1, s. 37–55.

## 8.2.1. Zwolennicy energetyki jądrowej

### 8.2.1.1. Francja, Wielka Brytania i Finlandia

**Francja.** Kraj ten jest światowym liderem w budowaniu reaktorów, ich serwisowaniu i przetwarzaniu paliwa jądrowego. Posiada drugą (po Stanach Zjednoczonych) na świecie flotę cywilnych reaktorów jądrowych (58 reaktorów w 19 elektrowniach zarządzanych przez Electricité de France, EDF). Elektrownie są rozmieszczone na całym terytorium Francji, zwłaszcza w pobliżu dużych rzek lub na wybrzeżu morskim.

Francja jest największym na świecie producentem energii w elektrowniach jądrowych w przeliczeniu na mieszkańca, a drugim po Stanach Zjednoczonych w łącznej zainstalowanej mocy (i największym w UE). Energia jądrowa pokrywa około 40% całkowitej konsumpcji energii tego kraju, a jej udział w produkcji prądu elektrycznego wynosi 76% (2014). Produkcja i eksport energii elektrycznej stanowi ważny filar gospodarki kraju, sprzyjający równoważeniu bilansu handlowego oraz tworzeniu miejsc pracy (szacowanych na 410 tys. w sektorach bezpośrednim i pośrednim)<sup>18</sup>.

Państwowa spółka Areva to światowy lider w projektowaniu, budowie i konserwacji reaktorów, jest w stanie kontrolować cały cykl paliwowy (od wydobycia rud uranu oraz ich wzbogacania do produkcji i przetwarzania zużytego paliwa). W sektorze budowy i serwisowania reaktorów jej udział w rynku globalnym wynosi 20–25%, w zakresie wydobycia i produkcji paliwa jest to odpowiednio: 20–25% w wydobyciu uranu, 25–30% w konwersji uranu, 20–25% we wzbogacaniu uranu i 30–35% w produkcji nisko wzbogaconego paliwa uranowego<sup>19</sup>. W ramach grupy Areva oddział COGEMA (Compagnie Générale des Matières Nucléaires) zapewnia eksploatację złóż, występując jako numer 2 na światowym rynku uranu<sup>20</sup>. Francja to również jeden z niewielu krajów na świecie, które przerabiają wypalone paliwo jądrowe w zakładzie COGEMA w La Hague.

Kontrolowany przez państwo koncern EDF jest z kolei właścicielem i konstruktorem wszystkich obecnie działających elektrowni jądrowych we Francji<sup>21</sup>. EDF to największy na świecie operator EJ, eksploatujący łącznie

---

<sup>18</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotowienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2013, s. 65.

<sup>19</sup> M. Schneider, *Nuclear France Abroad: History, Status and Prospects of French Nuclear Activities in Foreign Countries*, Paris 2009, s. 5.

<sup>20</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie...*, s. 82. COGEMA jest właścicielem lub współwłaścicielem wielu kopalń rud uranu na świecie, m.in. w Nigrze, Kanadzie, Australii, Namibii, RPA, Kazachstanie.

<sup>21</sup> Dzięki przejęciu British Energy EDF potrojiło swoje moce produkcyjne i stało się największym producentem energii elektrycznej w Wielkiej Brytanii.

73 reaktory we Francji i Wielkiej Brytanii oraz 5 w Stanach Zjednoczonych wraz z Constellation Energy Nuclear Group (CENG). Francja była jedynym krajem bloku zachodniego, który zdecydował się przenieść swoje technologie jądrowe do Chin w latach 80. XX wieku. Współcześnie Francja pozostaje ważnym partnerem chińskiego programu jądrowego – EDF odpowiada za budowę trzech reaktorów nowej generacji *European Pressurized Reactor* (EPR)<sup>22</sup>.

### *Rys historyczny*

Francuskie badania nad wykorzystaniem energii jądrowej rozpoczęły się przed II wojną światową. Niemiecka okupacja przerwała prace nad energią atomową, a francuscy naukowcy opuścili ojczyznę, by wspierać amerykańskich i brytyjskich sojuszników w Montreal Laboratories w Kanadzie. Po zakończeniu II wojny światowej część z nich powróciła do kraju, kontynuując prace w Narodowym Centrum Badań Naukowych (National Centre for Scientific Research). Charles de Gaulle postrzegał EJ jako narzędzie odbudowy francuskiej pozycji na arenie międzynarodowej po utracie kolonii, a także jako środek do gospodarczego rozwoju kraju. Uzyskanie dostępu do broni jądrowej miało przywrócić Francji prestiż i rolę dawnego mocarstwa światowego. Jesienią 1945 roku powołano Komisariat Energii Atomowej (Commissariat à l'Energie Atomique – CEA) w celu rozwoju francuskiego programu jądrowego. CEA skupiała silną grupę naukowców i stopniowo opanowywała różne aspekty zarówno pokojowych, jak i wojskowych technologii jądrowych<sup>23</sup>.

We Francji badania nad cywilnym i wojskowym wykorzystaniem energii jądrowej były zintegrowane. W 1952 roku kilkuset naukowców CEA podpisało petycję za pokojowym wykorzystaniem EJ, a deputowani z Francuskiej Partii Komunistycznej domagali się, by rząd wyraźnie stwierdził, że Francja nigdy nie zbuduje bomby atomowej<sup>24</sup>. Po informacji, że program jądrowy nie jest skierowany na cele wojskowe, parlament zatwierdził w lipcu 1952 roku budżet dla CEA. W tym samym roku CEA została zreorganizowana. W rezultacie usunięto z niej wpływy francuskich komunistów<sup>25</sup>.

---

<sup>22</sup> Francja, która ma długą historię współpracy i rozwoju w zakresie EJ w Chinach, chce współpracować z Państwem Środka, aby wygrać oferty na rynkach krajów trzecich. Zob. T. Młynarski, *Strategiczne partnerstwo Francji i Chin w sektorze energetyki jądrowej* [w:] K. Pająk, J. Marszałek-Kawa (red.), *Polityka energetyczna państw Azji i Pacyfiku w XXI wieku*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2015, s. 71–94.

<sup>23</sup> Uruchomienie pierwszego reaktora eksperymentalnego (Zoe) nastąpiło 15 grudnia 1948 r. na przedmieściach Paryża. T. Młynarski, *Francja w procesie...*, s. 92.

<sup>24</sup> Zob. G. Hecht, M. Callon, *Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, MIT Press, Cambridge, MA 2009, s. 62–63.

<sup>25</sup> *Ibidem*, s. 64–65.

Opór środowisk naukowych wobec wykorzystania EJ do celów militarnych oraz niechęć partii komunistycznej, która odgrywała znaczącą rolę polityczną w IV Republice, spowodowały, że program badań nad bronią jądrową został utajniony. W połowie 1954 roku badania francuskich uczonych nad konstrukcją własnej bomby atomowej były na tyle zaawansowane, że rokowały nadzieję na końcowy sukces. Pod koniec grudnia 1954 roku planiści utworzyli Bureau d'Études Générales (BEG), niejawną organizację w ramach CEA w celu zaprojektowania i budowy bomby atomowej<sup>26</sup>. W 1956 roku został utworzony tajny Komitet Wojskowych Zastosowań Energii Jądrowej (Comité des applications militaires de l'énergie atomique – CAMEA) w strukturach Ministerstwa Obrony. W tym samym roku CEA w porozumieniu z Ministerstwem Obrony Narodowej opracowała tajny plan budowy reaktora specjalnie zaprojektowanego na potrzeby militarne. Przykładowo zakłady jądrowe Marcoule i Chinon służyły do produkcji plutonu do celów wojskowych oraz dodatkowo do produkcji względnie małych ilości energii elektrycznej. W kolejnych latach naukowcy i liderzy polityczni pozostali podzieleni wobec problemu, czy Francja powinna nadać priorytet wojskowy, czy cywilny zastosowaniu energii jądrowej<sup>27</sup>.

Pierwsza komercyjna elektrownia jądrowa została otwarta w 1965 roku. Kolejne elektrownie GCR (*Gas-Cooled Reactor*) oddano do użytku w latach 60. XX wieku. Dopiero jednak w 1969 roku, kiedy Francja dokonała ostatecznego wyboru typu reaktora – PWR (*Pressurized Water Reactor*) – opartego na amerykańskiej licencji, CEA i EDF wsparły monopol Framatome w budowie elektrowni jądrowych, doprowadzając do standaryzacji produkcji reaktorów i wznoszenia całych elektrowni. Od lat 50. XX wieku w celu uniezależnienia się od importu paliwa jądrowego nastąpił także rozwój produkcji gotowego paliwa, które początkowo używano zarówno do celów wojskowych, jak i przemysłowych. Uruchomiono zakłady wzbogacania uranu U-235, między innymi w Marcoule (1956) na południu Francji, a następnie w La Hague w Normandii (1967)<sup>28</sup>.

W przeddzień pierwszego kryzysu naftowego z 1973 roku wskaźnik zależności energetycznej wynosił 77,5%, co oznacza, że niemal całkowita podaż energii była zależna od paliw importowanych (w 1973 r. udział paliw

---

<sup>26</sup> 26 grudnia 1954 r. rząd francuski zatwierdził program jej budowy. O. Forcade, É. Duhamel, P. Vial (red.), *Militaires en République 1870–1962: Les officiers, le pouvoir et la vie publique en France*, Paris 1957, s. 95.

<sup>27</sup> W 1958 r. Francuzi dzięki utworzeniu Framatome (Franco-Américaine de Constructions Atomiques) zdobyli licencję firmy Westinghouse, dzięki czemu uzyskali dostęp do technologii amerykańskiej, co umożliwiło rozwój własnego przemysłu jądrowego.

<sup>28</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012, s. 83–84. W 1954 r. został zbudowany także reaktor, który mógł produkować znaczące ilości plutonu (Fontenay-aux-Roses Center).

importowanych w produkcji prądu elektrycznego wynosił 60%, w tym ropy – 39%)<sup>29</sup>. W tych okolicznościach 6 marca 1974 roku rząd Pierre'a Messmera podjął decyzję o uruchomieniu przemysłowego programu rozwoju EJ celem uniezależnienia produkcji energii elektrycznej od surowców zewnętrznych. Zmieniło to sytuację energetyczną Francji, a lata 70. XX wieku przeminęły pod hasłem „cała energia elektryczna z energii jądrowej” (*tout électrique – tout nucléaire*). W kolejnych latach Francja wybudowała elektrownie jądrowe, które znacznie wyprzedziły krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną (do 1989 r. zbudowano 48 reaktorów).

Francuski program nuklearny był niezwykle scentralizowany, a jego rozwój – inspirowany i wspierany przez władze publiczne. Rząd, działając za pośrednictwem EDF i CEA oraz Framatome, uzyskał bezpośrednią kontrolę nad wszystkimi fazami przemysłu jądrowego<sup>30</sup>.

### *Czynniki rozwoju energetyki jądrowej*

Imperatyw wojskowy okazał się decydujący dla rozwoju programu jądrowego, a czynnik militarny był szczególnym motorem napędzającym rozwój przemysłu jądrowego we Francji. W okresie zimnej wojny dzięki technologii jądrowej arsenał atomowy Francji pozwalał jej odgrywać większą rolę na scenie międzynarodowej, niż wynikało to z jej rzeczywistego znaczenia. W połowie lat 50. XX wieku zapadła decyzja o powołaniu sił uderzeniowych opartych na jądrowym uzbrojeniu, a punktem wyjścia miał być rodzimy przemysł atomowy. Do detonacji pierwszej bomby jądrowej (*gerboise bleue*) doszło w Algierii na północnej Saharze 13 lutego 1960 roku<sup>31</sup>. Utworzenie odstraszającej siły jądrowej (*la force de dissuasion*) stanowiło filar strategii wojskowej od 1960 roku i odgrywało ważną rolę w niezależności kraju<sup>32</sup>. Francja umiejętnie spłotła prace nad zastosowaniem programu atomowego w celach wojskowych i cywilnych. Pierwsze jądrowe zakłady wytwarzały materiał do zastosowań militarnych oraz dla sektora energetycznego.

Energetyka jądrowa odegrała główną rolę w polityce przemysłowej i handlowej jako katalizator modernizacji gospodarczej. Rozwój programu EJ pozwolił także ograniczyć koszty związane z importem paliw kopalnych (głównie

---

<sup>29</sup> F. Sorin, *La France et le choix électronucléaire: Une approche géopolitique*, „La Revue Française de Géopolitique” 2004, no. 2.

<sup>30</sup> J.-P. Moatti, J. Fagnani, *The Politics of French Nuclear Development*, „Journal of Policy Analysis and Management” 1984, vol. 3, no. 2, s. 269.

<sup>31</sup> Testy na terenie Algierii były kontynuowane do 1966 r., czyli po uzyskaniu przez to państwo niepodległości, a następnie poligony zostały przeniesione na wyspy Polinezji Francuskiej na Pacyfiku.

<sup>32</sup> T. Młynarski, *Francja wobec głównych problemów reformy instytucjonalnej Unii Europejskiej w XXI w.*, Dante, Kraków 2006, s. 50–51.

ropy naftowej i gazu ziemnego). Przemysł jądrowy obecnie jest ważnym atutem i ogniwem gospodarki państwa, dając zatrudnienie ponad 100 tys. osób (od budowy elektrowni przez eksploatację i produkcję paliwa jądrowego do składowania odpadów)<sup>33</sup>. Dzięki EJ Francja stała się także jednym z głównych dostawców produktów i usług dla przemysłu jądrowego (obok Stanów Zjednoczonych, Japonii czy Rosji). Najbardziej spektakularna była sprzedaż elektrowni jądrowych „pod klucz” w Belgii, RPA, Korei Południowej, Chinach. Francja dysponuje globalnym potencjałem produkcyjnym wzbogacania uranu, a także przerobu wypalonego paliwa jądrowego, świadcząc usługi dla elektrowni w Europie i Azji. Rozbudowany na niespotykaną w Europie skalę program jądrowy nie tylko zapewnia konkurencyjność francuskiej gospodarki, ale także umożliwia aktywne zaangażowanie się Francji w działalność zmierzającą do przeciwdziałania zmianom klimatu. Francja jest jednym z nielicznych krajów, którym udało się połączyć dwa cele: wzrost gospodarczy i ograniczenie emisji GHG. Obserwuje się tam jedną z najniższych na świecie intensywności emisji CO<sub>2</sub>/PKB. Francja silnie wspiera więc eksport zaawansowanych komponentów i materiałów jądrowych. W maju 2008 roku powołano Agence France Nucléaire International (AFNI) odpowiedzialną za promocję handlu cywilnymi technologiami nuklearnymi i wsparcie wysiłków na rzecz międzynarodowej współpracy w dziedzinie cywilnej EJ<sup>34</sup>.

Presja środowisk ekologicznych oraz decyzja Niemiec o wycofaniu się z EJ po katastrofie w Fukushima rozpoczęła we Francji publiczną debatę o przyszłości tego sektora. Po dojściu do władzy socjalistów prezydent François Hollande zapowiedział zredukowanie udziału EJ z 75% do 50% w bilansie energetycznym kraju<sup>35</sup>. Głównym motywem tej decyzji był zły stan techniczny parku jądrowego – prawie połowa reaktorów w perspektywie dekady osiągnie planowany okres eksploatacji. Rezygnacja z EJ może jednak prowadzić do zmniejszenia niezależności energetycznej kraju, wzrostu cen energii elektrycznej i pogorszenia bilansu handlowego wobec wzrostu importu paliw kopalnych, a także trudności w wypełnieniu celów polityki klimatycznej. Dodatkowe obciążenia to koszty demontażu instalacji jądrowych i utrata zysków z eksportu energii elektrycznej i technologii jądrowych. Francja zamierza więc dążyć do przedłużenia żywotności

---

<sup>33</sup> Agencja ds. Zarządzania Odpadami Promieniotwórczymi ANDRA jest odpowiedzialna za zarządzanie odpadami radioaktywnymi, dysponuje kilkoma składowiskami, m.in. la Manche (średnioradioaktywne) oraz LAube w Szampanii (niskoradioaktywne). Odpowiedzialność za odpady radioaktywne spoczywa na ich producentach, którzy są również odpowiedzialni za finansowanie kosztów ich utylizacji.

<sup>34</sup> Towarem eksportowym Francji jest pierwszy reaktor EPR generacji III+, ale jego budowa w Finlandii i we Francji ma olbrzymie opóźnienia, dochodzi też do przekroczenia projektowanych kosztów budżetowych.

<sup>35</sup> Jeszcze jako kandydat na prezydenta François Hollande zadeklarował zamknięcie 24 spośród 58 reaktorów.

obecnej floty atomowej, równocześnie stopniowo zmniejszając udział energii jądrowej w bilansie energetycznym kraju na rzecz rozwoju odnawialnych źródeł energii<sup>36</sup>. W połowie 2015 roku we Francji przyjęto ustawę o transformacji energetycznej dla zielonego wzrostu (*transition énergétique pour la croissance verte*)<sup>37</sup>. Nowa polityka energetyczna Francji zakłada między innymi zmniejszenie udziału energii jądrowej w produkcji energii elektrycznej z 75% do 50% do 2025 roku, pod warunkiem utrzymania konkurencyjnej ceny energii elektrycznej i przy zapewnieniu braku wzrostu emisji GHG, oraz wzrost udziału energetyki odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (23% w 2020 r. i 32% w 2030 r., przy czym z OZE ma pochodzić 40% konsumowanej energii elektrycznej)<sup>38</sup>. Ekologiczna modernizacja gospodarki przez nieemisyjne innowacje technologiczne ma zapewnić postęp w osiągnięciu celów środowiskowych z jednoczesnym postępem industrialnym i wzrostem gospodarczym.

**Wielka Brytania.** W pierwszej połowie 2015 roku na Wyspach Brytyjskich pracowało 16 bloków wytwarzających ponad 17% prądu elektrycznego generowanego w tym kraju. Większość energii elektrycznej pochodzi z paliw kopalnych (64%), w szczególności węgla (36%). Po 2000 roku zlikwidowano 15 reaktorów, ale elektrownie jądrowe wciąż stanowią ważny element w rządowych planach rozwoju sektora elektroenergetyki. Większość dodatkowych nowych mocy wytwórczych będą stanowiły bloki jądrowe. Reaktory Magnox I generacji (11 jednostek) zostały wyłączone. Kolejne reaktory, II generacji (AGR chłodzone gazem) również zbliżają się do kresu użytkowania. Operator stara się jednak o przedłużenie czterdziestoletniego okresu ich eksploatacji, tak by zamknięcia następowały w latach 2016–2029. Najnowsza elektrownia Sizewell B ma reaktor typu PWR i została ukończona w 1995 roku. Najstarsza elektrownia (jednostki Wylfa-1 i Wylfa-2, typu Magnox) na wyspie Anglesey w Północnej Walii, uruchomiona w 1971 roku, została zamknięta w grudniu 2015 roku<sup>39</sup>. Według World Nuclear Association niemal cała brytyjska cywilna flota jądrowa musi zostać zastąpiona do roku 2023. Odpowiada za to rządowa agencja Nuclear Decommissioning Authority (NDA). Część reaktorów jest zarządzana przez EDF Energy, która uzyskała pozwolenie na budowę dwóch nowych reaktorów w Hinkley Point C. W planach do 2030 roku znajduje się

---

<sup>36</sup> Spośród 19 elektrowni (58 reaktorów), które są rozmieszczone na terenie całego kraju, aż 22 osiągnie 40-letni okres pracy w 2022 r. EDF chce więc przedłużenia okresu żywotności reaktorów z 40 do 50, a nawet 60 lat.

<sup>37</sup> *Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte*, <http://www.legifrance.gouv.fr> (dostęp: 15.08.2015).

<sup>38</sup> T. Młynarski, *Uwarunkowania transformacji polityki energetycznej Francji. Między ekologiczną modernizacją a ekonomiczną kalkulacją*, „Rocznik Integracji Europejskiej” 2015, nr 9, s. 370–375.

<sup>39</sup> *United Kingdom*, CAB, EIA, 2015.

budowa czterech nowych reaktorów o łącznej mocy 6,6 GW (wobec 10 GW w 2012 r.), bez ograniczeń dla inwestycji kapitału zagranicznego, przy czym w każdym z projektów rząd zakłada finansowe zaangażowanie dostawców na poziomie 10%, 60% i 100%<sup>40</sup>.

Wielka Brytania, która miała dostęp do tajemnic bomby atomowej (w ramach współpracy w projekcie „Manhattan”), potrzebowała aż 7 lat na skonstruowanie swojej pierwszej bomby atomowej, co nastąpiło w 1952 roku (Anglicy zbudowali broń jądrową własnymi siłami, stając się po Stanach Zjednoczonych i ZSRR trzecim mocarstwem atomowym)<sup>41</sup>. W latach 50. ubiegłego stulecia energetyka kraju była zdominowana przez węgiel kamienny – jego udział w wytwarzaniu energii elektrycznej wynosił aż 99%<sup>42</sup>. W związku z planowanym z wielu powodów odejściem od węgla (przede wszystkim ze względu na wzrastające koszty wydobycia, ale również negatywny wpływ na środowisko naturalne) zdecydowano się na rozwój EJ. Budowę pierwszej elektrowni jądrowej w Wielkiej Brytanii rozpoczęto już w 1953 roku w Calder Hall, w pobliżu Windscale. W tym czasie EJ stawiała dopiero pierwsze kroki, dlatego opierano się głównie na doświadczeniach zdobytych podczas prac nad reaktorami wykorzystywanymi do celów wojskowych. Pierwszy blok elektrowni uruchomiono w 1956 roku, a kolejne odpowiednio w latach: 1957, 1958 i 1959. Wszystkie elektrownie jądrowe zostały zlokalizowane nad brzegiem morza, stąd też do chłodzenia kondensatu używano wody morskiej.

Elektrownie jądrowe z reaktorami AGR oraz PWR są własnością powstałego w ramach restrukturyzacji brytyjskiej energetyki w 1996 roku prywatnego koncernu energetycznego British Energy, należącego do jednego z największych wytwórców energii elektrycznej w kraju. Wielka Brytania posiada pełne zaplecze cyklu paliwowego, w tym zakłady przetwórcze. Kraj jako jeden z nielicznych na świecie posiada zakłady wzbogacania uranu metodą wirówkową w Capenhurst, wchodzące w skład międzynarodowego konsorcjum Urenco, oraz zakłady produkujące paliwo uranowo-plutonowe MOX w Sellafield<sup>43</sup>. Krajowy przemysł energetyki jądrowej jest samowystarczalny w konwersji, wzbogacaniu, produkcji paliwa, przetwarzaniu i utylizacji odpadów. Do 1982 roku niektóre odpady nisko- i średnioradioaktywne zostały umieszczone na dnie

---

<sup>40</sup> *Nuclear Power in the United Kingdom*, WNA, September 2015.

<sup>41</sup> Wielka Brytania oficjalnie współuczestniczyła w pracach nad bronią atomową w ramach projektu „Manhattan”. 3 października 1952 r. przeprowadzono pierwszą próbę z brytyjską bombą atomową, zdetonowaną na poziomie 2,7 m poniżej poziomu wody. Siła wybuchu wynosiła 25 kt TNT i spowodowała powstanie w dnie morskim krateru o długości ponad 300 m i głębokości 6 m. G. Jeziński, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 153–154, 463.

<sup>42</sup> *Ibidem*, s. 463.

<sup>43</sup> *Ibidem*, s. 466–467.



oceanu. W 1993 roku rząd przyjął międzynarodowy zakaz tego typu praktyk<sup>44</sup>. Stałe odpady niskoaktywne utylizuje się między innymi na składowisku w pobliżu Sellafield, które działa od 1959 roku. Odpady wysokoaktywne (HLW) są zeszlone i przechowywane w Sellafield w pojemnikach ze stali nierdzewnej w specjalnych silosach. Kolejne specjalne składowiska, „obiekty geologicznego składowania” (*Geological Disposal Facility*) w głębokich warstwach geologicznych, gdzie zużyte paliwo w beczkach w suchych chłodzonych pomieszczeniach będzie przechowywane przez 50 lat, są w trakcie budowy. Kwestię bezpieczeństwa eksploatacji elektrowni jądrowych w Wielkiej Brytanii reguluje ustawa jądrowa (*Nuclear Installations Act*) z 1965 roku. Standardy bezpieczeństwa MAEA są stosowane we wszystkich cywilnych elektrowniach jądrowych. Wielka Brytania jest krajem posiadającym broń atomową i stroną *Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej* (NPT), który ratyfikowano w 1968 roku. Protokół dodatkowy został podpisany w 1998 roku.

W marcu 2013 roku rząd opublikował strategiczny dziewięćdziesięciostronicowy dokument zatytułowany *Przyszłość jądrowa Wielkiej Brytanii* (*The UK's Nuclear Future*<sup>45</sup>), w którym zakłada się, że w przyszłości energia jądrowa będzie odgrywać znaczącą rolę w koszyku energetycznym, a rząd przedstawi swoje plany dostosowania przemysłu jądrowego, tak aby ten odgrywał główną rolę wytwórczą. Brytyjczycy poniekąd sami skazali się na atom, technologia turbin wiatrowych nie spełniła bowiem pokładanych przez ten kraj nadziei, a węgiel odrzucono jako pogarszający globalny bilans emisji CO<sub>2</sub><sup>46</sup>.

Rząd w Londynie podpisał w październiku 2013 roku porozumienie z francuską grupą energetyczną EDF w sprawie budowy nowej elektrowni nuklearnej w Hinkley Point w hrabstwie Somerset na południowym zachodzie Anglii. EDF jako jedyne mogło zaoferować technologię zatwierdzoną przez brytyjski dozór, aczkolwiek francuski gigant będzie współpracował z China General Nuclear Corporation i China National Nuclear Corporation (konsorcjum EDF – 45%, Areva – 10%, chińscy partnerzy – 30%, inne firmy – 15%). Inwestycja z dwoma nowoczesnymi reaktorami ma kosztować 13,6 mld USD za każdy z nich, przy czym brytyjski rząd ma zapewnić gwarancje kredytowe na około 17 mld USD, a współfinansowanie mają zapewnić też spółki chińskie. Francusko-chińskie konsorcjum w zamian za gwarantowaną przez 35 lat niezmienną cenę sprzedaży energii (co jest elementem wdrażanej przez rząd

---

<sup>44</sup> *Nuclear Power in the United Kingdom*, WNA, September 2015.

<sup>45</sup> *The UK's Nuclear Future, Industrial Strategy: Government and Industry in Partnership*, HM Government, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/168048/bis-13-627-nuclear-industrial-strategy-the-uks-nuclear-future.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/168048/bis-13-627-nuclear-industrial-strategy-the-uks-nuclear-future.pdf) (dostęp: 15.09.2015).

<sup>46</sup> A. Strupczewski, *Komentarz dla Narodowego Centrum Badań Jądrowych*, „Wysokie Napięcie”, <http://wysokienapiecie.pl/atom/216-francusko-chinski-atom-w-wielkiej-brytanii-co-to-oznacza-dla-polski> (dostęp: 15.09.2015).

reformy brytyjskiego rynku energetycznego wspierającego niskowęglowe technologie wytwórcze) ma się podjąć tej inwestycji. Udział Chin przez stronę brytyjską jest motywowany wkładem chińskiego kapitału, zaś przez chińską – chęcią wyrobienia sobie marki na rynku europejskim. Nowa elektrownia ma dostarczyć 7% energii elektrycznej dla Wielkiej Brytanii<sup>47</sup>. „Mamy nadzieję, że współpraca z Chinami w sprawie projektu brytyjskiego to nie tylko cel finansowy, ale prawdziwa współpraca przemysłowa, gdzie obie strony mogą dzielić się i wymieniać kluczowymi ekspertyzami jądrowymi” – powiedział Guy Bétout, dyrektor partnerstwa przemysłowego w EDF<sup>48</sup>.

Umowa w sprawie budowy reaktora Hinkley została notyfikowana Komisji Europejskiej w październiku 2013 roku, ale w lutym 2014 roku Komisja uznała, że pomoc państwa dla sektora EJ prowadzi do zakłócenia konkurencyjności na wspólnym rynku, a zgłoszony środek stanowi pomoc państwa w rozumieniu art. 107 (1) TFUE<sup>49</sup>. Ostatecznie w październiku 2014 roku, po uwzględnieniu przez wnioskodawców zastrzeżeń Komisji Europejskiej, zatwierdziła ona program pomocy publicznej dla elektrowni planowanej w Hinkley Point C.

Brytyjski rząd wytypował w sumie pięć lokalizacji dla nowych projektów na terenie Anglii i Walii (w miejscach dotychczasowych elektrowni), gdzie trzy przedsiębiorstwa energetyczne mają zbudować kolejne elektrownie: 1) EDF w Hinkley i Sizewell (reaktor EPR firmy Areva), 2) Horizon Nuclear (własność Hitachi) w Oldbury (Anglia) i w elektrowni Wylfa na wyspie Anglesey w Walii (reaktor Advanced BWR firmy Hitachi/GE); 3) Nugeneration (*joint venture* Toshiba-Westinghouse 60% i GDF-Suez 40%) w Moorside (Sellafield w Kumbrii, Anglia; reaktory AP-1000 PWR firmy Westinghouse), które miałyby zacząć pracę w 2024 roku<sup>50</sup>.

**Finlandia.** W 2015 roku pracowały cztery bloki jądrowe, dwa dalsze były w budowie, a wniosek na konstrukcję siódmego oczekiwał na zezwolenie parlamentu. Cztery reaktory dostarczyły w 2014 roku 34,6% zapotrzebowania na

---

<sup>47</sup> Francusko-chińskie konsorcjum dostanie kontrakt gwarantujący stałą cenę (92,5 GBP za MWh) zakupu energii w perspektywie 35 lat.

<sup>48</sup> *French Firm Sees New Era in China*, „China Daily”, 3<sup>rd</sup> June 2014, <http://www.asianewsnet.net/French-firm-sees-new-era-in-China-61050.html> (dostęp: 10.03.2015).

<sup>49</sup> Gwarancja stałej ceny zakupu energii elektrycznej była powodem śledztwa Komisji Europejskiej ws. podejrzenia o pomoc publiczną. W dniu 31 stycznia 2014 r. Komisja opublikowała list, w którym zadała wiele pytań i podniosła liczne zarzuty. Ostatecznie w październiku 2014 r. Komisja Europejska zaakceptowała dopłaty brytyjskiego rządu na budowę nowych reaktorów atomowych w Hinkley Point. Przyzwoliła tym samym na udzielanie pomocy publicznej na rozwój elektrowni jądrowych, co wzbudziło sprzeciw austriackich i niemieckich koncernów z sektora energetyki odnawialnej, które złożyły pozew w Europejskim Trybunale Sprawiedliwości przeciwko zgodzie KE.

<sup>50</sup> J. Malko, H. Wojciechowski, *Elektrownia jądrowa Hinkley Point C. Oczekiwane konsekwencje*, „Energetyka” 2015, nr 4.

prąd<sup>51</sup>. Piąty reaktor znajduje się w budowie, a kolejne są planowane. Finlandia jest jednym z niewielu krajów, które posiadają reaktory od różnych dostawców, oparte na różnych technologiach. Dwa typu PWR zostały zbudowane przez Rosjan, dwa typu BWR – przez koncern ABB w Olkiluoto. W 2003 roku Finlandia zamówiła nowy reaktor Olkiluoto-3 (1,6 GW EPR) – u konsorcjum Areva (66%) i Siemens (34%) – którego budowa rozpoczęła się w 2005 roku, ale do 2015 roku o dziewięć lat przekroczyła planowany termin, a jej budżet zwiększył się aż 2,8 razy. Plany przewidują, że elektrownia rozpocznie pracę nie wcześniej niż w 2018 roku. Budowa reaktora OL-3 była częścią rządowej strategii osiągnięcia celu zeroprocentowego wzrostu emisji wobec 1990 roku w ramach Protokołu z Kioto. Brak mocy jednostki z OL-3 zmusił Finlandię do skorzystania z instrumentu ETS, aby zrekompensować emisję gazów cieplarnianych emitowanych w kraju. Opóźnienia w OL-3 nie zniechęciły fińskiego operatora TVO do złożenia wniosku o zatwierdzenie kolejnego projektu OL-4 (reaktor o mocy 1 G – 1,8 GW). Fortum Power planuje podobny projekt Loviisa-3, który ma być ukończony w 2020 roku. Negocjacje na budowę tego ostatniego prowadzone były równoległe z dostawcami niezależnymi – Arewą i Toshiba, ale w marcu 2014 roku Rosatom, za pośrednictwem spółki zależnej ROAS Voima Oy, dokonał zakupu 34% udziałów w konsorcjum Fennovoima, które jest zleceniodawcą projektu, co w praktyce może oznaczać włączenie rosyjskiej spółki w przedsięwzięcie. Finlandia ma bardzo rygorystyczne przepisy dotyczące usuwania odpadów jądrowych.

### 8.2.1.2. Słowacja, Rumunia i Bułgaria

**Słowacja.** Ma ona cztery reaktory jądrowe, które wytwarzają ponad połowę energii elektrycznej w tym kraju (56,8% w 2014 r., co daje drugie miejsce, po Francji, na świecie pod względem udziału EJ w krajowym koszyku elektroenergetycznym), a dwie kolejne jednostki są w budowie<sup>52</sup>. W 1958 roku rząd czechosłowacki pierwszy rozpoczął budowę elektrowni jądrowej – reaktora na ciężką wodę chłodzonego gazem w Bohunicach (obecnie na Słowacji). Reaktor o mocy 110 MWe, Bohunice A-1, zbudowany przez koncern Škoda, został ukończony w 1972 roku i w tym roku pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej na Słowacji rozpoczął pracę. Działał do 1977 roku, kiedy to został wyłączony z powodu awarii. W 1972 roku rozpoczęła się budowa kolejnych dwóch reaktorów WWER-440 V-230 dostarczonych przez Atomenergoexport. Pierwszy został podłączony do sieci w 1978 roku, a drugi w 1980 roku

---

<sup>51</sup> *Nuclear Power in Finland*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Finland](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Finland) (dostęp: 25.08.2015).

<sup>52</sup> *Nuclear Power in Slovakia*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovakia> (dostęp: 25.08.2015).

(zakład V-1). Kolejne reaktory WWER-440 w Bohunicach rozpoczęły działalność w połowie lat 80. XX wieku (w zakładzie V-2, dostarczone przez Škodę). Budowa następnych dwóch reaktorów została zaproponowana przez ówczesny rząd Czechosłowacji na terenie wsi Mochovce. Prace rozpoczęto w czerwcu 1981 roku, a pierwsze dwa reaktory (Mochovce-1 i Mochovce-2) uruchomiono kolejno w 1998 i 1989 roku. Budowę pozostałych dwóch jednostek zaczęto w 1985 roku. Przerwano ją w 1991 roku ze względu na brak środków finansowych. W 1995 roku rząd zatwierdził plan ukończenia reaktorów Mochovce-3 i Mochovce-4 w nowej, bezpieczniejszej zachodniej technologii. Dokończenie budowy oprotestowano w Austrii, która jest przeciwna wykorzystywaniu energii jądrowej. Jednym z warunków przyłączenia Słowacji do UE było wyłączenie przestarzałych bloków w pierwszym zakładzie (V-1), co nastąpiło kolejno w grudniu 2006 i 2008 roku. Ostatecznie planuje się oddanie do użytku dwóch ostatnich reaktorów w latach 2017–2018.

Słowacki operator Slovenské Elektrárne (SE) obsługuje wszystkie bloki jądrowe, Jaslovské Bohunice (dwa bloki WWER-440) oraz Mochovce (podobne jednostki). SE przeprowadziło kompleksowy program modernizacji dwóch jednostek Bohunice V-2 w celu poprawy odporności sejsmicznej, systemów chłodzenia oraz oprzyrządowania i systemów sterowania z zamiarem przedłużenia okresu eksploatacji do 40 lat (do 2025 r.)<sup>53</sup>.

W październiku 2004 roku włoski Enel, który nabył większościowy udział 66% w SE, zaproponował budowę kolejnych dwóch bloków w elektrowni Mochovce<sup>54</sup>. Budowa rozpoczęła się w grudniu 2008 roku i miała się zakończyć do 2013 roku. Sąd Najwyższy orzekł jednak, że słowacki krajowy operator jądrowy złamał prawo dotyczące procesu oceny oddziaływania na środowisko, odmawiając Greenpeace Słowacja udziału w procesie<sup>55</sup>. Regulator został zobowiązany do podjęcia publicznych konsultacji środowiskowych, aczkolwiek budowa była kontynuowana. Projekt jest opóźniony o dwa lata i o 2 mld EUR przekroczył planowany pierwotnie budżet<sup>56</sup>. W czerwcu 2014 roku ogłoszono, że rosyjski Sberbank udzielił 800 mln EUR pożyczki, z czego 300 mln jest przeznaczony na zakup paliwa jądrowego z Rosji i urządzeń dla Mochoviec. W lipcu 2014 roku Enel ogłosił, że zamierza sprzedać swoje udziały w SE, a zważywszy, że energia z nowych reaktorów z Mochovców miała być przeznaczona na eksport, można sądzić, iż przy niskich cenach prądu elektrycznego na rynku europejskim inwestorzy będą mieli problemy z odzyskaniem

---

<sup>53</sup> *Ibidem*.

<sup>54</sup> W 2006 r. włoski Enel nabył 66% udziałów w SE.

<sup>55</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 135.

<sup>56</sup> Rząd słowacki ogłosił, że koszt realizacji projektu wzrósł gwałtownie o 250 mln EUR, a w kwietniu 2014 r. okazało się, że brakuje dalszych 400 mln EUR. Całkowite koszty mają sięgnąć 3,8 mld EUR.

zainwestowanego kapitału<sup>57</sup>. Mimo problemów Słowacji rząd silnie popiera rozwój EJ.

**Rumunia.** Ma dwa reaktory jądrowe generujące prawie 20% energii elektrycznej<sup>58</sup>. Pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej w Rumunii rozpoczął pracę w 1996 roku, a drugi w maju 2007 roku. Rumunia dysponuje jedną elektrownią jądrową Cernavoda. Są tam zainstalowane dwa kanadyjskie reaktory typu CANDU. Budowa rozpoczęła się w latach 80. ubiegłego stulecia. Początkowo planowano uruchomienie pięciu reaktorów. Reaktory były częściowo sfinansowane przez kanadyjski Export Development Corporation przy zaangażowaniu Euratomu<sup>59</sup>. Rumunia planuje budowę dwóch kolejnych reaktorów. W marcu 2014 roku ogłoszono list intencyjny China General Nuclear Power Group (CGN) z rumuńskim Societatea Nationala Nuclearelectrica (SNN). W październiku 2014 roku rumuński rząd ogłosił, że CGN została wybrana jako ostateczny inwestor bloków 3 i 4 w Cernavoda. Dotychczas jednak budowa napotykała problemy związane z kosztami przekraczającymi możliwości finansowe strony rumuńskiej, a ostateczne decyzje są spodziewane w 2016 roku. Rumuński rząd silnie popiera dalszy rozwój EJ.

**Bułgaria.** Energia jądrowa z dwóch reaktorów dostarczyła w 2014 roku 32% energii elektrycznej konsumowanej w tym kraju. Elektrownia jądrowa Kozłoduj jest zlokalizowana 200 km na północny zachód od Sofii i 5 km na wschód od miasta Kozłoduj, nad Dunajem. Budowa rozpoczęła się 6 kwietnia 1970 roku na mocy porozumienia między rządami Bułgarii i Związku Radzieckiego, podpisanego w 1966 roku. Pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej w Bułgarii rozpoczął swoją działalność w 1974 roku. Cztery reaktory (z sześciu) zostały zamknięte jako warunek umowy przystąpienia do UE. Dwa pozostałe reaktory WWER-1000 obecnie mają licencję do 2017 i 2021 roku, ale operator rozpoczął działania w celu wydłużenia ich aktywności z obecnych 30 do 50 lat (realne jest dziesięcioletnie wydłużenie). Od połowy lat 80. XX wieku podejmowano próby zbudowania kolejnej elektrowni atomowej w Belene na północy Bułgarii. Przez lata różne konsorcja, w tym firmy z Bułgarii, Francji, Niemiec i Rosji, próbowały zrealizować projekt. W lutym 2013 roku parlament ostatecznie potwierdził decyzję poprzedniego premiera o rezygnacji z tej elektrowni<sup>60</sup>. Budowa nowych jednostek w Kozłoduju bez gwarancji rządowych nie ma raczej realnej szansy na realizację (negocjacje

---

<sup>57</sup> W czerwcu 2015 r. firma China National Nuclear Corporation (CNNC) zadeklarowała, że planuje ubiegać się o przejęcie 66% udziałów ENEL w SE.

<sup>58</sup> *Nuclear Power in Romania*, WNA, October 2014, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/romania.aspx> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>59</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 134.

<sup>60</sup> *Ibidem*, s. 132.

z Toshiba rozbiły się o problemy finansowe, a od czerwca 2014 roku trwają rozmowy z Westinghouse)<sup>61</sup>. Napięcia między Rosją a Ukrainą spowodowały nie tylko obawy o dostawę gazu (Bułgaria jest w dziewięćdziesięciu procentach zależna od Rosji), ale także substancji niezbędnych do funkcjonowania elektrowni Kozłoduj, ponieważ Rosja jest jedynym dostawcą paliwa jądrowego i odbiorcą zużytego. Rząd Bułgarii silnie popiera rozwój EJ, jakkolwiek znaczącym ograniczeniem są bariery finansowe.

### 8.2.1.3. Czechy i Węgry

**Republika Czeska.** Kraj ten ma sześć reaktorów rosyjskiej konstrukcji w dwóch elektrowniach – Dukovany i Temelín (cztery reaktory typu WWER-440 V-213 oraz dwa WWER-1000 V-320). Wytwarzają one ponad jedną trzecią energii elektrycznej (36% w 2014 r.) w tym kraju. W 1978 roku rozpoczęto budowę elektrowni Dukovany – pierwszej elektrowni jądrowej w obecnej Republice Czeskiej. Cztery reaktory typu WWER-440 V-213 zostały zaprojektowane przez rosyjski Energoprojekt i zbudowane przez Škoda Praha<sup>62</sup>. Weszły do eksploatacji komercyjnej w latach 1985–1987. W 1982 roku rozpoczęto prace konstrukcyjne zakładu w Temelinie. Po podziale Czechosłowacji nowy rząd wybrał Westinghouse celem wymiany całego systemu oprzyrządowania (ponadto koncern miał dostarczyć paliwo do nowych reaktorów, które rozpoczęły pracę w 2000 i 2003 roku). Modernizacja została przeprowadzona przez czeskiego operatora CEZ z pożyczki z Banku Światowego. W 2014 roku Czesi wyeksportowali netto 17 TWh energii elektrycznej, co stanowi blisko 60% produkcji elektrowni. Elektrownia Dukovany przeszła program wydłużenia działania do 2025 roku (aczkolwiek wymaga systematycznych przeglądów bezpieczeństwa)<sup>63</sup>. Reaktory Temelin rozpoczęły pracę w 2000 i 2002 roku z pomocą finansową amerykańskiego Export-Import Banku. Opierają się one na technologii dostarczonej przez Westinghouse. Czesi planują zwiększenie udziału EJ w bilansie energetycznym kraju w perspektywie 2040 roku. W 2004 roku rząd zaproponował plan budowy dwóch kolejnych reaktorów. Kluczową kwestią w przypadku nowej budowy jest poziom wsparcia przez państwo. Rząd nie wykazuje chęci do udzielenia gwarancji na zakup energii elektrycznej (subsydiowania stałych cen prądu), gdyż może to być zbyt duże obciążenie dla konsumentów w kolejnych dekadach<sup>64</sup>. Brak gwarancji państwowych uniemożliwia operatorowi CEZ podjęcie decyzji o rozbudowie elektrowni w Temelinie, wobec czego w kwietniu 2014 roku CEZ zrezygnował z przeprowadzenia procesu ofertowego na dwa

<sup>61</sup> *Ibidem*, s. 133.

<sup>62</sup> *Nuclear Power in Czech Republic*, WNA, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Czech-Republic> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>63</sup> *Ibidem*.

<sup>64</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 134.

nowe reaktory. Niemniej jednak plany rządu są ambitne i zakładają, że energia jądrowa ma się stać w 2040 roku głównym źródłem produkcji energii elektrycznej z udziałem na poziomie 58%. Przewiduje się, że udział węgla brunatnego spadnie do nie więcej niż 21%, a odnawialnych źródeł energii wzrośnie do 25%, gazu zaś – z 5% do 15%<sup>65</sup>.

**Węgry.** Jedyna elektrownia jądrowa w Paksu, z czterema reaktorami WWER-440 V-213, dostarczyła 53,67% energii elektrycznej w tym kraju w 2014 roku (trzecie na świecie miejsce pod względem udziału EJ w krajowym koszyku produkcji energii elektrycznej)<sup>66</sup>. Reaktory rozpoczęły działalność komercyjną na początku lat 80. XX wieku. W 1966 roku podpisano umowę między państwową pomiędzy Węgrami a ZSRR na budowę elektrowni jądrowej. Budowa pierwszej jednostki w Paksu (100 km na południe od Budapesztu), prowadzona przez Atomenergoexport, rozpoczęła się w 1974 roku, a drugiej – w 1979 roku (WWER-440). Kolejne powstały latach 1982–1987. Reaktory zarządzane są przez spółkę zależną od państwowego Magyar Villamos Művek (MVM). Żywotność konstrukcji reaktorów wynosi 30 lat, a więc cztery jednostki w Paksu osiągną kres swojej eksploatacji w latach 2012–2017. W listopadzie 2005 roku parlament węgierski zdecydował więc o przedłużeniu pracy elektrowni o 20 lat (systematyczne testy bezpieczeństwa są realizowane) dla wszystkich czterech reaktorów (przewidywane zakończenie ich użytkowania to 2030 rok, wówczas będą miały 50 lat)<sup>67</sup>.

W jednym z reaktorów występują problemy z przechowywaniem odpadów radioaktywnych z wypadku z roku 2003, który otrzymał w skali INES poziom 3. Plany, by eksportować te odpady do Rosji, są kwestionowane w kontekście europejskiego prawodawstwa. W marcu 2009 roku węgierski parlament zatwierdził budowę dodatkowych dwóch reaktorów w Paksu. Węgry dążą do rozbudowy swojej floty przez współpracę z Rosją. W styczniu 2014 roku rząd podpisał porozumienie z Rosatomem na budowę dwóch reaktorów w Paksu<sup>68</sup>. Na podstawie umowy z Rosją (10 mld EUR) stronie węgierskiej udzielony zostanie kredyt (na 21 lat) na pokrycie 80% kosztów projektu. Transakcję skrytykowano, została bowiem zawarta pięć dni przed wyborami powszechnymi, a jej najważniejsze postanowienia pozostały tajne. Oprocentowanie jest bardzo korzystne wobec rynkowego, ale kary umowne za wycofanie się są bardzo wysokie i niekorzystne dla państwa węgierskiego. Tymczasem umowa w kilku punktach narusza prawo konkurencji UE oraz zasadę pomocy państwa

---

<sup>65</sup> *Nuclear Power in Czech Republic*, WNA, June 2015.

<sup>66</sup> *Nuclear Power in Hungary*, WNA, April 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Hungary> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>67</sup> *Ibidem*.

<sup>68</sup> *Ibidem*.

(publicznej). Opozycyjni parlamentarzyści wezwali rząd do anulowania projektu. Projekt stanowi zwrot o 180 stopni w postawie partii rządzącej, która zaciekle krytykowała poprzedni lewicowy rząd za brak działań zmierzających do dywersyfikacji, to znaczy ograniczenia zależności Węgier od rosyjskiej energii. Rosja zaspokaja już około trzy czwarte zapotrzebowania Węgier na ropę i gaz.

## 8.2.2. Kraje utrzymujące energetykę jądrową w bilansie energetycznym kraju bez planów jej intensywnego rozwoju

### 8.2.2.1. Holandia, Słowenia

**Holandia.** W kraju tym pracuje już tylko jeden czterdziestoletni reaktor, który pokrywa 2,7% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Przewiduje się, że będzie pracował do 2033 roku<sup>69</sup>. We wrześniu 2013 roku została ogłoszona nowa polityka określana jako „holenderskie Energiewende”, zakładająca rozwój OZE i podniesienie efektywności energetycznej. Nowa strategia przemilcza perspektywę dla EJ.

**Słowenia.** Wraz z Chorwacją jest od 1981 roku współwłaścicielem elektrowni jądrowej Krsko o mocy 696 MW (reaktor typu Westinghouse PWR)<sup>70</sup>. W roku 2014 pokryła ona 37% zapotrzebowania na energię elektryczną w Słowenii<sup>71</sup>. Reaktor został uruchomiony w 1981 roku, a jego żywotność miała wynosić 40 lat, prowadzone są jednak prace w celu przedłużenia funkcjonowania jednostki o kolejne 20 lat<sup>72</sup>. Rozważano budowę drugiego reaktora w tym samym miejscu, ale negatywna ocena warunków sejsmicznych wykonana przez IRSN/L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (francuskich ekspertów agencji bezpieczeństwa jądrowego – Technical Support Organization) wpłynęła na rezygnację z tych planów.

### 8.2.2.2. Szwecja

Szwecja dysponuje 10 działającymi blokami jądrowymi, które dostarczają 41,5% energii elektrycznej (2014) produkowanej w tym kraju<sup>73</sup>. Równocześnie jest to państwo, które od lat próbuje zrezygnować z EJ. W Szwecji zużycie ener-

<sup>69</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 128.

<sup>70</sup> Zbudowana ok. 20 km od granicy z Chorwacją na potrzeby Słowenii i Chorwacji będących wówczas częściami Jugosławii.

<sup>71</sup> *Nuclear Power in Slovenia*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovenia](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovenia) (dostęp: 20.08.2015).

<sup>72</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 135.

<sup>73</sup> *Nuclear Power in Sweden*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Sweden> (dostęp: 25.06.2015).



gii elektrycznej na mieszkańca jest jednym z najwyższych na świecie, przede wszystkim ze względu na powszechne jej stosowanie do ogrzewania mieszkań.

W 1947 roku rząd powołał organizację badawczą energii atomowej, AB Atomenergi, a pierwszy eksperymentalny reaktor (R1) powstał w roku 1954. W 1956 roku rozpoczęto pracę (AB i Vattenfall) nad elektrownią jądrową do wytwarzania ciepła<sup>74</sup>. 17 lipca 1963 roku rozpoczęła pracę pierwsza na świecie elektrociepłownia jądrowa w Ågesta, która dostarczała ciepło do przedmieść Sztokholmu.

W 1966 roku zainicjowano projekt budowy reaktora lekkowodnego typu BWR o mocy 440 MWe w Oskarshamn (uruchomiony w 1972 r.). Był to pierwszy w zachodnim świecie reaktor zaprojektowany i zbudowany bez konieczności zakupu licencji od dostawców ze Stanów Zjednoczonych. Oprócz zasobów energii wodnej Szwecja nie posiada u siebie innych znaczących surowców energetycznych, dlatego też jest uzależniona od ich importu<sup>75</sup>. Po szoku naftowym w 1974 roku szwedzki parlament zdecydował o zmniejszeniu zależności energetycznej od ropy naftowej, wybierając opcję jądrową<sup>76</sup>. W latach 70. w Szwecji uruchomiono sześć jądrowych bloków energetycznych<sup>77</sup>.

W latach 70. ubiegłego stulecia sprawa budowy dalszych elektrowni jądrowych urosła w Szwecji do rangi najważniejszego problemu społecznego, a poczynając od 1976 roku, stała się elementem gry politycznej między głównymi partiami politycznymi rywalizującymi o władzę<sup>78</sup>. Niedługo po awarii amerykańskiej elektrowni Three Mile Island w 1979 roku Szwedzi w wyniku referendum (1980) opowiedzieli się za stopniowym wycofywaniem się z EJ w ciągu 25 lat, tak aby zakończyć ich pracę około 2010 roku. Referendum odbyło się w czasie, gdy tylko sześć z planowanych 12 działało, a pozostałe sześć było w trakcie budowy. Awaria elektrowni w Czarnobylu w 1986 roku spowodowała jednak cofnięcie ustaleń wynikających z referendum. W 1988 roku rząd zdecydował się rozpocząć proces wycofywania się z atomu do 1995 roku, ale decyzja ta w 1991 roku znów została uchylona pod naciskiem związków zawodowych. W wyniku debaty w latach 90. postanowiono o wcześniejszym zamknięciu dwóch reaktorów, ale jednocześnie porzucono termin graniczny – rok 2010<sup>79</sup>. W 1994 roku rząd powołał komisję, która przedłożyła raport zawierający stwierdzenie, że całkowite wyeliminowanie EJ do 2010 roku byłoby ekonomicznie i ekologicznie niemożliwe.

W lutym 2009 roku koalicja centroprawicowa zadeklarowała zniesienie ustawy o zakazie budowy nowych reaktorów jądrowych, co zostało zatwierdzone w czerwcu 2010 roku. Szwedzki parlament przegłosował (zaledwie

---

<sup>74</sup> *Ibidem*.

<sup>75</sup> W latach 70. XX w. trzy czwarte energii pochodziło z importowanej ropy naftowej.

<sup>76</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 475.

<sup>77</sup> *Ibidem*, s. 476.

<sup>78</sup> *Ibidem*, s. 477.

<sup>79</sup> Pierwszy reaktor (Barsebäck-1) został zamknięty w 1999 r., a drugi (Barsebäck-2) w 2005 r.

dwoma głosami) decyzję o utrzymaniu programu jądrowego, ale nowe elektrownie będą mogły być budowane tylko wtedy, jeśli któraś z istniejących zostanie zamknięta (maksymalną liczbą elektrowni ma pozostać 10)<sup>80</sup>. Rząd szwedzki tłumaczył zawieszenie moratorium na budowę nowych reaktorów atomowych koniecznością ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia zależności energetycznej od Rosji.

Rząd zapowiedział także, iż nie będzie ani bezpośrednich, ani pośrednich subsydiów dla nowych elektrowni w Szwecji (np. przez taryfy gwarantowane). Vattenfall planuje przedłużenie okresu użytkowania pięciu reaktorów do 60 lat<sup>81</sup>. Ponadto podniesiono moc jednostki Oskarshamn-3 o 30%, a w Oskarshamn-2 trwają prace mające na celu podniesienie mocy o 38% do 2017 roku.

Równocześnie polityka klimatyczna Szwecji zakłada, że do 2020 roku połowa całej wyprodukowanej energii elektrycznej będzie pochodzić z OZE. W maju 2011 roku, tuż po awarii w Fukushima, wyniki ankietowe pokazały, że 33% społeczeństwa popiera dalsze korzystanie z energii jądrowej i zastąpienie istniejących reaktorów nowymi, a 36% przedłużenie działania istniejących reaktorów (tylko 24% opowiedziało się za wycofaniem kraju z EJ)<sup>82</sup>.

Szwecja jest liderem w produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Kraj ten ma jeden z największych udziałów produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Około 60% produkowanej energii elektrycznej pochodzi z OZE (w tym 45% z hydro, zob. rys. 25)<sup>83</sup>. Szwedzi dążą do tego, by do 2020 roku udział OZE w całkowitej konsumpcji energii pierwotnej wyniósł 50% (w 2012 r. było to 37%).

Szwecja importuje paliwo jądrowe, ale ma bardzo mocno rozwinięty przemysł wytwórczy urządzeń dla energetyki, w tym także dla EJ. Flagowym koncernem jest ABB-Atom (wcześniej ASEA-ATOM) – od 2006 roku część Westinghouse Electric Sweden AB, a tym samym również część grupy Toshiba – zaangażowany w przemysł jądrowy w skali całego świata (specjalizuje się w konstrukcji reaktorów typu BWR, jest dostawcą wszystkich dziewięciu reaktorów BWR w Szwecji oraz dwóch w Finlandii). Wypalone paliwo składa się obecnie w centralnym składowisku przejściowym CLAB zlokalizowanym w pobliżu elektrowni jądrowej Oskarshamn na wschodnim wybrzeżu Szwecji. W CLAB wypalone paliwo przechowywane jest w basenach z wodą, podobnie jak w elektrowniach jądrowych, przy czym okres przechowywania szacuje się na 30–40 lat. Po tym czasie paliwo powinno być przetransportowane do składowiska ostatecznego.

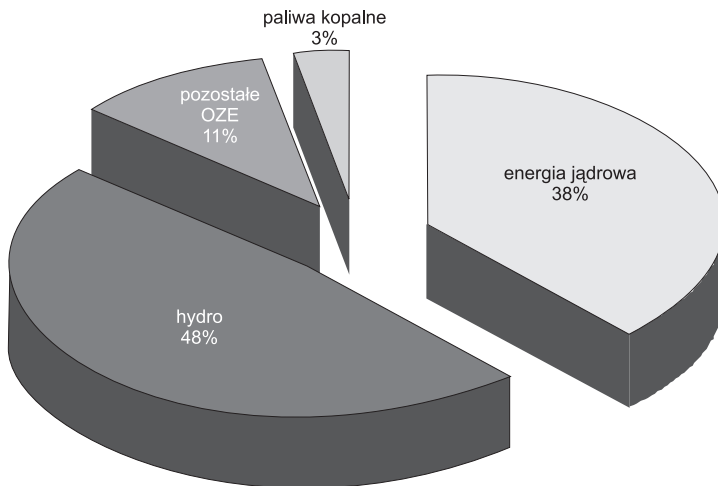
---

<sup>80</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 130.

<sup>81</sup> *Ibidem*.

<sup>82</sup> *Nuclear Power in Sweden*, WNA, August 2015.

<sup>83</sup> *Sweden*, World Energy Council, <http://www.worldenergy.org/data/trilemma-index/country/sweden/2013> (dostęp: 20.06.2015).



**Rys. 25.** Produkcja energii elektrycznej w Szwecji (2012)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Sweden*, WNA, 2015.

### 8.2.2.3. Szwajcaria

Jedynym krajem w Europie Zachodniej spoza UE, w którym działają elektrownie jądrowe, jest Szwajcaria. Pięć reaktorów o mocy 25 TWh zapewnia 36,4% energii elektrycznej w kraju (2013). Średni wiek reaktorów to 39,2 lat, czyli jest to jedna z najstarszych flot reaktorów na świecie. Wykazują one zaawansowane procesy starzenia, które w sposób ciągły zmniejszają pierwotny poziom bezpieczeństwa. Do Fukushima opcja wycofania się z EJ nie uzyskała poparcia większości opinii publicznej. W następstwie wydarzeń z marca 2011 roku federalny rząd i parlament Szwajcarii podjęły decyzję o zakazie budowy nowych reaktorów oraz o zamknięciu pięciu istniejących po upływie ich planowego czasu eksploatacji. W dniu 8 czerwca 2011 roku parlament szwajcarski przegłosował stopniowe wycofywanie energii jądrowej z kraju zgodnie z przewidywanym okresem użytkowania<sup>84</sup>. Rząd przyjął ramy nowej polityki energetycznej *Strategia energetyczna 2050*, która nie ustala precyzyjnych dat zamknięcia reaktorów, lecz zakłada utrzymanie istniejących „tak długo, jak długo są bezpieczne”<sup>85</sup>. Kryteria zamknięcia reaktorów nie zostały ostatecznie

<sup>84</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 132.

<sup>85</sup> *Swiss Federal Office of Energy (SFOE)*, <http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/?lang=en> (dostęp: 5.05.2015). W 2011 r. Rada Federalna i Parlament zdecydowały, że Szwajcaria wycofa z użytkowania energię jądrową. Pięć elektrowni jądrowych ma być zlikwidowanych, gdy osiągną kres ich bezpiecznej eksploatacji, i nie zostaną zastąpione nowymi.

zdefiniowane, ale zamknięcie ostatniego działającego reaktora ma nastąpić przed 2034 rokiem<sup>86</sup>. Równocześnie strategia zakłada działania zmierzające do ograniczenia konsumpcji energii i zwiększenia zużycia OZE.

### 8.2.3. Kraje wycofujące się z energetyki jądrowej

#### 8.2.3.1. Belgia i Niemcy

**Belgia.** Ma siedem reaktorów wytwarzających około połowy energii elektrycznej w kraju (47,5% elektryczności w 2014 r.)<sup>87</sup>. Pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej w Belgii rozpoczął działalność w 1974 roku. Wsparcie rządu dla EJ znacząco się zmniejszyło od 2003 roku. Większość belgijskiej energii elektrycznej jest produkowana przez Electrabel, spółkę zależną GDF-Suez. Belgijski senat zatwierdził ustawę federalną 31 stycznia 2003 roku. Zabrania ona budowy nowych elektrowni jądrowych i ogranicza żywotność funkcjonowania istniejących do 40 lat (2014–2025)<sup>88</sup>. W 2007 roku specjalna komisja powołana przez rząd stwierdziła, że energia jądrowa powinna być wykorzystywana długoterminowo w celu wypełnienia zobowiązań w redukcji CO<sub>2</sub>, zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego i utrzymania stabilności gospodarczej, sugerując ponowne rozważenie decyzji o wycofywaniu z EJ, gdyż spowoduje to podwojenie ceny energii elektrycznej, uniemożliwi Belgii osiągnięcie celów redukcji emisji CO<sub>2</sub> oraz zwiększy zależność kraju od importu energii. Komisja zaleciła wydłużenie okresu operacyjnego użytkowania siedmiu bloków jądrowych. Firmy belgijskie czerpały z technologii Westinghouse i Framatome (obecnie Areva). W październiku 2009 roku rząd otrzymał kolejny raport, który zalecał przedłużenie okresu eksploatacji trzech najstarszych reaktorów jądrowych do 2025 roku. W lipcu 2012 roku Rada Ministrów ogłosiła, że dwa reaktory (zbudowane w 1974 i 1975 r. Doel-1 i 2) mają zostać wyłączone w 2015 roku, po 40 latach pracy. Reaktor Tihange-1, który będzie również świętować swoje czterdziestolecie w 2015 roku, ma być dopuszczony do eksploatacji do 2025 roku. Pozostałe cztery reaktory belgijskie uzyskały przedłużenie licencji do 2022 i do 2025 roku<sup>89</sup> (będą miały wówczas 40 lat). Potem

---

<sup>86</sup> W październiku 2013 r. operator BKW ogłosił, że zamknie reaktor z 1972 r. w Mühleberg w 2019 r., ale w maju 2014 r. mieszkańcy szwajcarskiego kantonu Bern odrzucili w głosowaniu wniosek o przedterminową likwidację elektrowni jądrowej Mühleberg.

<sup>87</sup> Wszystkimi siedmioma jednostkami zarządza GDF-Suez przez swoją spółkę zależną Electrabel.

<sup>88</sup> Zakaz ten może zostać zrewidowany w przypadku gdy belgijski regulator (*Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz*) uzna, że istnieje ryzyko dla bezpieczeństwa dostaw energii.

<sup>89</sup> Dwa reaktory zostały awaryjnie wyłączone w 2014 r. (Doel-3 i Tihange-2 zbudowane w 1982 r.) ze względu na ryzyko zagrożenia bezpieczeństwa. Dalszy ich los jest niepewny, za: *World Nuclear Power Reactors...*

program EJ Belgii ma wygasnąć<sup>90</sup>. Choć 59% Belgów zgadza się z decyzją rządu o stopniowym wycofywaniu energii jądrowej do 2025 roku, około 70% z nich (2012) obawia się, że decyzja ta wpłynie na wzrost kosztów energii<sup>91</sup>.

**Niemcy.** Cztery dni po katastrofie japońskiej elektrowni Fukushima Daiichi niemiecki rząd podjął decyzję o wycofywaniu się z programu energetyki jądrowej i realizacji celów energetycznej modernizacji (*Energiewende*). Do marca 2011 roku kraj wytwarzał jedną czwartą energii elektrycznej z energii jądrowej, eksploatując 17 reaktorów (w czterech krajach związkowych: w Badenii-Wirtembergii, Bawarii, Hesji i Szlezwiку-Holsztynie). W konsekwencji przyspieszonej decyzji rządu o całkowitej rezygnacji z EJ do 2022 roku, w połowie 2015 roku w Niemczech pracowało już tylko 8 reaktorów, które dostarczały 15,8% energii elektrycznej produkowanej w tym kraju<sup>92</sup>. W 2014 roku niemiecki sektor elektroenergetyczny wytworzył 639,6 mld kWh. Głównym źródłem była energia odnawialna (wiatr, woda, biomasa, fotowoltaika) stanowiąca 26,2%, podczas gdy energia jądrowa zapewniła 15,8%, przy czym same tylko energia wiatrowa i słoneczna (14,8%) dostarczyły niemal tyle prądu, ile elektrownie jądrowe<sup>93</sup>! Energia jądrowa ma docelowo zostać zastąpiona energią odnawialną, czego koszt wraz z modernizacją sieci przesyłowych, modernizacją budynków i systemu transportowego szacuje się na bilion EUR! W wyniku tych działań znacznie wzrosła konsumpcja węgla (zwłaszcza brunatnego), z którego wytwarza się niemal połowę energii elektrycznej<sup>94</sup>. Niemcy mają jedne z najniższych cen hurtowych energii elektrycznej w Europie, ale jedne z najwyższych cen detalicznych, mimo to opinia publiczna w Niemczech pozostaje zasadniczo przeciwna EJ.

Początki EJ w Republice Federalnej Niemiec sięgają drugiej połowy lat 50. ubiegłego wieku, kiedy rozpoczęto budowę kilku reaktorów eksperymentalnych<sup>95</sup>. Już w listopadzie 1954 roku kanclerz Niemiec Konrad Adenauer polecił swemu ministrowi spraw zagranicznych „zatroszczyć się o sprawy atomu”<sup>96</sup>. W październiku 1955 roku powołano nowy urząd federalny – Ministerstwo do spraw Atomowych, a w lipcu 1956 roku zostało założone Towarzystwo Budowy i Eksploatacji Reaktorów Jądrowych finansowane przez koła gospodarcze<sup>97</sup>.

<sup>90</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 121.

<sup>91</sup> *Nuclear Power in Belgium*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Belgium> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>92</sup> *Nuclear Power in Germany*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements) (dostęp: 25.08.2015).

<sup>93</sup> *Power Generation, Germany*, Euronuclear, <https://www.euronuclear.org/info/encyclopediapow-gen-ger.htm> (dostęp: 25.05.2015).

<sup>94</sup> *Nuclear Power in Germany*, WNA, August 2015.

<sup>95</sup> B. Molo, *Polityka bezpieczeństwa energetycznego Niemiec w XXI wieku*, Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne – Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków 2013, s. 82.

<sup>96</sup> G. Jezierski, *op. cit.*, s. 269.

<sup>97</sup> *Ibidem*, s. 269.

Pod koniec października 1957 roku został uruchomiony pierwszy w Niemczech reaktor jądrowy – był to reaktor badawczy w miejscowości Garching koło Monachium<sup>98</sup>. Pierwszy reaktor komercyjny oddano do użytku w 1969 roku (Obrigheim), a dwa lata później pracę rozpoczęły bloki elektrowni jądrowych Würgassen i Stade<sup>99</sup>. Niemieckie wsparcie dla EJ było bardzo silne po szoku naftowym z 1974 roku. Kryzys paliwowy w latach 70. XX wieku sprawił, że zaczęto forsować budowę nowych elektrowni jądrowych (dominował typ reaktorów wodno-ciśnieniowych PWR zlokalizowanych na północy oraz południu kraju). Wszystkie elektrownie jądrowe są własnością prywatnych towarzystw energetycznych. Niemcy posiadają mocno rozwinięty przemysł wzbogacania uranu oraz przemysł produkcji gotowego paliwa jądrowego<sup>100</sup>.

Popularność idei ekologicznych upowszechniania przez liczne NGO oraz Partię Zielonych, a w ślad za tym niechęć do EJ, rosły w Niemczech od początku lat 70. XX wieku<sup>101</sup>. Polityka projądrowa załamała się po awarii w Czarnobyli. Ostatnia jednostka weszła do eksploatacji komercyjnej w 1989 roku (wszystkie zostały zbudowane przez Siemens-KWU).

Równolegle w NRD w 1966 roku w Rheinsberg (Brandenburgia) uruchomiona została niewielka prototypowa elektrownia na bazie projektu radzieckiego, a w 1974 roku rozpoczął pracę pierwszy reaktor w elektrowni Greifswald/Lubmin (do końca 1990 r. pracowało sześć reaktorów)<sup>102</sup>. Gdy doszło do zjednoczenia Niemiec w 1990 roku, wszystkie zaprojektowane przez radzieckich inżynierów reaktory zostały zamknięte ze względów bezpieczeństwa i zdemontowane.

W sierpniu 1986 roku rząd SPD przyjął uchwałę o rezygnacji z energii jądrowej w ciągu 10 lat, ale federalny rząd Chrześcijańskich Demokratów (CDU) utrzymał wsparcie dla istniejących zakładów do 1998 roku. Nowa koalicja rządowa SPD–Zieloni, zawiązana w 1998 roku, ponownie zdecydowała o systematycznym wycofaniu EJ. W czerwcu 2001 roku ogłoszono negocjowane trzy lata porozumienie między rządem federalnym a koncernami energetycznymi (VEAG, RWEE, EON, EnBW) o eksploatacji elektrowni przy równoczesnym sukcesywnym ograniczeniu ich okresu użytkowania i zakazie budowania nowych (ustalając średnią granicę eksploatacji elektrowni jądrowych w Niemczech na 32 lata i zamknięcie dwóch starszych jednostek w Stade i w Obrigheim odpowiednio

---

<sup>98</sup> W 1960 r. został uruchomiony pierwszy reaktor energetyczny w Kahl nad Menem (reaktor wrzący typu BWR o mocy elektrycznej zaledwie 16 MW).

<sup>99</sup> B. Molo, *Polityka bezpieczeństwa...*, s. 82–83.

<sup>100</sup> Na terenie byłego NRD w latach 1946–1990 wydobywano rudy uranu w Saksonii w masywie górskim Rudawy. W całości eksportowano je do ZSRR, RFN zaś importowała uran z Kanady i ZSRR, a także z innych państw.

<sup>101</sup> R. Bajczuk, *Odnawialne źródła energii w Niemczech. Obecny stan rozwoju, grupy interesu i wyzwania*, Raport OSW, Warszawa 2014, s. 12.

<sup>102</sup> B. Molo, *Polityka bezpieczeństwa...*, s. 83.

w 2003 i 2005 r.)<sup>103</sup>. Tymczasem nowy rząd CDU/CSU/FDP w 2009 roku wycofał plany zamknięcia elektrowni i we wrześniu 2010 roku zdecydował o przedłużeniu okresu eksploatacji niemieckich elektrowni jądrowych (o 8–14 lat, w zależności od ich wieku), co w praktyce oznaczało, że ostatnia siłownia została by wyłączona w roku 2036<sup>104</sup>. Katastrofa w Fukushima Daiichi spowodowała diametralną zmianę stanowiska rządu koalicji CDU/CSU/FDP<sup>105</sup>. 6 sierpnia 2011 roku zaczęło obowiązywać prawo zmieniające w długoletniej perspektywie politykę energetyczną Niemiec, zatwierdzające rezygnację i całkowite zamknięcie programu EJ w Niemczech do 31 grudnia 2022 roku. Dodatkowo 12 czerwca 2014 roku rząd niemiecki postanowił wykluczyć w przyszłości wszelkie gwarancje kredytowe na eksport obiektów jądrowych, nowych oraz istniejących<sup>106</sup>. Głównym uzasadnieniem rezygnacji z atomu – jak stwierdził niemiecki minister gospodarki i energetyki Sigmar Gabriel – było zbyt duże ryzyko braku kontrolowalności obiektów i technologii jądrowych. Decyzja ta wzbudziła konsternację w kontekście uprzedniego przedłużenia funkcjonowania EJ w Niemczech. Ponadto po spotkaniu kanclerz Angeli Merkel z premierami krajów związkowych, w których zlokalizowane są elektrownie jądrowe, podjęto decyzję o czasowym zamknięciu siedmiu najstarszych spośród 17 czynnych reaktorów (zbudowanych przed 1980 r.)<sup>107</sup>. Decyzja rządu była odpowiedzią na zaniepokojenie społeczne i demonstracje przeciwników EJ w Niemczech.

W latach 2017–2022 zutylizowane odpady wysokoradioaktywne mają powrócić z przerobu we Francji i Wielkiej Brytanii do Niemiec, gdzie będą przechowywane. Za możliwe miejsce geologicznego składowania odpadów HLW rozważa się kopułę solną (głębiej niż 300 m pod ziemią) w Gorleben w Dolnej Saksonii, które ma być gotowe od 2025 roku<sup>108</sup>. Ostateczna decyzja ma zostać podjęta w 2019 roku (w sumie 166 dużych szklanych pojemników z 28 tonami zeszkłonego HLW; 50 pojemników już wróciło z La Hague i są one przechowywane w Gorleben)<sup>109</sup>. Przerobem wypalonego paliwa jądrowego zajmuje się francuskie konsorcjum COGEMA oraz brytyjski BNFL. Ponadto zakład przetwórstwa w Karlsruhe przetworzył 206 ton zużytego paliwa, które zeszkłone będzie oczekiwać na terenie zamkniętej elektrowni w Greifswaldzie (składowisko naziemne), gdzie powstało centralne dla Niemiec składowisko wypalonego paliwa i odpadów promieniotwórczych (odpady będą tam składowane przed

---

<sup>103</sup> *Nuclear Power in Germany*, WNA, August 2015.

<sup>104</sup> B. Molo, *Polityka bezpieczeństwa...*, s. 83.

<sup>105</sup> Reaktory jądrowe będą wygaszane stopniowo w latach 2014–2021, trzy ostatnie w 2022 r.

<sup>106</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 126.

<sup>107</sup> B. Molo, *Polityka bezpieczeństwa...*, s. 167.

<sup>108</sup> Składowisko w Gorleben ma długość 15 km, szerokość 4 km i leży na głębokości 300–3000 m pod powierzchnią ziemi.

<sup>109</sup> *Nuclear Power in Germany*, WNA, August 2015.

ostatecznym złożeniem w geologicznym repozytorium w Gorleben). Dotychczas odpady nisko- i średnioaktywne składano między innymi w kopalni soli Asse w Dolnej Saksonii (1967–1978). Alternatywnym składowiskiem dla odpadów nisko- i średnioaktywnych będzie zakład zlokalizowany w zakładach Konrad w Dolnej Saksonii (dawnej kopalni rudy żelaza przystosowanej do magazynowania odpadów od 1975 r.). Inne placówki przechowywania odpadów na średnim poziomie to Ahaus i Morsleben<sup>110</sup>.

Energetyka jądrowa jest ważną ekonomicznie dziedziną gospodarki Niemiec. Niemieckie koncerny przemysłowe, a w szczególności KWU (Kraftwerk Union), budowały elektrownie jądrowe również poza granicami Niemiec, między innymi w Argentynie, Brazylii, Holandii, Szwajcarii, Hiszpanii czy w Iranie (nieukończona budowa w Buszehr została sfinalizowana przez Rosję). Katastrofa w Fukushima wpłynęła jednak na redefinicję strategii energetycznej Niemiec. W następstwie transformacji energetycznej (*Energiewende*) stały się one jednym z największych promotorów polityki ochrony klimatu i rozwoju zielonych technologii, które zapoczątkowały kolejną falę innowacji w niemieckiej gospodarce i powstanie nowej branży eksportowej. Reforma zakłada, obok rezygnacji z atomu, wzrost efektywności energetycznej i udziału OZE (przede wszystkim energii wiatrowej i słonecznej) w produkcji prądu do około 50% w 2030 roku i do 80% w 2050 roku. Dwadzieścia lat doświadczeń w rozwoju OZE spowodowało, że jej udział wzrósł w tym czasie w bilansie energetycznym Niemiec z 6% do niemal 25%<sup>111</sup>. Jeśli jednak Niemcy rzeczywiście odejdą od EJ, będą musieli ją zastąpić – zanim rozwiną na oczekiwanym poziomie OZE – węglem i importem energii elektrycznej z Francji. Tymczasem, na skutek zamknięcia kilku reaktorów, Niemcy już borykają się z niedoborem mocy, wzrostem popytu na energię elektryczną z węglowodorów (z gazu ziemnego, węgla) i ich importu, a w konsekwencji z rosnącą emisją CO<sub>2</sub> i trudnościami w sprośowaniu wymaganiom polityki klimatycznej UE<sup>112</sup>. Wzrost produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego i kamiennego będzie dla Niemiec rodzić trudności ze wzrostem emisji CO<sub>2</sub>, ale niemiecki rząd oczekuje, iż będzie to zjawisko przejściowe i krótkoterminowe wobec dynamicznie rozwijanej energetyki odnawialnej<sup>113</sup>.

<sup>110</sup> *Ibidem*.

<sup>111</sup> C. Morris, M. Pehnt, *Niemiecka transformacja energetyczna. Przyszłość oparta na odnawialnych źródłach energii*, Inicjatywa Fundacji im. Heinricha Bölla, 2014, s. 1.

<sup>112</sup> W sierpniu 2014 r. weszła w życie nowelizacja ustawy o odnawialnych źródłach energii (EEG – *Erneuerbare Energien Gesetz*), która ma na celu zatrzymanie wzrostu cen energii elektrycznej jako kosztu wsparcia rozbudowy OZE w systemie energetycznym Niemiec. *Koszty realizacji „zielonej” polityki energetycznej w Niemczech, Świadomie o atomie, Energia jądrowa w Polsce*, PGE EJ, 23 stycznia 2012, <http://www.swiadomieoatomie.pl/aktualnosci/aktualnosci-ze-swiata/012012/koszty-realizacji-zielonej-polityki-energetycznej-w-niemczech.html> (dostęp: 25.06.2015).

<sup>113</sup> Niemcy są stroną *Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (NPT)* jako państwo bez broni nuklearnej (od 1977 r.). W 1998 r. podpisano protokół dodatkowy z MAEA i Euratomem. Są również członkiem Grupy Dostawców Jądrowych (NSG).



### 8.2.3.2. Hiszpania i Włochy

**Hiszpania.** Utrzymuje siedem reaktorów (ósmy został zamknięty pod koniec 2012 r.), które dostarczają niespełna 20,4% (2014) konsumowanej energii elektrycznej w tym kraju (wobec maksimum 38,4% w 1989 r.)<sup>114</sup>. Od lat obowiązuje moratorium na nowe elektrownie, ogłoszone przez rząd premiera José Luisa Zapatero w kwietniu 2004 roku, zakładające stopniowe wycofanie się z EJ na rzecz wzrostu finansowania rozwoju OZE. W 2013 roku w Hiszpanii po raz pierwszy z energii wiatrowej wytworzono więcej energii elektrycznej (55,8 TWh) niż z energii atomowej (54,3 TWh), a pozostałe OZE (słoneczna, wodna i biomasa) dostarczyły dodatkowe 54 TWh<sup>115</sup>.

**Włochy.** We Włoszech starania o uruchomienie cywilnej EJ ruszyły tuż po wojnie, a w 1952 roku powołany został Komitet Narodowy Badań Jądrowych (CNRN) odpowiedzialny za rozwijanie i promowanie EJ, przekształcony w 1960 w Krajowy Komitet Energii Jądrowej (CNEN, obecnie ENEA). Budowa pierwszego reaktora cywilnego (typu Magnox) rozpoczęła się w 1958 roku w Latynie, a po roku koncern General Electric podjął się budowy kolejnego reaktora (BWR) w Garigliano<sup>116</sup>. Realizacja następnej inwestycji (reaktor Westinghouse PWR) rozpoczęła się w 1961 roku w Trino Vercellese. W 1969 roku Enel zamówił reaktor BWR w partnerstwie z GE/Ansaldo. Budowa rozpoczęła się w 1971 roku w pobliżu miejscowości Piacenza w regionie Emilia-Romania<sup>117</sup>.

W latach 1960–1980 energia nuklearna była produkowana w czterech elektrowniach (Caorso, Trino Vercellese, Garigliano i Latina). Nowy plan energetyczny został przyjęty przez parlament w marcu 1986 roku (miesiąc przed wypadkiem w Czarnobylu). Zakładał on dalszy wzrost potencjału nuklearnego. Po wybuchu w Czarnobylu Włochy ogarnęła panika i zdecydowano o przeprowadzeniu referendum, które odbyło się 8–9 listopada 1987 roku. 71% Włochów opowiedziało się przeciw EJ, w związku z czym rząd zdecydował się zakończyć program. Ostatnie dwa reaktory jądrowe wyłączono przed 1990 rokiem, a elektrowni w Montalto di Castro, której budowa znajdowała się na finiszu, nie ukończono. Pozostał problem pozbycia się odpadów. Ostatecznie w 1999 roku stworzono spółkę SOGIN, która zajęła się tą kwestią (rząd zdecydował o utylizacji i wywiezieniu ok. 235 ton odpadów do Francji). Argumentem przeciwko pracy elektrowni jądrowych była obawa o skutki ewentualnej awarii i ryzyko napromieniowania.

---

<sup>114</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*; *Nuclear Power in Spain*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Spain> (dostęp: 15.05.2015).

<sup>115</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 129.

<sup>116</sup> *Nuclear Power in Italy*, WNA, November 2014, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Italy> (dostęp: 13.03.2015).

<sup>117</sup> W 1967 r. CNEN i Enel rozpoczęły prace nad włoską wersją reaktora CANDU.

Konsekwencją odejścia od atomu są wysokie koszty cen energii elektrycznej, jakie ponosi włoski przemysł i obywatele, ponieważ ceny energii we Włoszech należą do najwyższych w UE-28<sup>118</sup>. Z powodu struktury produkcji wskaźnik zależności od importu energii (*Import Dependency*) dla Włoch wynosi ponad 80% ogółu konsumowanej energii, przy czym Włochy (obok Danii) importują najwięcej elektryczności spośród wszystkich pozostałych państw UE (ok. 12,5% w 2012 r. importu z UE-28). Obecnie ok. 10% energii elektrycznej zużywanej w tym kraju to energia jądrowa – ale pochodząca z importu (z Francji). ENEL – największa włoska firma energetyczna – zapewnia, że koncern jest gotowy do „wskrzeszenia” EJ. Także były premier Silvio Berlusconi proponował powrót do EJ. W 2004 roku nowe prawo energetyczne otworzyło możliwość wspólnych przedsięwzięć z firmami zagranicznymi w stosunku do elektrowni atomowych i importu energii elektrycznej tam produkowanej. W maju 2008 roku nowy włoski rząd potwierdził chęć budowy elektrowni jądrowej w ciągu pięciu lat, aby zmniejszyć dużą zależność kraju od ropy naftowej, gazu i importowanej energii elektrycznej. Rząd wprowadził pakiet prawodawstwa, w tym w celu utworzenia krajowego podmiotu badań i rozwoju jądrowego oraz ułatwienia licencjonowania lokalizacji reaktorów. Plany zakładały, by do 2030 roku 25% energii elektrycznej było wytwarzane z energii jądrowej. W styczniu 2010 roku ogłoszono nawet konsultacje społeczne, a w styczniu 2011 roku Trybunał Konstytucyjny orzekł, że Włochy mogą przeprowadzić referendum w sprawie planowanego ponownego wprowadzenia EJ. Obywatele w referendum z czerwca 2011 roku odrzucili jednak te plany<sup>119</sup>.

Włosi – co uzasadnione – stawiają na rozwój OZE. W 2014 roku kraj ten uplasował się na drugim (po Niemczech) miejscu w rankingu państw europejskich, które pozyskują najwięcej energii słonecznej, zajmując jednocześnie trzecie miejsce na świecie (na drugiej pozycji znajdują się Chiny)<sup>120</sup>. W kraju tym popularne są małe systemy paneli słonecznych. „Słoneczna Italia” na południu może się cieszyć słońcem nawet przez 80% dni w roku. W turbiny wiatrowe inwestują między innymi regiony Sycylii, Kalabrii i Molise.

Włochy są stroną traktatu NPT od 1975 roku jako państwo bez broni nuklearnej. Należą zarówno do Euratomu, jak i do Grupy Dostawców Jądrowych. W 1998 roku podpisano protokół dodatkowy o zabezpieczeniach z MAEA.

---

<sup>118</sup> *Electricity Process*, Eurostat, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/a/a1/Half\\_yearly\\_electricity\\_and\\_gas\\_prices\\_EUR\\_new.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/a/a1/Half_yearly_electricity_and_gas_prices_EUR_new.png) (dostęp: 12.06.2015).

<sup>119</sup> *Nuclear Power in Italy*, WNA, November 2014.

<sup>120</sup> *IRENA Resource* ([www.irena.org](http://www.irena.org)) (dostęp: 22.09.2015).

## CZĘŚĆ III

Energia jądrowa w erze zmian klimatu.  
Między ekologią a (nie)proliferacją?



## Wpływ produkcji energii na środowisko

### 9.1. Produkcja energii a emisje gazów cieplarnianych

Powiązanie polityki środowiskowej z polityką energetyczną wynika z faktu, że energetyka jest sektorem znacząco wpływającym na jakość powietrza przez emisje zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych. Współczesna cywilizacja potrzebuje ogromnej ilości energii, a rozwój technologiczny pociąga za sobą coraz większe potrzeby energetyczne. Energia zaspokaja podstawowe potrzeby ludzi, a jednocześnie jej wytwarzanie jest głównym źródłem negatywnych wpływów na środowisko. Wszystkie technologie pozyskiwania energii, włączając najbardziej konwencjonalne, mają swoje zalety i wady. Nie ma żadnej techniki pozyskiwania surowców paliwowych i wytwarzania energii, w tym elektrycznej, całkowicie bezpiecznej dla człowieka i nieprzynoszącej strat środowiskowych<sup>1</sup>. Wydobycie surowców i produkcja energii – niezależnie od źródła – oddziałują negatywnie na środowisko, niemniej w erze zmian klimatu jednym z najpoważniejszych zagrożeń jest emisja gazów cieplarnianych (*Greenhouse Gas Emission* – GHG), takich jak dwutlenek i tlenek węgla, dwutlenek siarki, freony. Wzrost koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze jako rezultat spalania paliw oraz skutek procesów technologicznych wielu gałęzi przemysłu i transportu narusza bilans wymiany energii między Ziemią i Słońcem, powodując podnoszenie się temperatury w skali globu, a w konsekwencji: topnienie lodowców i wzrost poziomu mórz, redukcję warstwy ozonowej (dziura ozonowa), kwaśne deszcze, smog, występowanie susz i innych anomalii. Zanieczyszczenie gazami i pyłami jako skutek wytwarzania energii powoduje zachwianie

---

<sup>1</sup> A.G. Chmielewski, *Czy istnieje technologia wytwarzania energii całkowicie przyjazna środowisku?*, Stowarzyszenie Ekologów na rzecz Energii Nuklearnej, s. 2, <http://www.seren.org.pl/baza/pliki/technologie.pdf> (dostęp: 5.07.2015).

proporcji składu powietrza, szkodząc życiu i zdrowiu człowieka, a także wpływając negatywnie na rozwój roślin i zwierząt.

Główną część światowej emisji gazów cieplarnianych stanowi emisja CO<sub>2</sub> ze spalania paliw kopalnych. Sektor wytwarzania energii jest jednym z największych emitentów CO<sub>2</sub>. Rozwój przemysłu ciężkiego od czasu rewolucji przemysłowej w XVIII i XIX wieku wpłynął na niekontrolowane uwalnianie gazów cieplarnianych. Od kiedy ludzkość wkroczyła na drogę rewolucji przemysłowej, zaczęło wzrastać zapotrzebowanie na paliwa kopalne, skutkiem czego jest wysoka koncentracja i stały wzrost emisji CO<sub>2</sub> w atmosferze. Produkcja energii to jedna z najbardziej szkodliwych dla środowiska gałęzi przemysłu. Tylko dwa sektory: produkcja energii elektrycznej i ciepła (42%) oraz transport (23%), odpowiadają za niemal dwie trzecie światowych antropogenicznych emisji CO<sub>2</sub> (2013)<sup>2</sup>. Na świecie wytwarzanie prądu elektrycznego oraz produkcja ciepła oparte są głównie na węglu (ok. 42%<sup>3</sup> w 2011 r.). Sektor energetyczny w 2012 roku odpowiadał za 69% światowej antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych, przy czym najwięcej emisji pochodzi – na tle innych paliw kopalnych – z węgla (zob. rys. 26)<sup>4</sup>. Choć węgiel stanowi 29% światowych dostaw energii pierwotnej (2012), jest on źródłem 44% światowej emisji CO<sub>2</sub> ze względu na dużą jego zawartość na jednostkę wytwarzanej energii – to paliwo kopalne o największym współczynniku intensywności emisyjnej CO<sub>2</sub>. Na świecie tylko 18% energii pochodzi z paliw neutralnych pod względem emisji CO<sub>2</sub>. Kraje spoza *Aneksu I* Protokołu do Konwencji Klimatycznej łącznie odpowiadają za 55% światowej emisji CO<sub>2</sub><sup>5</sup>.

Pozyskiwaniu energii w rozmaitych jej formach od zarania dziejów towarzyszy wysokie ryzyko różnych niebezpieczeństw. Począwszy od groźby pożaru przy spalaniu drewna w celu pozyskania energii cieplnej, przez wielkie katastrofy na zaporach wodnych, liczne tragedie, między innymi w kopalniach węgla, awarie przy wydobywaniu i transporcie paliw płynnych, skutki nadmiernej toksycznej emisji gazów spalinowych, a skończywszy na tym, co wydarzyło się w Czarnobylu. Wszystkie technologie pozyskiwania energii, każde wydobywanie surowca i produkcja energii oddziałują negatywnie na środowisko, a absolutne bezpieczeństwo jest technicznie nieosiągalne w żadnej metodzie eksploatacji surowców i produkcji energii (zob. tab. 2). Ryzyko zagrożeń może być co najwyżej ograniczane przez zastrzeganie standardów bezpieczeństwa.

---

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, Highlights, International Energy Agency Statistics, IEA 2015 Edition, s. 10. Przemysł odpowiada za 19% emisji CO<sub>2</sub>, usługi za 3%, gospodarstwa domowe – za 6%, inne – za 7%.

<sup>3</sup> EU Energy in Figures, Statistical Pocketbook 2014, EC 2014, s.16.

<sup>4</sup> CO<sub>2</sub> Emissions..., s. 7.

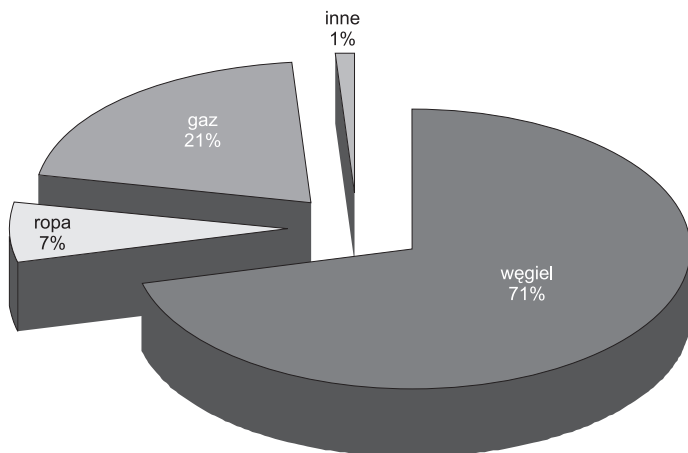
<sup>5</sup> Ibidem, s. 9.

**Tab. 2.** Źródła energii i ich wpływ na środowisko naturalne

Źródła energii	Emisyjność CO <sub>2</sub> w produkcji energii elektrycznej* [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Charakterystyka paliwa/źródła energii	Oddziaływanie na środowisko
Ropa naftowa	0,80	<ul style="list-style-type: none"> <li>geograficzna koncentracja zasobów</li> <li>wysoka cena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosunkowo duża emisyjność CO<sub>2</sub>, tlenku siarki, azotu i innych gazów cieplarnianych zwiększających zakwaszenie atmosfery oraz pyłów</li> <li>ryzyko katastrofy ekologicznej (transport, wydobycie)</li> </ul>
Węgiel (kamienny/ brunatny)	0,96	<ul style="list-style-type: none"> <li>względnie tanie źródło energii</li> <li>dekonzcentracja rezerw w skali globalnej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bardzo duża emisja GHG zwiększa zakwaszenie atmosfery</li> <li>przekształcenie terenu, zakłócenie stosunków wodnych itd.</li> </ul>
Gaz ziemny	0,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>koncentracja geograficzna</li> <li>wzrost wydobycia metodami niekonwencjonalnymi w różnych częściach świata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>emisja tlenków azotu</li> <li>umiarkowana emisja CO<sub>2</sub>, brak emisji SO<sub>2</sub></li> </ul>
Energia jądrowa	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>dekonzcentracja rud uranu i względnie duże światowe zasoby</li> <li>bardzo mała objętość odpadów z elektrowni jądrowej w stosunku do odpadów z obiektów konwencjonalnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>brak emisji GHG</li> <li>ryzyko skażenia promieniotwórczego podczas awarii lub wypadku w transporcie materiałów promieniotwórczych</li> <li>długotrwałe składowanie odpadów i wypalonego paliwa uranowego</li> <li>zanieczyszczenia emitowane do powietrza i wody w procesie wzbogacania rud uranu</li> <li>zanieczyszczenie termiczne rzek i jezior przez wody chłodzące elektrowni</li> </ul>
Hydroelektrownie	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>ograniczony potencjał energetyczny rzek do produkcji energii elektrycznej</li> <li>szybszy czas realizacji względem elektrowni konwencjonalnych i jądrowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>brak emisji szkodliwych gazów i zanieczyszczeń</li> <li>konieczność przesiedlenia dużej liczby ludzi z terenów zalewowych</li> </ul>
Energia wiatrowa	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>ograniczony obszar zastosowania</li> <li>niestabilność wiatru jako źródła energii</li> <li>szybszy czas budowy względem elektrowni jądrowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>brak emisji szkodliwych gazów i zanieczyszczeń</li> <li>hałas i wibracje powodowane wirującymi turbinami</li> <li>ryzyko zderzenia ptaków z turbinami</li> </ul>
Energia słoneczna	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>wymóg dobrego nasłonecznienia</li> <li>trudność magazynowania energii</li> <li>szybszy czas realizacji względem elektrowni konwencjonalnych i jądrowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>brak emisji szkodliwych gazów i zanieczyszczeń przy wytwarzaniu energii</li> <li>emisja CO<sub>2</sub>, zużycie metali ciężkich przy produkcji ogniw fotowoltaicznych</li> <li>wytworzenie niebezpiecznych odpadów (np. zużyte akumulatory)</li> </ul>

\* Wskaźnik dotyczy samego procesu produkcji energii i nie uwzględnia całego procesu oddziaływania na środowisko poszczególnych rodzajów źródeł energii w cyklu życia (*Life Cycle Assessment*).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EIA.

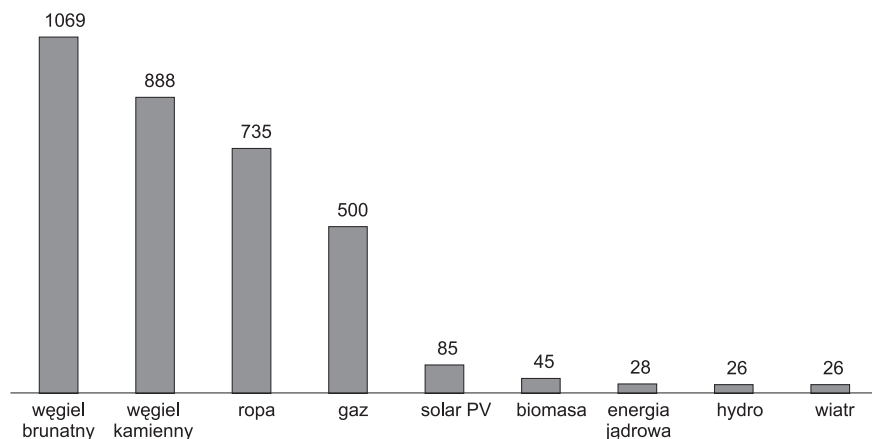


**Rys. 26.** Emisja CO<sub>2</sub> z produkcji energii, wg paliw

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Understanding CO<sub>2</sub> Emissions from the Global Energy Sector*, Public Disclosure Authorized, The World Bank 2014/2015, s. 2.

Energetyka konwencjonalna oferuje wiele korzyści (zaliczają się do nich: wysoka wartość energetyczna paliw, opanowana technologia czy rozbudowany system infrastruktury wydobywczo-przesyłowo-magazynowej), ale zasadniczym minusem jest wysoka emisja gazów cieplarnianych, a także ingerencja w ekosystemy. Radykalne obniżenie emisji gazów cieplarnianych warunkuje utrzymanie ekosystemu w stanie równowagi. Elektrownie konwencjonalne węglowe, zasilane olejem opałowym lub gazem ziemnym podczas spalania, emitują CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i inne trujące substancje (najwięcej węgiel), przyczyniając się do powstawania efektu cieplarnianego, wyniszczenia lokalnego ekosystemu i większej zachorowalności wśród ludzi (zob. rys. 27). Redukcję emisji GHG można zatem osiągnąć przez wyeliminowanie lub ograniczenie spalania paliw kopalnych, aczkolwiek należy pamiętać, że węgiel wciąż jest głównym surowcem, z którego wytwarza się prąd elektryczny na świecie (40% produkcji w 2013 r.). Ze wszystkich paliw konwencjonalnych względnie najmniejsze negatywne oddziaływanie na środowisko ma gaz ziemny. Jego spalanie nie przyczynia się do emisji pyłów ani tlenków siarki, a emisja gazów cieplarnianych jest o ponad 50% niższa niż w przypadku węgla czy ropy naftowej. Niekonwencjonalne metody pozyskania gazu – tak zwaną metodą szczelinowania hydraulicznego (*Hydraulic Fracturing*) – łączą się jednak ze znacznym ryzykiem zanieczyszczenia wód gruntowych i wody pitnej podczas przenikania płuczek wiertniczych z domieszką chemikaliów do warstw





**Rys. 27.** Średnia intensywność emisji GHG, wg źródeł energii [tona CO<sub>2</sub>/GWh]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WNA.

wodonośnych<sup>6</sup>. Ważny element składowy polityki bezpieczeństwa energetycznego stanowią odnawialne źródła energii (OZE), lecz należy je raczej postrzegać jako uzupełnienie energii wytwarzanej z paliw kopalnych. Ich negatywny wpływ na środowisko jest ograniczony (np. elektrownie wiatrowe, wodne i słoneczne mogą wywierać negatywny wpływ na otoczenie – ludzi, ptaki, krajobraz), a szersze zastosowanie OZE pozwala na znaczne ograniczenie obciążeń środowiska skutkami spalania paliw kopalnych, a także ograniczeniem ich importu. Mankamentem jest jednak ograniczona moc wytwórcza energii i problemy z jej magazynowaniem.

Ewolucja zużycia energii postępuje w kierunku źródeł o większej efektywności, które dostarczają więcej energii z jednej jednostki paliwa. Energia jądrowa jest więc bardzo atrakcyjna, wzięwszy pod uwagę wzmocnienie bezpieczeństwa energetycznego krajów importerów<sup>7</sup>. MAE zakłada, że 78–80% potrzeb energetycznych Azji będzie wypełnione przez podwojenie zużycia węgla i ropy, toteż EJ mogłaby być pożądaną alternatywą. Wraz z rosnącym światowym politycznym konsensusem odnośnie do negatywnego wpływu wytwarzania energii na środowisko i zdrowie człowieka EJ mogłaby stanowić

<sup>6</sup> Zob. Ch. Levell, *Shale Gas in Europe: A Revolution in the Making?*, Gas Strategies, 2010, s. 5; T. Młynarski, *Geopolityczne implikacje rozwoju shale gas w Europie*, „Polityka Energetyczna” 2012, t. 15, z. 1, s. 11–12.

<sup>7</sup> M. Saito, T. Sawada, *Advanced Nuclear Energy Systems Toward Zero Release of Radioactive Wastes*, Pergamon 2002, s. 328–329.

istotny wkład w ograniczanie emisji GHG oraz znaczący wkład w zrównoważony rozwój (*Sustainable Development*). Oddziaływanie elektrowni jądrowych na środowisko w porównaniu z elektrowniami konwencjonalnymi jest według zwolenników EJ znacznie mniej szkodliwe (pod warunkiem braku awarii), EJ bowiem ma najniższy poziom emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia spośród wszystkich źródeł wytwarzania energii. Niewątpliwie drobne incydenty techniczne w elektrowniach jądrowych zdarzają się we wszystkich krajach, ale z reguły są natychmiast usuwane i nie zagrażają środowisku naturalnemu<sup>8</sup>. Większe awarie w elektrowniach jądrowych zdarzają się niezwykle rzadko i zazwyczaj są skutkiem błędu ludzkiego lub nieprzewidzianych zdarzeń wywołanych przez siły natury (np. trzęsienie ziemi, fale tsunami). Najpoważniejsze awarie wiązały się z uszkodzeniem rdzenia reaktora (np. awaria systemu chłodzenia może doprowadzić do gwałtownego wzrostu temperatury w rdzeniu oraz jego stopienia), co łączy się z ryzykiem uwolnienia i rozproszenia ogromnych ilości promieniotwórczych izotopów do atmosfery. Prawdopodobieństwo zagrożenia skażeniem radioaktywnym jest jednak bardzo małe ze względu na bardzo rygorystyczne normy bezpieczeństwa, toteż wielu ekspertów uważa, iż elektrownie jądrowe są zdecydowanie bezpieczniejsze niż inne metody pozyskiwania energii. Odrębnym problemem pozostaje składowanie i zagospodarowanie odpadów radioaktywnych. Żaden kraj nie rozwiązał skutecznie tego problemu. Jeśli niepewność regulacyjna co do składowania odpadów przez producentów energii jądrowej będzie w dalszym ciągu trwała, może to obniżyć entuzjazm inwestorów względem budowy nowych elektrowni, szczególnie w Ameryce Północnej i w Europie.

Budowa gospodarki o niskim poziomie emisji CO<sub>2</sub> (gospodarki niskoemisyjnej, *Low-Emission Economy*) wymusza nowe podejście do polityki energetycznej. Jeśli emisja gazów cieplarnianych będzie nadal rosła, a co za tym idzie – zwiększy się stężenie tych gazów w atmosferze, może dojść do jeszcze groźniejszych zmian klimatycznych na świecie. W tym kontekście EJ jawi się jako interesująca alternatywa dla skoncentrowanych geograficznie, wyczerpywalnych i wysokoemisyjnych paliw kopalnych zlokalizowanych w dużej mierze na terenie państw niestabilnych politycznie<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Stale zmniejsza się liczba przypadków napromieniowania osób pracujących przy eksploatacji reaktorów, co dowodzi, że technologia ta jest opanowana w wystarczającym stopniu.

<sup>9</sup> T. Młynarski, *Bezpieczeństwo energetyczne w pierwszej dekadzie XXI wieku. Mozaika interesów i geostrategii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2011, s. 34–36.

## 9.2. Oddziaływanie elektrowni jądrowej na otoczenie

Oddziaływanie elektrowni jądrowych na otoczenie przy normalnym stanie pracy reaktora jest znikome. Elektrownia zapewnia stosunkowo taną energię elektryczną o dużej mocy przy utrzymaniu czystego powietrza, wody i gleby, nie emitując CO<sub>2</sub>. Oczywiście eksploatacja EJ nie jest całkowicie wolna od wpływu na środowisko przyrodnicze oraz zdrowie i życie ludzi. Analizując ekologiczne oddziaływanie elektrowni jądrowych, należy wziąć pod uwagę kwestie, takie jak<sup>10</sup>:

- 1) Eksploatacja zasobów środowiska – elektrownie jądrowe zużywają niewielkie ilości paliwa. Dostęp do paliwa i bogate zasoby surowca zapewniają przewagę elektrowni jądrowych wobec inwazyjnych metod pozyskiwania paliw kopalnych na dużych przestrzeniach.
- 2) Emisja zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego – EJ sprzyja ograniczaniu emisji szkodliwych substancji do atmosfery. Elektrownie jądrowe właściwie nie emitują do atmosfery gazów cieplarnianych ani innych zanieczyszczeń, popiołów czy pyłów. Nawet biorąc pod uwagę cały cykl pozyskiwania energii (od wydobycia rudy uranu, przetworzenia, produkcji paliwa, przez samą budowę, wytwarzanie energii elektrycznej, aż do ostatecznego składowania odpadów), na 1 kWh przypada emisja CO<sub>2</sub> porównywalna z emitowaną w cyklu produkcji i eksploatacji elektrowni PV, wodnych, a nawet wiatrowych)<sup>11</sup>.
- 3) Wydzielanie się ciepła odpadowego w postaci pary wodnej (chłodnie kominowe) lub zrzutu podgrzanej wody do zbiorników wodnych (elektrownie jądrowe zużywają więcej wody niż elektrownie konwencjonalne, ale różnica nie przekracza 50%).
- 4) Wytwarzanie i składowanie odpadów promieniotwórczych – wymaga to budowy podziemnych magazynów dla radioaktywnych pozostałości na dużych głębokościach stabilnych geologicznie i hydrologicznie pod ziemią lub wewnątrz gór, na część zużytego paliwa trafia do recyklingu, gdzie odzyskuje się uran i pluton (w ten sposób można zaoszczędzić około 30% zapotrzebowania na surowiec).

---

<sup>10</sup> K. Czaplicka-Kolarz, I. Pyka (red.), *Technologie zeroemisyjne i energooszczędność – uwarunkowania wdrażania w Polsce*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010, s. 62–64.

<sup>11</sup> Według badań 1 kWh EJ emituje od 8 do 58 gramów CO<sub>2</sub>, za: B.K. Sovacool, *Asia's Energy Adequacy, Environmental Sustainability, and Affordability: An Overview*, ADB Economics Working Paper Series No. 399, June 2014, s. 11. Nie wszystkie pręty paliwowe, które znajdują się w rdzeniu, są w pełni szczelne, dlatego może dojść do uwolnienia niewielkich ilości substancji radioaktywnych w postaci gazowej i ciekłej. Są one stopniowo uwalniane i nie stanowią zagrożenia dla środowiska.

- 5) Wydzielanie się produktów promieniotwórczych do wód zrzutowych – ścieki z upustów, zrzutów i przecieków (dopuszczalnych) z obiegu chłodzenia rdzenia reaktora.
- 6) Ryzyko awarii – nie można go całkowicie wykluczyć, głównie jednak ze względu na błąd ludzki. Reaktory typu BWR (z wrzącą wodą) i PWR (z wodą pod ciśnieniem) są technologicznie bezpieczne i wraz ze wzrostem temperatury zmniejszają swoją reaktywność, eliminując groźbę wybuchu<sup>12</sup> (w razie awarii reaktor można zalać wodą z dodatkami pochłaniającymi i wyłączyć).

Analizując oddziaływanie na środowisko elektrowni jądrowej, należy uwzględnić wszystkie fazy inwestycji związane z budową i eksploatacją (i ich oddziaływanie na glebę i wody gruntowe, hałas i ruch pojazdów, zabudowę i krajobraz) oraz zakończeniem pracy reaktora (zagospodarowanie odpadów, demontaż bloków, transport paliwa jądrowego)<sup>13</sup>. W praktyce do głównych negatywnych skutków EJ dla środowiska należy duże zużycie wody i degradacja ziemi (użytkowanie gruntów związane z wydobyciem uranu i składowaniem odpadów nuklearnych). Zasadniczo istnieją dwie drogi oddziaływania elektrowni jądrowej na środowisko: przez uwolnienie substancji promieniotwórczych do otoczenia oraz cieplne zanieczyszczenie środowiska wodnego (upusty podgrzanej wody chłodzącej, składowanie odpadów). Wielkość uwolnień produktów rozszczepienia z elektrowni jądrowych zależy między innymi od: poziomu mocy reaktora, liczby nieszczelnych prętów paliwowych czy stopnia usunięcia substancji promieniotwórczych z uwalnianych gazów i cieczy<sup>14</sup>. Ciepłone zanieczyszczenie środowiska wodnego zależy od ilości i temperatury wody odprowadzanej z elektrowni. W otwartych obiegach chłodzenia zanieczyszczenie cieplne wód nie ma zwykle większego znaczenia, ponieważ podgrzana przez skraplacz woda chłodząca jest wypuszczana do mórz, jezior i wielkich rzek,

---

<sup>12</sup> Awarii reaktora nie można porównywać z wybuchem atomowym, gdyż reaktor nie może wybuchnąć jak bomba atomowa. W przypadku awarii reaktora nie mamy do czynienia z wybuchem jądrowym, lecz termiczno-chemicznym (przy czym wzrost temperatury nie jest tak gwałtowny), w którego efekcie może nastąpić rozproszenie materiałów promieniotwórczych. Wobec tego nie mamy do czynienia z czynnikami rażenia na gigantyczną skalę, towarzyszącymi wybuchowi jądrowemu (takimi jak błysk, fala uderzeniowa, promieniowanie cieplne, powodujące odparowanie przedmiotów znajdujących się w pobliżu epicentrum, promieniowanie przenikliwe czy impuls elektromagnetyczny), a do najistotniejszych zagrożeń należy promieniotwórcze skażenie substancjami radioaktywnymi. Wspólnym mianownikiem dla awarii reaktora i wybuchu bomby atomowej jest promieniowanie, czyli emisja i opad radioaktywny dużych ilości substancji promieniotwórczych do biosfery (przy czym skład izotopowy opadu jest różny).

<sup>13</sup> *Raport o oddziaływaniu elektrowni na środowisko*, <http://elektrownia-jadrowa.pl/191.html> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>14</sup> J. Michalak, *Wpływ elektrowni jądrowych na środowisko*, Poznan University of Technology Academic Journals, „Electrical Engineering” 2013, no. 74, s. 28–29.

a więc akwenów o dużej objętości, aczkolwiek może to wywołać pewne zmiany w ekosystemie wodnym<sup>15</sup>.

Wpływ na środowisko naturalne człowieka wywierają nie tylko same czynne elektrownie jądrowe. Należy uwzględnić tak zwany pełny cykl paliwowy, obejmujący również wydobycie rud uranu, ich przeróbkę, wzbogacanie, produkcję paliwa jądrowego, wypalanie paliwa jądrowego w reaktorach energetycznych, składowanie przejściowe wypalonego paliwa, przetwarzanie wypalonego paliwa, jego transport i ostateczne składowanie, jak również końcową likwidację wyłączoną z eksploatacji elektrowni jądrowej. Wydobycie i przetwarzanie rudy uranowej to źródło dużych ilości GHG. By wyprodukować 25 ton uranu potrzebnego do obsługi typowego reaktora przez rok, trzeba przetworzyć 500 tys. ton skały i zagospodarować 100 tys. ton odpadów toksycznych na setki tysięcy lat oraz uporać się z 1343 m<sup>3</sup> ciekłych odpadów<sup>16</sup>. Ponadto reprociesowanie i wzbogacanie uranu wymaga dużej ilości energii elektrycznej, która najczęściej pochodzi z elektrowni konwencjonalnych. Potencjalnym źródłem skażenia środowiska może być transport materiałów promieniotwórczych (wypalonych elementów paliwowych i koncentratu uranu), stąd transport musi być realizowany w stalowych pojemnikach, które zapewniają szczelność nawet podczas pożaru czy też bardzo niebezpiecznych wypadków drogowych<sup>17</sup>. Ważny element w przypadku oddziaływania elektrowni jądrowych na środowisko stanowi także kwestia wycofania elektrowni jądrowej z eksploatacji (w takiej sytuacji reaktor i obieg pierwotny elektrowni pozostają źródłem promieniowania, które musi być izolowane i wyłączone z użytkowania)<sup>18</sup>.

Szczególnym atutem energii jądrowej okazuje się natomiast minimalne oddziaływanie na zanieczyszczenie powietrza ze względu na nieemisyjność. To największa zaleta elektrowni jądrowych w porównaniu z elektrowniami konwencjonalnymi, gdzie emisja CO<sub>2</sub>, a także tlenków azotu i SO<sub>2</sub>, jest dużo wyższa<sup>19</sup>. Normalnie pracująca elektrownia jądrowa nie produkuje popiołów ani pyłów i nie emituje gazów spalinowych.

Energetyka jądrowa – w warunkach stabilnej pracy reaktorów – w aspekcie oddziaływania na środowisko wypada zdecydowanie bardziej korzystnie niż elektrownie korzystające z paliw kopalnych. Ponadto ze względu na swoją efektywność energetyczną stwarza szansę zmniejszenia zależności od ropy i gazu

---

<sup>15</sup> *Ibidem*, s. 29.

<sup>16</sup> *Ibidem*, s. 11.

<sup>17</sup> J. Michałak, *op. cit.*, s. 31.

<sup>18</sup> *Ibidem*.

<sup>19</sup> Według MAEA zamiana elektrowni o mocy 1000 MW z węglowych na atomowe tej samej mocy pozwalałaby uniknąć emisji od 1,3 do 2,2 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie, podczas gdy zamiana na gazową – tylko o 0,4–0,7 mln ton, za: K. Borowski, *Energetyka jądrowa – perspektywy rozwoju w Polsce*, Infos, Biuro Analiz Sejmowych, nr 10, 13 marca 2007, s. 1.

w obliczu ciągłego wzrostu zapotrzebowania na energię. Znaczącym atutem EJ jest to, że instalacje i obiekty elektrowni zajmują wielokrotnie mniejszą powierzchnię w stosunku do na przykład farm wiatrowych czy słonecznych, dostarczając zwykle nieporównanie więcej generowanej mocy.

Wbrew wielu powszechnie utartym opiniom EJ stanowi niewielkie zagrożenie dla człowieka, a także dla środowiska naturalnego, i stanowi obecnie najbezpieczniejszą technologię wytwarzania energii elektrycznej<sup>20</sup>. Proces transformacji energetycznej oparty na zastępowaniu paliw kopalnych źródłami energii nieemisyjnej wiąże się z realnymi korzyściami społeczno-ekonomicznymi, takimi jak łagodzenie skutków zmian klimatu, wpływ na zdrowie oraz zwiększenie niezależności energetycznej i elastyczności systemu energetycznego. Energetyka jądrowa doskonale wpisuje się w ten proces, stanowiąc ogniwo pośrednie przejścia z energetyki opartej na paliwach kopalnych do systemu energetycznego wykorzystującego źródła odnawialne.

### 9.2.1. Atuty energetyki jądrowej w walce ze zmianami klimatu

Wzrost koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze jako rezultat spalania paliw oraz skutek procesów technologicznych wielu gałęzi przemysłu i transportu stwarza szczególnie korzystne uwarunkowania dla rozwoju EJ, która ma ogromny potencjał, by znacząco ograniczyć ilość przyszłych emisji GHG. W porównaniu z elektrowniami konwencjonalnymi EJ ma najniższy poziom emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia spośród wszystkich źródeł wytwarzania energii.

Nieemisyjność EJ jest jej największym atutem w przeciwdziałaniu zmianom klimatu. Rozwój programu EJ mógłby znacząco wpłynąć na redukcję emisji GHG, a w konsekwencji wielu krajom umożliwić wywiązanie się z międzynarodowych zobowiązań ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>. W 2014 roku na świecie elektrownie jądrowe dostarczyły 2410 TWh energii elektrycznej<sup>21</sup>. W tabeli 3 przedstawiono poziom emisji, który zostałby osiągnięty przy użyciu paliw kopalnych do wytworzenia tej samej ilości energii elektrycznej. Istniejąca flota reaktorów jądrowych odpowiada za znaczące ograniczenie emisji GHG na świecie: według Międzynarodowej Agencji Energii wykorzystanie energii jądrowej od 1971 roku ograniczyło emisję o około 56 Gt CO<sub>2</sub>, co odpowiada dwóm latom globalnej emisji według jej obecnego poziomu<sup>22</sup>. Szacuje się, że

<sup>20</sup> G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 403.

<sup>21</sup> *Nuclear Share Figures, 2004–2014*, WNA, May 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Nuclear-generation-by-country> (dostęp: 10.07.2015).

<sup>22</sup> *Energy Climate and Change*, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency, OECD/IEA, 2015, s. 73.

w samym 2009 roku dzięki EJ uniknięto emisji 650 mln ton CO<sub>2</sub> lub niemal 9% całkowitych światowych emisji<sup>23</sup>.

Według World Nuclear Association (WNA), porównując emisje z EJ i energii odnawialnej, należy stwierdzić, że w cyklu życia EJ i energii odnawialnej (wszystkich głównych rodzajów OZE: słonecznej, wiatrowej, biomasy, elektrowni wodnych) są one na podobnym poziomie. Zastąpienie energii paliw kopalnych przez źródła odnawialne lub EJ doprowadzi więc do podobnych redukcji emisji gazów cieplarnianych.

**Tab. 3.** Poziom emisji, wg typów źródeł energii

	Średnia emisja GHG w cyklu życia [tona/GWh]	Emisje CO <sub>2</sub> powstałe przy produkcji 2410 TWh prądu elektrycznego [tona/GWh]	Zaoszczędzone emisje CO <sub>2</sub> przy zastąpieniu paliw kopalnych energią jądrową [tona/GWh]
Węgiel brunatny	1054	2540	2470
Węgiel kamienny	888	2140	2070
Ropa	733	1766	1696
Gaz ziemny	499	1202	1132
Energia jądrowa	29	70	–

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Greenhouse Gas Emissions Avoided Through Use of Nuclear Energy*, <http://www.world-nuclear.org> (dostęp: 15.08.2015).

Będąc najbardziej wydajnym współcześnie bezemisyjnym źródłem „czystej energii”, EJ chroni środowisko naturalne, eliminując emisję około 2,4 Gt (czyli 2 400 000 000 000 kg) CO<sub>2</sub>/rok<sup>24</sup>. Dzięki dużej koncentracji energii w paliwie jądrowym 1 gram uranu może stanowić ekwiwalent 1,5 tony węgla kamiennego<sup>25</sup>. Z punktu widzenia polityki klimatycznej to elektrownie węglowe są zatem znacznie bardziej szkodliwym źródłem energii dla środowiska. Na przykład do wytworzenia energii o mocy 1000 MWe elektrownia węglowa zużyje od 2 do 6 mln ton węgla/rok (w zależności od jego rodzaju) emitując 6,5 mln ton

<sup>23</sup> J.W. Busby, *Vaunted Hopes: Climate Change the Unlikely Nuclear Renaissance* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 127.

<sup>24</sup> W UE elektrownie jądrowe pozwalają „oszczędzić” ok. 700 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie, czyli tyle, ile w ciągu roku produkują wszystkie samochody obywateli wszystkich państw członkowskich, za: *Prognoza oddziaływania na środowisko Programu Polskiej Energetyki Jądrowej*, Ministerstwo Gospodarki/Fundeko, grudzień 2010, s. 62.

<sup>25</sup> *Czy energetyka jądrowa jest bezpieczna dla środowiska?*, Ministerstwo Gospodarki, 26 kwietnia 2012, [http://poznajatom.pl/poznaj\\_atom/czy\\_energetyka\\_jadrowa\\_jest\\_be](http://poznajatom.pl/poznaj_atom/czy_energetyka_jadrowa_jest_be),185 (dostęp: 10.06.2015).

CO<sub>2</sub> (960 ton CO<sub>2</sub>/GWh), podczas gdy elektrownia gazowa od 2 do 3 mld/m<sup>3</sup> gazu na rok, emitując 480 ton CO<sub>2</sub>/GWh<sup>26</sup>. Do wytworzenia energii elektrycznej tej samej mocy elektrownia jądrowa potrzebuje około 35 ton paliwa jądrowego na rok, przy zeroemisyjnej pracy (równocześnie elektrownia jądrowa zajmie powierzchnię zaledwie kilku kilometrów kwadratowych, podczas gdy powierzchnię wielkości 100–150 km<sup>2</sup> zajmują elektrownie wiatrowe, a około 50 km<sup>2</sup> – słoneczne)<sup>27</sup>.

Oprócz tego energetyka nuklearna może być w przyszłości wykorzystywana do odsalania wody morskiej, co pomogłoby w rozwiązaniu dostaw słodkiej wody do picia. MAEA przyjmuje, że realizacja zasady zrównoważonego rozwoju każdego kraju powinna być oparta na różnorodnych technologiach dobranych do sytuacji i potrzeb. Najlepszą szansę trwałego rozwoju daje zapewnienie wszystkim źródłom energii możliwości konkurowania, rozwoju i udziału w zaspokajaniu potrzeb gospodarczych na zasadach wolnego rynku, czyli zmniejszania kosztów, ochrony środowiska i poprawy bezpieczeństwa.

Dodatkowym atutem EJ jest wysoka efektywność wytwarzania energii elektrycznej, znacznie większa niż z jakiegokolwiek innego źródła naturalnego. Szczególne uwarunkowania dla rozwoju EJ w XXI wieku stwarza jednak rozwój międzynarodowego reżimu przeciwdziałania zmianom klimatu. Jako zeroemisyjne źródło energii EJ może w sposób znaczący przyczynić się wraz z rozwojem OZE do osłabienia nasilania się zjawiska efektu cieplarnianego. Idealnym połączeniem – jeśli wziąć pod uwagę walkę z globalnym ociepleniem i gwarancję zapewnienia trwałości dostaw energii – jest wykorzystywanie przez państwa miksu energii odnawialnej i jądrowej. Szczególnie w Azji, gdzie zapotrzebowanie na energię rośnie skokowo, EJ stwarza szansę przeciwdziałania emisjom GHG i ograniczeniu negatywnego wpływu zmian klimatu.

Zmiany klimatyczne są problemem globalnym, z groźnymi następstwami ekologicznymi, społecznymi, ekonomicznymi, politycznymi, dlatego przeciwdziałanie tym procesom staje się jednym z największych wyzwań dla ludzkości w XXI wieku. Zmiany klimatyczne będą zatem odgrywać coraz większą rolę w zachęcaniu do rozwoju EJ, a rozwój międzynarodowego reżimu przeciwdziałania

---

<sup>26</sup> E. Iansiti, F. Niehaus, *Impact of Energy Production on Atmospheric Concentration of Greenhouse Gases Energy Systems Must Be Restructured to Reduce Emissions of Carbon Dioxide*, IAEA Bulletin, 2/1989, s. 13; *Prognoza oddziaływania na środowisko...*, s. 62.

<sup>27</sup> Zob. S.M. Rashad, *Nuclear Power and Environment Comparative Assessment of Environmental and Health Impacts of Electricity Generating Systems*, Atomic Energy Authority National Center for Nuclear Safety and Radiation Control, International Conference on Hazardous Waste Sources, 12<sup>th</sup>–16<sup>th</sup> December 1998, s. 293, [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/026/31026705.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/026/31026705.pdf) (dostęp: 15.05.2015).



zmianom klimatu może być silnym bodźcem do promocji urządzeń przemysłowych o niskiej emisji CO<sub>2</sub><sup>28</sup>. Brak energii jądrowej, zwłaszcza w krajach OECD, spowodowałby, że emisja pochodząca z sektora energetycznego, który jest głównym emitentem gazów cieplarnianych, byłaby o około 16% wyższa<sup>29</sup>. W dłuższej perspektywie energia jądrowa na pewno nie będzie jedynym rozwiązaniem służącym ograniczeniu tej emisji, ale może i powinna znacząco przyczynić się do jej ograniczenia.

### 9.2.2. Czy energia jądrowa może być uznana za czyste źródło energii? Próby włączenia energetyki jądrowej w CDM

Czy EJ powinna być tak samo klasyfikowana jak OZE, gdyż nie emituje CO<sub>2</sub>? Walka z globalnym ociepleniem sprawia, że rządy promują dwa źródła energii – OZE i tak zwane czyste technologie węglowe. Pojawia się pytanie: co z energią jądrową? Czy jest ona technologią ekologiczną? Włączenie tego źródła energii w ramy „czystych źródeł energii” kwalifikujących się do kredytów w ramach „mechanizmu czystego rozwoju” (*Clean Development Mechanism*, CDM), a szerzej – koncepcji zrównoważonego rozwoju (*Sustainable Development*), stałoby się katalizatorem rozwoju technologii jądrowych na świecie jako narzędzie przeciwdziałania zmianom klimatu<sup>30</sup>.

---

<sup>28</sup> B.K. Sovacool, S.V. Valentine, *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012, s. 228.

<sup>29</sup> T. Dujardin, *Rozwój energii atomowej a zrównoważony rozwój – doświadczenia krajów OECD*, Agencja Energii Nuklearnej (NEA) OECD w Paryżu, Senat RP, <http://ww2.senat.pl/k7/agenda/seminar/081014m/Energet/R-rozwoj.html> (dostęp: 15.06.2015).

<sup>30</sup> CDM (obok mechanizmu międzynarodowego handlu emisjami/*International Emission Trading* oraz wspólnych wdrożeń/*Joint Implementation*) został ustanowiony w 1997 r. w trakcie trzeciej konferencji stron COP (*Conference of the Parties*) przez tzw. Protokół z Kioto do UNFCCC. Daje on możliwość państwom zobowiązanym do ograniczenia emisji GHG uzyskać dodatkowe uprawnienia do emisji (tzw. jednostki poświadczonej redukcji emisji – *Certified Emission Reduction*, CER), generowane w zamian za finansowanie projektów CDM łagodzących emisję w krajach rozwijających się. Mechanizm zakłada działania inwestycyjne realizowane przez państwo wymienione w *Załączniku I* do UNFCCC na terytorium innego państwa niewymienionego w tym załączniku (kraj spoza *Aneksu I*), zapewniające redukcję lub uniknięcie gazów cieplarnianych. CER mierzone są w tonach ekwiwalentu emisji CO<sub>2</sub> (1 CER odpowiada 1 tonie CO<sub>2</sub>). Mechanizm redukuje emisję w skali globalnej, a jednocześnie daje krajom uprzemysłowionym pewną elastyczność co do sposobu realizacji zobowiązań z Kioto, gdyż CER-y podlegają wymianie między stronami konwencji klimatycznej. Projekty CDM są rejestrowane, cały mechanizm nadzorowany, a transfer CER dotyczy krajów inwestujących, gdyż kraje goszczące CDM są na ogół zwolnione z ograniczenia zobowiązań emisyjnych i nie mają limitów emisji zanieczyszczeń. W 2012 r. największymi potencjalnymi beneficjentami CDM były Chiny (60% CER-ów), Indie (14%) oraz Brazylia (8%).

Dostawcy cywilnych technologii jądrowych wspierani przez kraje, z których się wywodzą, lobbują za uznaniem projektów EJ za kwalifikowane w ramach CDM, gdyż to nie tylko pozwalałoby uzyskać dodatkowe jednostki do emisji ułatwiające wywiązanie się z zobowiązań redukcyjnych, ale także – a może przede wszystkim – napędzałoby eksport reaktorów, gwarantując zyski z tego tytułu. Oznaczałoby to, że elektrownie jądrowe stałyby się wówczas nie tylko towarem eksportowym, ale także „narzędziem” do walki z zanieczyszczeniem powietrza w ramach międzynarodowego reżimu przeciwdziałania zmianom klimatu<sup>31</sup>. Zwolennicy opcji wpisania projektów EJ w ramy CDM argumentują, że przyczyniłoby się to do nieemisyjnego rozwiązania problemu ubóstwa energetycznego w krajach rozwijających się. Dążeniem, by EJ stała się częścią globalnej polityki dywersyfikacji źródeł energii i długoterminowych działań ograniczających emisję gazów cieplarnianych, szczególnie zainteresowane są kraje uprzemysłowione, wspierające dostawców cywilnych technologii jądrowych, takie jak Francja, Japonia, Stany Zjednoczone czy Australia (eksport uranu jako paliwa jądrowego). Stworzenie uwarunkowań sprzyjających eksportowi cywilnych technologii jądrowych spowodowałoby, że to one najbardziej skorzystałyby z nowych zamówień na elektrownie jądrowe (zamówienia dla różnych sektorów gospodarki). Włączenie EJ do CDM byłoby formą subsydiowania przemysłu jądrowego, sprzyjającą osiągnięciu celów ekonomicznych. Ponadto główni emitenci CO<sub>2</sub>, tacy jak Chiny czy Indie, wiążą nadzieję z EJ jako sposobem na połączenie produkcji energii z wypełnieniem zobowiązań redukcji emisji.

Włączenie energii jądrowej w ramy CDM oznaczałoby, że energia jądrowa stanie się w przyszłości zrównoważoną alternatywą dla paliw kopalnych (w szczególności węgla i ropy) oraz że zacznie odgrywać ważną rolę w łagodzeniu skutków zmian klimatycznych, dostarczając znaczną część energii elektrycznej produkowanej w sposób neutralny dla problemu efektu cieplarnianego. „Nadwyżka” jednostek CER (dzięki nowym elektrowniom jądrowym) mogłaby jednak wpłynąć na spadek ich cen i podważyć efektywność całego mechanizmu. W konsekwencji system handlu uprawnieniami do emisji mógłby się okazać mało efektywny, ponieważ niska cena tych uprawnień nie zachęcałaby przedsiębiorstw do inwestycji w zmniejszenie energochłonności czy w kosztowne, ale niskoemisyjne, technologie produkcji energii<sup>32</sup>. Chińskie plany rozwoju EJ

---

<sup>31</sup> Zob. T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotowienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2013, s. 265–266.

<sup>32</sup> Taka sytuacja nastąpiła w UE w związku kryzysem gospodarczym pod koniec pierwszej dekady XXI w., który spowodował znaczący spadek cen EUA wobec spadku zapotrzebowania na prąd i powstałej nadpodaży uprawnień do emisji. KE rozpoczęła działania naprawcze w postaci tzw. *backloadingu*, czyli wycofania z rynku 900 mln uprawnień z lat 2014–2016 na okres 2019–2020, oraz ustanowiła tzw. rezerwę stabilności rynkowej (*Market Stability Reserve*) na po-

obrazują potencjał zagrożenia w ocenie przeciwników włączenia EJ do CDM ze względu na dużą liczbę reaktorów, co doprowadziłoby do nadpodaży CER. Takie stanowisko podzielają między innymi ekolodzy – oponenci włączenia EJ w ramy projektów CDM – twierdząc, że inwestycje w EJ znacznie ograniczą i spowolnią rozwój OZE<sup>33</sup>. Włączenie EJ do CDM w ocenie przeciwników spowoduje, że EJ pochłonie lwią część CER, spychając technologie OZE na margines. Spadek wartości CER na rynku może zmniejszyć skłonność do ponoszenia wydatków i inwestowania w inne technologie redukcji emisji w ramach CDM. Według ekologów jedynym sposobem wspierania czystego rozwoju jest ograniczenie projektów CDM wyłącznie do OZE. Ponadto – jak wskazują przeciwnicy zakwalifikowania energetyki jądrowej do CDM – jej włączenie mogłoby spowodować, że kraje uprzemysłowione zgromadziłyby zbyt dużą liczbę kredytów CER, tak że mogłyby zwiększyć ich własne emisje gazów cieplarnianych (i podważyć zamysł całego mechanizmu)<sup>34</sup>. Większość organizacji środowiskowych, kilka państw antyjądrowych w Europie (np. Austria) i wiele krajów rozwijających się (np. kraje wyspiarskie) sprzeciwia się temu, by EJ była kwalifikowana jako czyste źródło energii w ramach CDM<sup>35</sup>.

### *Wysiłki na rzecz włączenia energetyki jądrowej w CDM*

W 2005 roku konferencja stron Protokołu z Kioto (Conference of the Parties Serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, CMP) na swoim pierwszym posiedzeniu w Montrealu powołała roboczą grupę negocjacyjną *Ad hoc* w sprawie dalszych (po 2012 r.) zobowiązań stron, wynikających z załącznika I Protokołu z Kioto, nazwaną AWG-KP (Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol)<sup>36</sup>. AWG-KP raportuje do CMP, a ta przygotowuje prace przed kolejnymi posiedzeniami konferencji klimatycznych (Conference of Parties, COP), czyli najważniejszego organu Ramowej Konwencji NZ w sprawie Zmian Klimatu (United Nations

---

czętku kolejnego okresu handlu uprawnieniami w 2021 r., zakładając coroczne wycofywanie określonej puli uprawnień do emisji z rynku i przekazywanie ich do rezerwy stabilizacyjnej, tak aby rozwiązać problem nadwyżki uprawnień do emisji i spowodować wzrost ich cen.

<sup>33</sup> Wiele krajów rozwijających się, zwłaszcza w Afryce i na Pacyfiku, obawia się, że inwestycje w projekty CDM będą odzwierciedlać bieżące przepływy inwestycyjne i będą kumulowały się tam, gdzie jest wysoki wzrost gospodarczy. Oczekują one, że CDM będzie mieć strukturę zapewniającą równą dystrybucję zasobów pomiędzy wszystkie kraje rozwijające się.

<sup>34</sup> *Analysis of Possible Means to Reach Emission Reduction Targets and of Relevant Methodological Issues*, Framework Convention of Climate Change, FCCC/TP/2008/2, 6<sup>th</sup> August 2008, s. 7, <http://unfccc.int/resource/docs/2008/tp/02.pdf> (dostęp: 15.03.2015).

<sup>35</sup> J.W. Busby, *op. cit.*, s. 145.

<sup>36</sup> *Report of the Conference of the Parties Serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on Its First Session, Held at Montreal from 28<sup>th</sup> November to 10<sup>th</sup> December 2005*, FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1, 30<sup>th</sup> March 2006.

Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), której zasadniczym celem stała się ochrona klimatu i redukcja emisji gazów cieplarnianych na świecie<sup>37</sup>.

Podczas prac grupy roboczej AWG-KP w sprawie dalszych zobowiązań stron, wynikających z załącznika I Protokołu z Kioto zrodziła się dyskusja na temat zakwalifikowania energii jądrowej do CDM. W konsekwencji w trakcie szczytu COP 5 w Bonn (25 października – 5 listopada 1999 r.) rozważano włączenie energii jądrowej do CDM i *Joint Implementation* (JI). Lobby przemysłu jądrowego dostrzegło w polityce klimatycznej i w jej instrumencie, jakim jest Protokół z Kioto, możliwość uzasadnienia upowszechnienia reaktorów jądrowych jako źródła energii sprzyjającego znaczącej redukcji GHG. Już we wrześniu i październiku 1999 roku na konferencji generalnej MAEA podjęto uchwałę za ujęciem EJ w CDM<sup>38</sup>. Część państw (Austria, Dania, Irlandia, Luksemburg, Norwegia i Szwecja) sprzeciwiła się i kwestionowała tę rezolucję, ale była ona w pełni wspierana przez inne kraje (Belgię, Niemcy, Finlandię, Szwajcarię i Holandię)<sup>39</sup>. W tym czasie przemysł jądrowy przyjął taktykę lobbingu, licząc na ciche wsparcie rządów projądrowych (tj. Wielkiej Brytanii, Francji, Japonii, Indii, Chin, Kanady i Australii)<sup>40</sup>. Duże problemy środowiskowe Chin sprawiły, że Państwo Środka szczególnie silnie optowało za uznaniem EJ za czyste źródło energii i dopisaniem jej do instrumentów wspierających realizację celów Protokołu z Kioto<sup>41</sup>.

Przemysł jądrowy miał około 100 zarejestrowanych przedstawicieli na posiedzeniu COP 5, którzy oficjalnie brali udział w obradach. Działania lobbingsowe na rzecz uznania energii jądrowej za instrument CDM oraz promowania tej technologii w krajach rozwijających się podejmowały, oprócz polityków z krajów dostawców cywilnych technologii jądrowych, także liczne *think-tanki*,

---

<sup>37</sup> Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol (AWG-KP), <http://unfccc.int/bodies/body/6409.php> (dostęp: 25.06.2015).

<sup>38</sup> *Forty-third (1999) Regular Session Committee of the Whole Record of the Seventh Meeting*, GC(43)/COM.5/OR.7, November 1999, [https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC43/GC43Com5Records/English/gc43com5or-7\\_en.pdf](https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC43/GC43Com5Records/English/gc43com5or-7_en.pdf) (dostęp: 25.08.2015); *Strengthening of the Agency's Technical Co-Operation Activities*, GC(43)/RES/14, October 1999, [https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC43/GC43Resolutions/English/gc43res-14\\_en.pdf](https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC43/GC43Resolutions/English/gc43res-14_en.pdf) (dostęp: 25.08.2015).

<sup>39</sup> S. Boehmer-Christiansen, A.J. Kellow, *International Environmental Policy: Interests and the Failure of the Kyoto Process*, Edward Elgar Pub., Northampton, MA 2003, s. 100–101.

<sup>40</sup> *Ibidem*, s. 100–101. Pod koniec września 1999 r. doszło do groźnej awarii jądrowej, w wyniku której co najmniej 119 osób otrzymało dawkę promieniowania ponad 1 mSv, przy czym kilku pracowników obsługujących instalację i strażaków likwidujących awarię zostało niebezpiecznie napromieniowanych. Przyczyną awarii było nieprzestrzeganie obowiązujących reżimów technologicznych i brak nadzoru. Według skali INES wypadek ten został zaklasyfikowany do 5. poziomu (awaria z zagrożeniem poza obiektem).

<sup>41</sup> *The Clean Development Mechanism: An Instrument for Sustainable Development or a New Nuclear Subsidy?*, Nuclear Information and Resource Service, 2000, <http://www.nirs.org/factsheets/cleandevmechanism.htm> (dostęp: 15.07.2015); D. Bratt, *Implementing Kyoto in Canada: The Role of Nuclear Power*, „Energy Journal” 2005, vol. 26, issue 1.

między innymi organizacje pozarządowe, takie jak FORATOM<sup>42</sup>, reprezentujące interesy europejskiego przemysłu jądrowego, czy światowe stowarzyszenie World Nuclear Association (WNA) grupujące członków kontrolujących wszystkie etapy cyklu paliwowego, a także reprezentujące amerykański i japoński przemysł jądrowy Nuclear Energy Institute i Japan Atomic Industrial Forum. Inne organizacje wspierające włączenie EJ do CDM, które aktywnie uczestniczyły w szczycie, to Canadian Nuclear Association, European Nuclear Society i Korea Atomic Industrial Forum<sup>43</sup>.

Lobby przemysłu EJ było świadome, że włączenie tej technologii do instrumentów Protokołu z Kioto pozwoliłoby na sprzedaż reaktorów do krajów transformacji energetycznej, co już samo w sobie oznaczałoby wymierne korzyści finansowe, otwarcie nowych rynków ekspansji dla przemysłu jądrowego, a ponadto uwolnienie dodatkowych jednostek CER. Dla krajów uprzemysłowionych, oprócz korzyści ekonomicznych, atutem włączenia EJ do CDM byłoby również uzyskanie dodatkowych uprawnień na emisję gazów cieplarnianych w kraju macierzystym<sup>44</sup>.

Na posiedzeniu COP 5 większość państw, w tym największe kraje rozwijające się (m.in. Indonezja), wykluczyły jednak energię jądrową z CDM. Także grupa małych państw skupiona wokół Stowarzyszenia małych państw wyspiarskich (Association of Small Island States, AOSIS) argumentowała, że włączenie EJ do CDM będzie mechanizmem subsydiowania przemysłu EJ. Spośród krajów UE głównie Wielka Brytania i Francja zabiegały o włączenie energii jądrowej do CDM. Reszta państw członkowskich UE sprzeciwiała się, argumentując, że duże inwestycje w EJ ograniczą fundusze na rozwój energetyki słonecznej i wiatrowej (Niemcy).

Od konferencji w Bonn (1999) energia jądrowa została *de facto* wykluczona z mechanizmu czystego rozwoju. Mimo to lobby jądrowe wytrwale utrzymywało obecność tego tematu w kolejnych negocjacjach klimatycznych. We wrześniu 2000 roku Międzynarodowe Forum Koalicji Przemysłu Jądrowego, które jest wspierane przez amerykański Instytut Energii Jądrowej, złożyło oświadczenie do UNFCCC, podkreślając, że CDM nie będzie mogło skutecznie wyeliminować emisji CO<sub>2</sub>, jeśli nie zostaną włączone wszystkie technologie przyczyniające się do zrównoważonego rozwoju. Organizacja ogłosiła, że

---

<sup>42</sup> FORATOM, [www.foratom.org](http://www.foratom.org) (dostęp: 20.09.2015).

<sup>43</sup> D. Seed, *NA-YGN Makes Appearance at UN Sponsored COP5*, North American Young Generation in Nuclear, 1999, <http://naygn.org> (dostęp: 15.09.2015).

<sup>44</sup> Zwolennicy włączenia EJ w CDM tłumaczą, że Kanada – jeśli miałaby zbudować dwa reaktory o mocy 700 MW w Chinach – mogłaby potencjalnie uzyskać 9 mln ton redukcji emisji CO<sub>2</sub>, a tym samym rozliczyć to w krajowych emisjach, tj. wartość 6% emisji krajowej z 1998 r. Kredyty CDM zmniejszyłyby w ocenie przedstawicieli przemysłu jądrowego koszty inwestycyjne budowy reaktora od 10% do nawet 40%, biorąc pod uwagę oszczędności z mniejszych zakupów uprawnień do emisji.

zaawansowane technologicznie systemy energetyczne oparte na energii jądrowej powinny zostać włączone w ramach mechanizmów czystego rozwoju jako skuteczny sposób ograniczenia GHG.

Kolejną próbę rewizji zasad Protokołu z Kioto podjęto podczas szczytu COP 6 w Hadze (13–24 listopada 2000 r.). Szczególnie aktywnie o włączenie OZE razem z technologią „czystego węgla” i EJ do niskowęglowych źródeł energii zabiegała Francja. Celem Francji było upowszechnienie technologii jądrowych, tak by stały się one częścią globalnej polityki dywersyfikacji źródeł energii i długoterminowych działań ograniczających emisję gazów cieplarnianych. Wśród zwolenników takiego rozwiązania były znów Wielka Brytania oraz Chiny i Indie<sup>45</sup>. Francji (mimo wsparcia Stanów Zjednoczonych i Chin) nie udało się jednak uzyskać szerszego poparcia dla swojego stanowiska. Fińska minister środowiska Satu Hassi stwierdziła, że jest mało prawdopodobne, by UE wspierała jądrowe projekty jako element CDM. Duński minister środowiska Svend Auken oznajmił zaś, że CDM dotyczy czystego rozwoju, a energia jądrowa nie spełnia jego założeń<sup>46</sup>. Także komisarz do spraw środowiska UE Margot Wallström powiedziała, że energia jądrowa nie powinna być częścią mechanizmu czystego rozwoju w ramach Protokołu z Kioto<sup>47</sup>. Wśród przeciwników włączenia EJ do CDM znalazła się większość członków UE (w tym Dania, Niemcy) oraz kraje rozwijające się<sup>48</sup>. Delegacja UE odmówiła powrotu do tego tematu, uznając, że wyłączenie energii jądrowej z mechanizmów jest nienegocjowalne. Członkowie amerykańskiej Senackiej Komisji Energii i Zasobów Naturalnych skrytykowali z kolei negocjatorów COP 6 za wyłączenie CER z mechanizmów elastyczności, a w 2001 roku rząd Stanów Zjednoczonych (które wcześniej podpisały dokument) ogłosił, że nie będzie ratyfikacji protokołu.

W trakcie COP 7 w Marrakeszu w 2001 roku przyjęto wytyczne dotyczące wdrażania postanowień Protokołu z Kioto, stwierdzając: „Strony wymienione w załączniku I mają się powstrzymać od używania poświadczonych certyfikatów redukcji emisji wygenerowanych z obiektów jądrowych w celu wypełnienia swoich zobowiązań” (*Parties included in Annex I to the Convention are to refrain from using emission reduction units generated from nuclear facilities to meet their commitments*)<sup>49</sup>. Stanowisko to osłabiło starania przemysłu jądrowego na kolejne kilka lat.

---

<sup>45</sup> *The Clean Development Mechanism...*

<sup>46</sup> *UK Hopes to Win Carbon Credits Deal with China*, 23<sup>rd</sup> May 2000, <http://www.theguardian.com/uk/2000/may/23/nuclear.world> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>47</sup> *Unclear Over Nuclear*, 25<sup>th</sup> October 2000, Centre for Science and Environment, <http://www.cseindia.org/content/unclear-over-nuclear> (dostęp: 15.06.2015).

<sup>48</sup> M. McCarthy, *Climate Deal Reached by Offering 'Flexibility': Bonn Summit after Four Years and Countless Hours of Talks, the Leading Industrial Nations*, „The Independent”, 24<sup>th</sup> July 2001.

<sup>49</sup> *Decision 16/CP.7 Guidelines for the Implementation of Article 6 of the Kyoto Protocol; Decision 17/CP.7 Modalities and Procedures for a Clean Development Mechanism as Defined in Article*

Wraz z narastaniem problemu globalnego ocieplenia sprzeciw części środowisk ekologów wobec EJ zmalał, tak że nawet prominentni działacze ekologiczni, włącznie z fundatorem Greenpeace Partickiem Moorem, zaczęli przychylniej postrzegać to źródło energii. Moore powiedział, że „elektrownie jądrowe są czystym źródłem energii elektrycznej wspierającym proces walki z globalnym ociepleniem”<sup>50</sup>.

Na początku 2008 roku grupa robocza AWG-KP szukała pomysłów na zwiększenie i ulepszenie CDM i innych mechanizmów redukcji emisji. Wśród propozycji znalazł się pomysł włączenia projektów jądrowych do CDM<sup>51</sup>. Sekretariat UNFCCC, opierając się na pracy AWG-KP, przygotował analizę uznania opcji jądrowej – a konkretnie włączenie nowych obiektów jądrowych – jako kwalifikowanych do projektów mechanizmu czystego rozwoju<sup>52</sup>. Idea ta zyskała wsparcie polityczne. Na zamówienie ówczesnego brytyjskiego premiera Tony’ego Blaira i The Climate Group opublikowano raport, w którym rekomendowano zainicjowanie szerokiej dyskusji na temat zakwalifikowania energii jądrowej do mechanizmów czystego rozwoju w ramach prac grupy AWG-KP. W sierpniu 2008 roku podczas konferencji „Accra Climate Change Talks 2008” w stolicy Ghany grupa kontaktowa AWG-KP ogłosiła propozycję wykorzystania zasobów jądrowych w ramach instrumentu wspólnych wdrożeń (*Joint Implementation*)<sup>53</sup>. Lobby jądrowe znów stało się bardziej aktywne na posiedzeniu COP 14 w grudniu 2008 roku w Poznaniu. World Nuclear Association i MAEA zorganizowały wiele debat podkreślających atuty energii jądrowej w walce ze zmianami klimatu<sup>54</sup>.

Na początku drugiego tygodnia obrad konferencji stron konwencji klimatycznej oraz stron Protokołu z Kioto COP 15/CMP5 w Kopenhadze

---

*12 of the Kyoto Protocol*, Report of the Conference of the Parties on its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29<sup>th</sup> October to 10<sup>th</sup> November 2001, Addendum Part Two: *Action Taken by the Conference of the Parties*, FCCC/CP/2001/13/Add.2, 21<sup>st</sup> January 2002, <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a02.pdf> (dostęp: 25.06.2015).

<sup>50</sup> P. Moore, *Going Nuclear*, 16<sup>th</sup> April 2006, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/04/14/AR2006041401209.html> (dostęp: 22.06.2015).

<sup>51</sup> *Emissions Trading and the Project-based Mechanisms*, Draft conclusions proposed by the Chair, FCCC/KP/AWG/2008/L.8, 12<sup>th</sup> June 2008, <http://unfccc.int/resource/docs/2008/awg5/eng/l08.pdf> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>52</sup> *Analysis of Possible Means to Reach Emission Reduction Targets and of Relevant Methodological Issues*, FCCC/TP/2008/2, 6<sup>th</sup> August 2008, <http://unfccc.int/resource/docs/2008/tp/02.pdf> (dostęp: 22.08.2015).

<sup>53</sup> *Flexible Mechanisms*, „Earth Negotiations Bulletin”, 27<sup>th</sup> August 2008, vol. 12, nr 382, <http://www.iisd.ca/vol12/enb12382e.html> (dostęp: 12.06.2015); *Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Resumed Fifth Session*, Held in Bonn from 2<sup>nd</sup> to 12<sup>th</sup> June 2008, Annex II, FCCC/KP/AWG/2008/3, 10<sup>th</sup> July 2008, <http://unfccc.int/resource/docs/2008/awg5/eng/03.pdf> (dostęp: 22.06.2015).

<sup>54</sup> *Nuclear Energy, Climate Change and IAEA Assistance to Interested Member States*, IAEA, <https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/CoP14.html> (dostęp: 25.08.2015).

w grudniu 2009 roku przewodniczący grupy roboczej Ad hoc AWG-KP umożliwił włączenie tematu do dyskusji. Przewodniczący przedstawił trzy opcje odnoszące się do energii jądrowej, które mogłyby zostać przyjęte. Pierwsza zakładała utrzymanie dotychczasowego stanowiska, to znaczy, że obiekty jądrowe nie będą kwalifikowane do CDM w drugim okresie rozliczeniowym (post-Kioto)<sup>55</sup>. Druga opcja zakładała, że strony wymienione w załączniku I do konwencji, będące również stronami Protokołu z Kioto, powstrzymają się od używania certyfikatów poświęconej redukcji emisji (CER) wygenerowanych z EJ w celu zaspokojenia ich własnych zobowiązań redukcji (uniknięcie efektu nadpodaży CER). Mogłyby one być rozliczane tylko przez kraje, które nie podpisały załącznika I do Protokołu z Kioto<sup>56</sup>. Według trzeciej opcji nowe elektrownie jądrowe, uruchomione po 1 stycznia 2008 roku, powinny być zakwalifikowane do mechanizmu czystego rozwoju w drugim i kolejnych okresach rozliczeniowych<sup>57</sup>. Projekt procedury włączenia energii jądrowej do CDM lub instrumentu wspólnych wdrożeń (*Joint Implementation*) miał opracować Pomocniczy Organ do spraw Doradztwa Naukowego i Technicznego COP i przedstawić podczas planowanego szczytu klimatycznego w Durbanie. Założenia te powtórzono podczas COP-16 w Cancún (listopad–grudzień 2010)<sup>58</sup>.

W trakcie negocjacji AWG-KP 13 w Bonn (2–6 sierpnia 2010 r.) niektóre kraje podkreślały, że włączenie EJ do CDM spowoduje trudność w oszacowaniu wpływu zmian zasad handlu emisjami na łączną redukcję emisji w drugim okresie rozliczeniowym. Propozycja włączenia EJ do CDM zwiększyłaby podaż CER, podobnie jak włączenie CCS (*Carbon Capture and Storage*), co mogłoby osłabić efektywność całego systemu w ograniczaniu redukcji<sup>59</sup>. Tym razem były prezydent Francji Nicolas Sarkozy, otwierając międzynarodową konferencję na rzecz dostępu do cywilnej energetyki jądrowej 8 marca 2010 roku w Paryżu, wezwał Bank Światowy, Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju oraz

---

<sup>55</sup> *Draft Decision -/CMP.5 Emissions Trading and the Project Based Mechanisms*, AWG-KP draft texts, Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol (AWG-KP), UNFCCC, 11<sup>th</sup> December 2009, [http://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/application/pdf/awgkpchairstext111209.pdf](http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/awgkpchairstext111209.pdf) (dostęp: 15.06.2015).

<sup>56</sup> *Ibidem*, s. 18.

<sup>57</sup> *Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Tenth Session*, Held in Copenhagen from 7<sup>th</sup> to 15<sup>th</sup> December 2009, FCCC/KP/AWG/2009/17, 28<sup>th</sup> January 2010, <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awg10/eng/17.pdf> (dostęp: 25.08.2015).

<sup>58</sup> *Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Fifteenth Session*, Held in Cancun From 29<sup>th</sup> November to 10<sup>th</sup> December 2010, FCCC/KP/AWG/2010/18/Add.1, <http://unfccc.int/resource/docs/2010/awg15/eng/18a01.pdf> (dostęp: 22.06.2015).

<sup>59</sup> *Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Thirteenth Session*, Held in Bonn from 2<sup>nd</sup> to 6<sup>th</sup> August 2010, FCCC/KP/AWG/2010/11, <http://unfccc.int/resource/docs/2010/awg13/eng/11.pdf> (dostęp: 22.06.2015).



banki komercyjne do zaangażowania się w finansowanie projektów czystej energetyki jądrowej. Mówił: „[...] Nie rozumiem i nie akceptuję ostracyzmu jądrowego w finansowaniu międzynarodowym [cywilnych technologii jądrowych – T.M.]”, a następnie nazwał skandalem równoczesne kredytowanie technologii węglowych (*Je ne comprends pas et je n'accepte pas l'ostracisme du nucléaire dans les financements internationaux. Il y a là matière à scandale*). Nieobjęcie EJ systemem wsparcia CDM w przeciwieństwie do „wszystkich innych niskoemisyjnych energii” określił jako błąd napędzany „z powodów ideologicznych minionej epoki”<sup>60</sup>.

17. konferencja stron (COP) Ramowej Konwencji w sprawie Zmian Klimatu połączona z 7. konferencją stron Protokołu z Kioto (CMP 7) w Durbanie (29 listopada – 11 grudnia 2011 r.) przyniosła oczekiwane (wobec umiarkowanych rezultatów poprzednich konferencji klimatycznych) przedłużenie obowiązywania Protokołu z Kioto po roku 2012 oraz polityczne porozumienie o potrzebie wypracowania do końca roku 2015 nowego globalnego porozumienia klimatycznego, które będzie obowiązywało w drugim okresie rozliczeniowym (po 2020 r.). Równocześnie ustalenia odnośnie do włączenia EJ do CDM stanęły w martwym punkcie. Lobby jądrowe położyło duży nacisk polityczny na to, by wprowadzić energię jądrową do tak zwanego „Kioto-2”, czyli włączenia EJ w projekty wspierające cele klimatyczne. W kwietniu 2013 roku Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) opublikowała raport zatytułowany *Śledzenie postępów czystej energii 2013 (Tracking Clean Energy Progress 2013)*, który prezentuje konkretne zalecenia dla rządów, jak skutecznie walczyć ze zmianami klimatu. W raporcie stwierdzono, że „energia jądrowa odgrywa istotną rolę w dekarbonizacji sektora energetycznego”, ale potrzeba nowej akceptacji społecznej dla EJ, tak aby utrzymać globalny wzrost średnich temperatur powierzchniowych na poziomie nie wyższym niż 2°C w porównaniu z poziomem preindustrialnym. Z kolei zgodnie z raportem zatytułowanym *Łagodzenie zmian klimatycznych III grupy roboczej Międzyrządowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)*, opublikowanym w kwietniu 2014 roku, energia jądrowa może mieć rosnący wkład w źródła energii o niskiej emisji gazów cieplarnianych, ale wiele ograniczeń dla jej zastosowania pozostanie utrzymanych<sup>61</sup>.

W UE przedstawiciele przemysłu jądrowego mieli nadzieję, że EJ uzyska taki sam status jak technologie OZE. Spotkało się to jednak z silnym sprzeciwem wielu krajów członkowskich, na skutek czego KE oświadczyła, że EJ nie uzyska specjalnego statusu, podobnego do OZE. Zostało to potwierdzone

<sup>60</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie...*, s. 285–286.

<sup>61</sup> *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*, [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_summary-for-policymakers.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf) (dostęp: 20.06.2015).

przez publikację wytycznych w sprawie pomocy państwa na ochronę środowiska i cele związane z energią w latach 2014–2020<sup>62</sup>.

Pytanie, czy zasady Protokołu z Kioto zostaną zmienione i obejmą włączenie projektów EJ do CDM, pozostaje otwarte, podobnie jak to, czy Bank Światowy zmieni zasady dotyczące udzielania pożyczek dla elektrowni jądrowych z takich instrumentów jak *Green Climate Fund*<sup>63</sup>. Bank Światowy prowadzi długotrwałą politykę zakładającą nieudzielanie kredytów i pożyczek na budowę nowych elektrowni jądrowych, a ostatni projekt, który finansował, to reaktor we Włoszech w 1959 roku<sup>64</sup>. Pomimo wezwania przez francuskiego prezydenta N. Sarkozy'ego, by zmienić te zasady, jak dotąd je podtrzymano<sup>65</sup>. Jednocześnie Bank Światowy kontynuuje politykę pożyczek na budowę i modernizację elektrowni węglowych, co staje się coraz bardziej kontrowersyjne.

Lobby jądrowe nadal podejmuje starania, by włączyć EJ w kategorii technologii sprzyjających ograniczeniu globalnego ocieplenia. Jak stwierdził w maju 2015 roku Yukiya Amano, dyrektor generalny MAEA: „Energia jądrowa jest jedną z dostępnych technologii o najniższej emisji dwutlenku węgla przy wytwarzaniu energii elektrycznej i może odegrać znaczącą rolę w łagodzeniu zmian klimatycznych”<sup>66</sup>. W obliczu rosnącej popularności energetyki odnawialnej jest jednak mało prawdopodobne, by energia jądrowa uzyskała status projektów CDM.

---

<sup>62</sup> *Guidelines on State Aid for Environmental Protection and Energy 2014–2020*, European Commission, Official Journal of the EU, 28<sup>th</sup> June 2014, [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C\\_.2014.200.01.0001.01.ENG](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2014.200.01.0001.01.ENG) (dostęp: 25.05.2015).

<sup>63</sup> Fundusz pożyczkowy uzgodniony w 2009 r. w trakcie negocjacji klimatycznych w Kopenhadze.

<sup>64</sup> J.W. Busby, *op. cit.*, s. 146–147.

<sup>65</sup> Bank Światowy wspiera natomiast modernizację istniejących elektrowni i procesy zamykania elektrowni oraz działania w celu poprawy bezpieczeństwa.

<sup>66</sup> *Role of Nuclear Power Key in Combating Climate Change*, IAEA Director General Says, 27<sup>th</sup> May 2015, <https://www.iaea.org/newscenter/news/role-nuclear-power-key-combating-climate-change-iaea-director-general-says> (dostęp: 25.05.2015).

## „Druga strona medalu” – ryzyko wykorzystania energetyki jądrowej do celów wojskowych

### 10.1. Dylemat podwójnego zastosowania (*dual use*) technologii jądrowych

Technologia jądrowa to technologia „podwójnego zastosowania” (*dual use*), czyli taka, która może zostać wykorzystana do celów pokojowych, jak również do wspomagania wytwarzania broni jądrowej lub innych urządzeń potrzebnych do wybuchu jądrowego. Może ona służyć do produkcji izotopów medycznych oraz energii elektrycznej, ale także jako źródło plutonu w broni atomowej. Podwójna natura zastosowania technologii i jądrowego *know-how* sprawia, że każda forma cywilnej współpracy nuklearnej zwiększa ryzyko proliferacji<sup>1</sup>. Chodzi nie tylko o transfer urządzeń i sprzętu, ale też o doświadczenia i wiedzę ekspercką, które można wykorzystać w celu budowy broni atomowej (w szczególności w zakresie technologii wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego)<sup>2</sup>.

Cywilna pomoc w zakresie technologii jądrowych obejmuje transfer podstaw wiedzy i technologii produkcji prądu elektrycznego w elektrowni atomowej<sup>3</sup>. Często jednak towarzyszy jej transfer wrażliwych technologii jądrowych (*Sensitive Nuclear Assistance*), takich jak wzbogacanie uranu i wytwarzanie paliwa jądrowego, co może bezpośrednio służyć do produkcji materiału rozszczepialnego klasy wojskowej i budowy broni jądrowej<sup>4</sup>. Kraje zdolne do

---

<sup>1</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*, „International Security” 2009 (Summer), vol. 34, no. 1, s. 8.

<sup>2</sup> W tym wzbogacania uranu i przetwarzania plutonu.

<sup>3</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb: Technology Transfer and the Spread of Nuclear Weapons*, Cornell University Press, Ithaca–London 2010, s. 2.

<sup>4</sup> *Ibidem*, s. 2–3.

świadczania pomocy jądrowej to zatem te, które mają broń jądrową, a także te, które opanowały technologie cyklu paliwowego, ale jej nie zbudowały.

Pluton klasy wojskowej to materiał zawierający co najmniej 93% izotopu Pu-239. Do celów wojskowych używa się też uranu wzbogaconego do 90% izotopu U-235<sup>5</sup>. We Francji nie rozdzielono badań nad cywilnym i wojskowym wykorzystaniem energii jądrowej, a utworzony dekretem Rządu Tymczasowego 18 października 1945 roku Komisariat Energii Atomowej (*Commissariat à l'Énergie Atomique* – CEA) odpowiadał za rozwój francuskiego programu jądrowego w obydwu wymiarach<sup>6</sup>. Pluton z elektrowni był używany do produkcji wielu bomb we francuskim arsenale nuklearnym (zbudowano od 63 do 250 ładunków jądrowych, wykorzystując pluton wytworzony w cywilnych elektrowniach jądrowych)<sup>7</sup>. Brytyjczycy zbudowali dwufunkcyjne reaktory do produkcji plutonu do głowic i wytwarzające prąd elektryczny. Stany Zjednoczone również używają cywilnych reaktorów energetycznych w celu wsparcia programów wojskowych (m.in. Departament Energii wykorzystuje reaktor Watts Bar w Tennessee Valley Authority do produkcji trytu do głowic bojowych)<sup>8</sup>.

Kontrola produkcji oraz obrotu takimi technologiami i materiałami jest ograniczona mimo istnienia reżimu nieproliferaacji. Poddanie instalacji jądrowych międzynarodowej kontroli i inspekcjom MAEA łagodzi obawy odnośnie do sposobu wykorzystania technologii jądrowych, ale nigdy całkowicie nie wykluczy ryzyka proliferacji. Jednocześnie kraje, które odmawiają akceptacji środków bezpieczeństwa, takich jak *Protokół dodatkowy* MAEA z 1997 roku (daje on agencji szersze uprawnienia w przeprowadzaniu inspekcji), generują

---

<sup>5</sup> K.L. Nash, G.J. Lumetta, *Advanced Separation Techniques for Nuclear Fuel Reprocessing and Radioactive*, Woodhead Publishing, Oxford–Cambridge–Philadelphia–New Delhi 2011, s. 4. Jako materiał do budowy ładunków jądrowych stosowany jest uran i pluton tzw. klasy zbrojeniowej (*Weapons Grade Uranium*, WGU, i *Weapons Grade Plutonium*, WGPu), które zawierają odpowiednio: 1) WGU – co najmniej 90% izotopu uranu U-235 (jest to tzw. uran wysokowzbogacony – *Highly Enriched Uranium*, HEU) i WGPu – głównie izotop plutonu Pu-239 oraz nie więcej niż 7% izotopu Pu-240. „Pluton reaktorowy” to pluton zawierający ponad 18% PU-240, ponieważ nie da się z niego zbudować ładunku jądrowego.

<sup>6</sup> T. Młynarski, *Francja w procesie uwspólnotwienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2013, s. 92. CEA (od 2009 r. Komisariat Energii Atomowej i Energii Alternatywnych – *Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*) skupiała silną grupę naukowców i stopniowo opanowywała różne aspekty zarówno pokojowych, jak i wojskowych technologii jądrowych. Katalog zadań CEA obejmował badania nuklearne, projektowanie reaktorów, produkcję elektroniki i urządzeń oraz systemów bezpieczeństwa.

<sup>7</sup> M. Fuhrmann, *Preventive War and the Spread of Nuclear Programs* [w:] H.D. Sokolski (red.), *Moving beyond Pretense: Nuclear Power and Nonproliferation*, The Strategic Studies Institute Publications Office, United States Army War College, June 2014, s. 43.

<sup>8</sup> V. Gilinsky, *Nuclear Power, Nuclear Weapons – Clarifying the Links* [w:] H.D. Sokolski (red.), *op. cit.*, s. 130.

uzasadniane obawy co do swoich zamierzeń, nawet jeśli podejmują próby przekonania o swych pokojowych intencjach<sup>9</sup>. Jeżeli kraj ma zdolność wzbogacania uranu lub przetwarzania plutonu, jest tylko o krok od produkcji ładunku do głowic<sup>10</sup>. Cywilny program zmniejsza koszty uruchomienia wojskowego programu jądrowego, stanowi parawan, za którym mogą zostać ukryte rzeczywiste intencje państwa (gdy kraj buduje obiekty jądrowe, trudno jednoznacznie określić, czy są one przeznaczone wyłącznie do produkcji energii elektrycznej, czy też do produkcji broni jądrowej lub obu jednocześnie)<sup>11</sup>. Były szef MAEA Muhammad el-Baradei stwierdził, że jeśli kraj ma kontrolę nad pełnym cyklem paliwowym i z jakiegokolwiek powodu odrzuci zobowiązania nieproliferaacji, może on wytworzyć broń w ciągu kilku miesięcy<sup>12</sup>. Ogromne obawy budzi więc zamiar rozwoju EJ przez kraje takie, jak Egipt, Jordania, Arabia Saudyjska czy Turcja, gdyż uważa się, że ma to stanowić zabezpieczenie przeciwko potencjalnej irańskiej lub izraelskiej bombie.

Od czasu przemowy Eisenhowera *Atoms for peace* państwa zawarły ponad 2000 dwustronnych cywilnych umów o współpracy w dziedzinie nuklearnej (*Nuclear Cooperation Agreements, NCA*), zobowiązując się do wymiany technologii jądrowej, materiałów i wiedzy do celów pokojowych<sup>13</sup>. W ostatniej dekadzie NCA są podpisywane coraz częściej, gdyż kraje poszukują rozwiązań dla globalnych zmian klimatu oraz środków w walce z niedoborami energii oraz wysokimi cenami ropy. Na przykład od czasu objęcia urzędu w maju 2007 roku francuski prezydent Nicolas Sarkozy w trakcie swojego urzędowania podpisał NCA z wieloma państwami próbującymi rozpocząć lub ożywić rozwój cywilnych programów jądrowych, w tym z krajami tak kontrowersyjnymi jak Algieria, Jordania, Libia, Katar, Zjednoczone Emiraty Arabskie i Wietnam.

Dążąc do zminimalizowania ryzyka proliferacji, dostawcy jądrowi przede wszystkim ograniczają sprzedaż wzbogaconego paliwa uranowego – godząc się na skonstruowanie elektrowni jądrowych, ale wykluczając budowę zakładów wzbogacania uranu lub przetwarzania plutonu, gdyż te mogłyby zostać użyte bezpośrednio do produkcji materiałów rozszczepialnych, wykorzystanych do wytworzenia bomby. Cywilna współpraca w zakresie EJ może mieć niezamierzone konsekwencje dla bezpieczeństwa międzynarodowego, stąd rodzą się pytania:

---

<sup>9</sup> M. Fuhrmann, *Preventive War and the Spread...*, s. 105.

<sup>10</sup> M. Kroenig, *The Nuclear Renaissance, Sensitive Nuclear Assistance and Nuclear Weapons Proliferation* [w:] M. Fuhrmann, A. Stulberg (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 207–208.

<sup>11</sup> M. Fuhrmann, *Preventive War and the Spread...*, s. 104.

<sup>12</sup> M. Kroenig, *The Nuclear Renaissance...*, s. 207–208.

<sup>13</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 7–8.

- 1) Czy transfer cywilnej technologii jądrowej i wiedzy o inżynierii atomowej zwiększa prawdopodobieństwo zainicjowania lub rozwijania wojskowych programów, a w konsekwencji nawet budowy bomby atomowej?
- 2) Jak zapobiegać proliferacji broni jądrowej w XXI wieku wobec pojawienia się nowych państw zainteresowanych rozwojem EJ, zlokalizowanych często w niestabilnych regionach?
- 3) Czy możliwe jest odseparowanie technologii cywilnych od wojskowych?
- 4) Jak zabezpieczyć odpady radioaktywne, aby nie dostały się w niepowołane ręce?
- 5) Czy i ewentualnie jakie zmiany w NPT są niezbędne, aby dostosować traktat do nowych realiów?
- 6) Czy partnerstwo w dziedzinie współpracy nuklearnej prowadzi do podważania dorobku międzynarodowego w zakresie zapobiegania niekontrolowanemu zastosowaniu technologii jądrowych?

Koncerny, które eksportują technologie jądrowe, podkreślają bezwarunkowość oddzielenia zastosowania cywilnego od militarne. Ze względu na rozproszenie wiedzy, materiałów i technologii jądrowych wydaje się jednak wręcz niemożliwe, aby całkowicie zapobiec proliferacji. Dla państw o niezaspokojonych ambicjach mocarstwowych EJ jest bowiem środkiem umacniania prestiżu kraju na arenie międzynarodowej i może wzmacniać przekonanie liderów politycznych, że kraj, posiadając zaplecze cywilnych instalacji i wiedzy eksperckiej, ma wystarczające zdolności do rozwinięcia programu broni atomowej. Budowa elektrowni jądrowych w krajach o niestabilnej strukturze społecznej i politycznej wiąże się z ryzykiem wykorzystania technologii do celów innych niż pokojowe, co rodzi znaczące konsekwencje dla międzynarodowego bezpieczeństwa<sup>14</sup>.

## 10.2. Prolifercja technologii jądrowych i ich zastosowanie w celach niepokojowych

Transfer wrażliwych technologii nuklearnych był szeroko rozpowszechniony we wczesnych latach prac nad energią jądrową. W erze przed NPT nie w pełni rozumiano, z jaką łatwością pomoc w zakresie cywilnych technologii może być wykorzystana do budowy broni jądrowej, brakowało odpowiednich międzynarodowych porozumień zakazujących transferów, a także – w prze-

---

<sup>14</sup> Zob. A. Strupczewski, *Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych dawniej i dzisiaj*, Instytut Energii Atomowej POLATOM, s. 24–25, <http://www.if.pw.edu.pl> (dostęp: 10.05.2015).

ciwieństwie do sytuacji obecnej – nie było silnych międzynarodowych norm przeciwko proliferacji jądrowej<sup>15</sup>. Od początku ery nuklearnej wspólnota międzynarodowa borykała się z problemem, jak upowszechnić korzyści płynące z EJ, a jednocześnie ograniczyć dostęp do materiałów oraz wiedzy, które mogą służyć produkcji broni jądrowej. Dotychczas działania skupiały się na instytucjonalnych ograniczeniach komercyjnych relacji handlowych oraz na ograniczaniu dostępu do najbardziej wrażliwych technologii o podwójnym zastosowaniu, szczególnie produkcji paliwa jądrowego. Obawy, że proliferacja tych technologii i *know-how* będzie piętą achillesową wzrostu zapotrzebowania na energię, odżyły na początku XXI wieku.

Część ekspertów zauważa, iż przyszły wpływ rozwoju EJ na proliferację będzie umiarkowany ze względu na to, że dwa główne kraje rozwijające EJ (Chiny i Indie) już posiadają broń jądrową, odpowiednio od 1964 i 1974 roku<sup>16</sup>. Równocześnie, w zależności od stopnia oddzielenia między programami cywilnym i wojskowym, dodatkowe elektrownie jądrowe mogą być źródłem plutonu dla bomb, umożliwiając Chinom i Indiom zwiększenie ich arsenału jądrowego. Oprócz tego im więcej zbudowanych reaktorów, tym większe ryzyko, że część paliwa zostanie przeznaczona na cele militarne<sup>17</sup>.

Odporna na proliferację współpraca nuklearna nie istnieje, a każda wiedza dotycząca działania reaktorów w celach pokojowych może być wykorzystana do użycia reaktora w celach wojskowych. Oczywiście rozwój cywilnych reaktorów nie musi bezpośrednio prowadzić do budowy broni jądrowej, niemniej jednak ze względu na podwójne zastosowanie technologii natura cywilnych programów może zmienić się w czasie, w miarę jak kraj nabywa wiedzę i technologię<sup>18</sup>. Nawet reaktor badawczy potencjalnie może być wykorzystany do uzyskania paliwa na cele wojskowe. Nielegalna proliferacja wspierana przez sieć państw może się przyczynić do pogłębienia proliferacji światowej. Najbardziej niechlubnym przykładem była pakistańska sieć Abdula Qadeera Khana, która dostarczyła wrażliwe technologie, służące do budowy broni jądrowej, do Iranu, Korei Północnej i Libii<sup>19</sup>. Także legalna współpraca prowadzona pod auspicjami NPT może prowadzić do proliferacji. Pokojowa współpraca jądrowa i program wojskowy są powiązane w dwóch głównych aspektach:

---

<sup>15</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 176.

<sup>16</sup> A.N. Stulberg, M. Fuhrmann, *What Future of Nuclear Energy [w:] The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 328.

<sup>17</sup> *Ibidem*, s. 328.

<sup>18</sup> Jest to szczególnie istotne, ponieważ wiele krajów aspirujących do budowy elektrowni jądrowej znajduje się na Bliskim Wschodzie – w jednym z najbardziej podatnych na konflikty regionów na świecie.

<sup>19</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 10.

(1) wzbogacania uranu i przetwarzania wypalonego paliwa (podwójne zastosowanie, ponieważ mogą wytwarzać paliwo do reaktorów energetycznych lub też materiał rozszczepialny do broni jądrowej), (2) zwiększania wiedzy i możliwości jej przeniesienia na program wojskowy (wiedza może być stosowana do przedsięwzięć zbrojeniowych)<sup>20</sup>. Rośnie ryzyko, że doświadczenie nabyte w programie pokojowym (posługiwanie się materiałami radioaktywnymi, znajomość funkcjonowania reaktorów oraz systemów kontroli i sterowania) daje bazę technologiczną i intelektualną, na której może zostać zbudowany program militarny. Cywilna współpraca energetyczna umacnia zdolność techniczną do uzyskania materiału rozszczepialnego, co jest najtrudniejszym krokiem w budowaniu bomby jądrowej. Niemal każdy kraj może dokonać zakupu urządzeń o podwójnym zastosowaniu, ale dopóki nie posiada dostępu do kapitału ludzkiego, zasobów wiedzy, inżynierów, którzy rozumieją zagadnienia technologii jądrowej, dopóty ryzyko skonstruowania broni jest mało prawdopodobne. Kraje takie jak Libia nie były zdolne zbudować bomby, ponieważ nie dysponowały fundamentalną wiedzą, niezbędną do rozwoju atomowego programu wojskowego (w przeciwieństwie do Pakistanu).

Obecność inspekcji Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) ogranicza ryzyko wykorzystania cywilnych instalacji do celów wojskowych, ale całkowicie go nie wyklucza. Cywilna współpraca w dziedzinie EJ zwiększa ryzyko proliferacji, nawet jeśli w zakres współpracy nie wchodzi transfer technologii ani zakładów wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego. Wprawdzie powszechnie dziś stosowane reaktory jądrowe typu PWR i BWR nie mogą być bezpośrednio używane do wytwarzania plutonu służącego do bomby atomowej<sup>21</sup>, istnieją jednak reaktory energetyczne, które mogą być wykorzystywane

---

<sup>20</sup> *Ibidem*, s. 12.

<sup>21</sup> W reaktorach energetycznych lekkowodnych paliwo jest głęboko wypalone i zawiera pluton Pu-239 silnie zanieczyszczony izotopami Pu-238, Pu-240, Pu-241 i wyższymi transuranowcami, toteż nie nadaje się do produkcji współczesnej broni jądrowej. Przetwarzanie wypalonego paliwa jądrowego nie ułatwia więc produkcji broni jądrowej, ponieważ odzyskany pluton nie nadaje się do jej budowy i nie przedstawia wartości zbrojeniowej. Niemniej jednak każdy cywilny program wykorzystujący pluton jest zasadniczo podatny na jego przeorientowanie na cele wojskowe. Zwykle posiadanie zapasów plutonu i zakładów przetwarzania może być uznane za posiadanie „opcji nuklearnej”. Ekstrakcja plutonu z uranowych prętów paliwowych („pluton reaktorowy”, czyli materiał zawierający więcej niż 19% Pu-240) przez obróbkę mechaniczną i chemiczną może jednak służyć do produkcji paliwa reaktorowego o nazwie MOX (Mixed Oxides), będącego mieszaniną tlenków uranu i odzyskanego dwutlenku plutonu. MAEA uznaje wysokowypalony pluton reaktorowy za zdolny do użycia w jądrowych urządzeniach wybuchowych. MOX nie jest bezpośrednio zdalny do użycia w celach wojskowych, ale istnieje ryzyko, że w przypadku dostania się w niepowołane ręce, można wyodrębnić z niego pluton do celów militarnych, dlatego przy transporcie paliwa typu MOX stosuje się nadzwyczajne środki ochrony (wprowadzenie „specjalnych zasad ochronnych” niezbędne jest także w obrębie elektrowni). Nie ma zatem magicznego środka, aby wyeliminować wszystkie ryzyka proliferacji i nie ma cy-



do wytwarzania plutonu klasy wojskowej, jeśli państwo dysponuje technologią wydzielenia plutonu ze zużytego paliwa<sup>22</sup>. Należą do nich reaktory gazowe (brytyjskie Magnox i AGR) oraz reaktory wodne kanałowe (rosyjski RBMK, kanadyjski CANDU oraz niemiecki/południowoafrykański PBMR)<sup>23</sup>. Także reaktory badawcze były wykorzystywane do tego celu. Cywilna pomoc jądrowa (*nuclear assistance*) przyczynia się ponadto do przeniesienia jądrowego *know-how* i budowy bazy eksperckiej (zasoby inżynierów) w zakresie posługiwania się samymi materiałami rozszczepialnymi, co może być wykorzystane w celach wojskowych. Największe zagrożenie budzi proliferacja technologii wzbogacania uranu i wiedzy w zakresie pełnego cyklu paliwowego. Potwierdza to perspektywa historyczna: w latach 50. i 60. XX ubiegłego stulecia Stany Zjednoczone dostarczyły – między innymi do Iranu, Pakistanu, Japonii – reaktory badawcze i uran, które zostały wykorzystane niezgodnie z przeznaczeniem. Amerykańska pomoc cywilnojądrowa skutkowałą nuklearnym programem wojskowym także w RPA. Francja przekazała reaktor i zakład przetwarzania paliwa do Izraela. Włochy (także Francja i Brazylia) dostarczyły materiały do Iraku w latach 70. XX wieku, w tym laboratoria, które *de facto* pozwoliły na przetwarzanie zużytego paliwa jądrowego i wydzielenie plutonu (1767 kg uranu wzbogaconego do 2,6%; przeszkolono też irackich naukowców)<sup>24</sup>. Znacząco podniosło to zdolność Iraku do budowy bomby jądrowej. Główną motywacją do współpracy stało się zapewnienie Włochom stabilnych dostaw ropy naftowej, a także stworzenie możliwości rozwoju dla przemysłu jądrowego, gdyż włoski rynek krajowy był zbyt mały<sup>25</sup>.

Indie nabyły reaktory atomowe od Kanady, zyskując źródło plutonu do broni jądrowej. Głównym powodem rozpoczęcia współpracy w dziedzinie EJ między Kanadą a Indiami było dążenie do wsparcia młodej demokracji oraz ograniczenie wpływu Moskwy, gdyż po wizycie Nikity Chruszczowa w 1955 roku Indie rozpoczęły powolny zwrot w kierunku Związku Radzieckiego. ZSSR pomógł z kolei Argentynie, Kubie i Libii w rozwoju ich cywilnych programów

---

klu paliwowego zupełnie odpornego na proliferację, zarówno na etapie wytwarzania paliwa, jak i przetwarzania zużytego. Por. J. Takagi, M. Schneider, F. Barnaby, I. Hokimoto, K. Hosokawa, C. Kamisawa, B. Nishio, A. Rossnagel, M. Sailer, *Comprehensive Social Impact Assessment of Mox Use in Light Water Reactors*, IMA Project Citizens' Nuclear Information Center, Tokio, November 1997, s. 92; B. Richter, *Reducing Proliferation Risk*, „Issues in Science and Technology”, Fall 2008, The University of Texas at Dallas, s. 50–51.

<sup>22</sup> Por. M. Fuhrmann, *Atomic Assistance: How „Atoms for Peace” Programs Cause Nuclear Insecurity*, Cornell University Press, Ithaca, NY 2012, s. 2.

<sup>23</sup> G. Jeziński, *Energia jądrowa...*, s. 401.

<sup>24</sup> *Ibidem*, s. 123; M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 198.

<sup>25</sup> Włochy nie zawarły klauzuli nieprolifracji w umowach dotyczących sprzedaży technologii jądrowych. Otwarcie twierdzono, że akceptują one pewne ryzyko proliferacji w zamian za odpowiednie korzyści.

jądrowych w latach 80. XX wieku<sup>26</sup>. Chiny udzieliły podobnej pomocy Algierii i Pakistanowi również w latach 80., Pakistan natomiast przekazał pomoc wojskową do Iranu oraz do Korei Północnej i Libii w latach 90. XX wieku (sieć Khana). Korea Północna przekazała reaktory wytwarzające pluton do Syrii, by ta mogła wytworzyć broń jądrową. Reaktor został zburzony przez izraelski atak powietrzny, zanim ukończono instalację.

Powyższe przykłady wskazują, iż pokojowa współpraca w zakresie cywilnych programów jądrowych, zwiększa ryzyko rozprzestrzeniania technologii, która może zostać wykorzystana do konstrukcji broni jądrowej. Kraje mają dwa źródła dostępu do materiałów rozszczepialnych: albo wyprodukują je same we własnym zakładzie, albo kupią od dostawcy. Bez umiejętności przetwarzania paliwa państwa nie są zdolne do zbudowania broni atomowej. Ryzyko powstaje wówczas, gdy zainteresowany rozwojem EJ kraj dąży do samodzielnego wytworzenia paliwa jądrowego, opierając się na dotychczasowej wiedzy i doświadczeniu, tłumacząc, że rozwój programu atomowego jest podyktowany potrzebą zaspokajania rosnących potrzeb energetycznych. Jeśli dodatkowo pojawią się nowe uwarunkowania i zagrożenia bezpieczeństwa, kraj otrzymujący technologię jądrową i *know-how* na cele pokojowe będzie bardziej skłonny, by rozpocząć program broni jądrowej.

Pewną metodą przeciwdziałania lub opóźnienia rozprzestrzeniania się programów jądrowych są ataki prewencyjne na instalacje jądrowe<sup>27</sup>. W czasie wojny irańsko-irackiej (1980–1988) instalacje jądrowe były wielokrotnie atakowane i niszczone. Jeszcze w 1977 roku Izrael potajemnie zaproponował Iranowi wspólne ataki wojskowe na iracką infrastrukturę jądrową. Teheran nie był jednak wówczas tym zainteresowany, ale gdy Saddam Husajn zaatakował Iran 22 września 1980 roku, powrócono do tego pomysłu<sup>28</sup>. Kilka dni później irański F-4 Phantom zaatakował iracki reaktor badawczy Osirak, powodując niewielkie uszkodzenia<sup>29</sup>. 24 marca 1984 roku Irak zaatakował z kolei elektrownię jądrową w trakcie budowy w Buszehr (ataki powtarzały się w latach 1984–1988)<sup>30</sup>. Sytuację wykorzystali Izraelczycy, którzy w czerwcu 1981 roku

---

<sup>26</sup> M. Fuhrmann, *Atomic Assistance...*, s. 2.

<sup>27</sup> Już w 1942 r. przeprowadzono akcje komandosów brytyjskich w fabryce ciężkiej wody Norsk-Hydro w okupowanej przez Niemców Norwegii. Niemcy próbowali przetransportować promem ciężką wodę i niezbędne urządzenia z Norwegii w 1944 r. Prom został jednak zatopiony na jeziorze Tinnsjå.

<sup>28</sup> Po 1979 r. Irak zaczął otrzymywać znaczące wsparcie od mocarstw zachodnich (Francji, Wielkiej Brytanii, Stanów Zjednoczonych, a także RFN) oraz Związku Radzieckiego i państw arabskich, Saddam Husajn jawił się bowiem wówczas „obroncą świata arabskiego” przed irańską rewolucją islamską.

<sup>29</sup> Reaktor w Osiraku był bombardowany wielokrotnie, m.in. przez Iran, Izrael, Stany Zjednoczone, w latach: 1980, 1981, 1991 i 2002.

<sup>30</sup> M. Fuhrmann, *Preventive War and the Spread...*, s. 92–93.

dokonali ataku na iracki reaktor atomowy w miejscowości Osirak, po tym jak irańskiemu lotnictwu nie udało się zniszczyć reaktora. Wysłane przez rząd Izraela samoloty F-16 i F-15 wtargnęły na obszar Iraku przez teren Arabii Saudyjskiej. Atak zapobiegł dalszemu rozwojowi irackiego programu atomowego.

Podczas wojny w Zatoce Perskiej w 1991 roku Stany Zjednoczone zbombardowały liczne irackie obiekty jądrowe, w tym Centrum Badań Jądrowych Tuwaitha w pobliżu Bagdadu. Wiele z irackich instalacji jądrowych pozostało nienaruszonych, gdyż Amerykanie nie wiedzieli o ich lokalizacji. W odpowiedzi Irak bombardował izraelską infrastrukturę w Dimonie w 1991 roku. Iracka infrastruktura jądrowa była atakowana jeszcze dwukrotnie. 17 stycznia 1993 roku US Navy wystrzeliła rakiety Tomahawk w kierunku zakładów wzbogacania uranu Zaaferaniyah, które w dużej mierze pozostały nienaruszone po wojnie w Zatoce Perskiej. Atak miał „ukarać” Bagdad za odmowę wypełnienia nakazu ONZ, by udostępnić instalacje dla międzynarodowych inspekcji<sup>31</sup>. W grudniu 1998 roku Stany Zjednoczone i Wielka Brytania rozpoczęły operację Desert Fox mającą na celu likwidację irackiej broni masowego rażenia.

We wrześniu 2007 roku Izrael zbombardował syryjski reaktor w al-Kibar, jeszcze przed jego oddaniem do eksploatacji. Po nalocie Syria zrównała z ziemią to, co pozostało na miejscu, w celu zapobieżenia uzyskania informacji na temat zakładu<sup>32</sup>.

W XXI wieku wiele krajów rozważa uruchomienie własnych cywilnych programów jądrowych, między innymi Algieria, Jordania, Libia, Arabia Saudyjska, ZEA. Są to kraje położone w najbardziej niestabilnych częściach świata w regionie Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej. Wszystkie otrzymały obietnicę współpracy przynajmniej od jednego dostawcy. Żaden z tych krajów obecnie nie zamierza wybudować bomby jądrowej, ale jeśli zmieniłyby się ogólne uwarunkowania bezpieczeństwa (na przykład jeśli Iran zbudowałby bombę atomową lub Izrael przeprowadziłby testy jądrowe), takiego scenariusza nie można wykluczyć – staje się on bardziej prawdopodobny. Zainicjowanie programu broni atomowej jest bardziej prawdopodobne w państwach, które mają przeszkoloną kadrę wykwalifikowanych naukowców i techników. Kraje, które otrzymały znaczącą pomoc, są bardziej skłonne do zainicjowania programów wojskowych, kiedy pojawia się zagrożenie bezpieczeństwa, ponieważ mają większe zapotrzebowanie na strategiczne korzyści, które oferuje broń jądrowa. Wobec zagrożenia proliferacją dostawcy jądrowi powinni zatem przemyśleć swoją politykę wobec państw z Bliskiego Wschodu i innych niebezpiecznych rejonów aspirujących do rozwoju programu atomowego, tak by ograniczyć ich ambicje do kontrolowania całego cyklu paliwowego.

---

<sup>31</sup> *Ibidem*, s. 93.

<sup>32</sup> *Ibidem*, s. 94.

### 10.3. Idea pokojowego wykorzystania energii jądrowej a ewolucja reżimu nieproliferaacji

Wraz z rozwojem EJ pozostawienie jedynie w gestii państw prac nad programami atomowymi groziło niekontrolowaną proliferacją. Należało więc oddać programy jądrowe pod międzynarodową kontrolę. 15 listopada 1945 roku przedstawiciele trzech państw, które współpracowały przy budowie bomby atomowej, to jest prezydent Stanów Zjednoczonych Harry Truman, premier Wielkiej Brytanii Clement Attlee oraz premier Kanady Mackenzie King, podpisali pierwszą na świecie deklarację w sprawie pokojowego wykorzystania energii atomowej, tak zwaną deklarację waszyngtońską, która przewidywała podzielenie się na zasadzie pełnej wzajemności z innymi państwami informacjami dotyczącymi pokojowego zastosowania energii jądrowej, jak również sugerowała ONZ utworzenie specjalnej komisji do opracowania systemu międzynarodowej kontroli energii jądrowej<sup>33</sup>.

W styczniu 1946 roku ONZ powołała Komisję Energii Atomowej (UN Atomic Energy Commission, UNAEC), aby stworzyć światowe forum do kontroli pokojowego wykorzystania energii atomowej. W pracach uczestniczyli członkowie Rady Bezpieczeństwa ONZ oraz Kanada. 13 czerwca 1946 roku został przedłożony Komisji Energii Atomowej ONZ przez przedstawiciela Stanów Zjednoczonych Bernarda Barucha projekt utworzenia specjalnego urzędu w celu międzynarodowej kontroli wykorzystania energii jądrowej. Składał się on z 14 punktów charakteryzujących uprawnienia Międzynarodowego Urzędu Rozwoju Energii Jądrowej (International Office for Atomic Development), między innymi kontrolowanie na całym świecie nie tylko wytwarzania energii jądrowej, ale także kopalnictwa rud uranowych<sup>34</sup>. Zakładał on całkowite zaprzestanie produkcji broni jądrowej pod warunkiem zniesienia prawa weta mocarstw w Radzie Bezpieczeństwa ONZ przy powoływaniu wspomnianego urzędu do spraw energii jądrowej. Plan Barucha oparty był na idei powołania niezależnej międzynarodowej instytucji kontrolującej narodowe programy atomowe i wszelkie materiały rozszczepialne. Nowa agencja międzynarodowa miała także licencjonować oraz przeprowadzać inspekcje obejmujące wszelkie działania związane z energią atomową do celów cywilnych. Plan Barucha został

---

<sup>33</sup> *Declaration on Atomic Bomb by President Truman and Prime Ministers Attlee and King*, Washington, 15<sup>th</sup> November 1945, Nuclear Age Peace Foundation, [http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/nuclear-energy/history/dec-truma-atlee-king\\_1945-11-15.htm](http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/nuclear-energy/history/dec-truma-atlee-king_1945-11-15.htm) (dostęp: 15.05.2015).

<sup>34</sup> *The Baruch Plan*, Presented to the United Nations Atomic Energy Commission, 14<sup>th</sup> June 1946, <http://www.atomicarchive.com/Docs/Deterrence/BaruchPlan.shtml> (dostęp: 25.05.2015).

jednak odrzucony przez Związek Radziecki jako sprzeczny z suwerennością państw członkowskich ONZ. Nasilająca się zimna wojna między Wschodem a Zachodem uniemożliwiła bliższą współpracę między Stanami Zjednoczonymi i Związkiem Radzieckim. W rezultacie po czterech latach działalności UNAEC w 1952 roku nastąpiło jej rozwiązanie<sup>35</sup>.

### 10.3.1. „Atom dla pokoju”

Impulsem do upowszechnienia EJ na świecie była inicjatywa prezydenta Stanów Zjednoczonych Dwighta Davida Eisenhowera, ogłoszona 8 grudnia 1953 roku w przemówieniu przed Zgromadzeniem Ogólnym ONZ. Prezydent zapowiedział nowy kierunek polityki USA, dotyczący dalszego rozwoju i wykorzystania energii jądrowej, określanej jako „Atom dla pokoju”<sup>36</sup>. Inicjatywa zakładała pokojowe wykorzystanie EJ w ramach międzynarodowej współpracy w celu wytwarzania energii elektrycznej w tych częściach świata, gdzie jej brakuje. Postulował też utworzenie międzynarodowej agencji zajmującej się wykorzystaniem programu „Atom dla pokoju”. Deklaracja amerykańskiego prezydenta uruchomiła liczne ambitne plany pokojowego wykorzystania energii jądrowej zarówno w samych Stanach Zjednoczonych (programy dotyczące wykorzystania energii jądrowej do napędu okrętów, statków, samolotów, raket i in.), jak i w innych państwach świata. W rezultacie podpisano liczne dwustronne umowy dotyczące udostępniania przez USA innym krajom materiałów i technologii jądrowych do zastosowań cywilnych (m.in. Indiom, Irakowi, RPA), a amerykańskie laboratoria rozpoczęły szkolenia naukowców w technologii przetwarzania paliwa jądrowego<sup>37</sup>.

### 10.3.2. MAEA

W celu kontroli i ograniczenia ryzyka proliferacji ONZ w 1957 roku powołała Międzynarodową Agencję Energii Atomowej, MAEA (International Atomic Energy Agency, IAEA), z siedzibą w Wiedniu, tak by jednocześnie upowszechnić energię jądrową w krajach rozwijających się o niedoborze energii i ustanowić

---

<sup>35</sup> IAEA turns 40, Supplement to the IAEA Bulletin, September 1997.

<sup>36</sup> Zaproponował, by „zabrać broń jądrową z rąk żołnierzy i zaadaptować do celów pokojowych”. D.D. Eisenhower, *Atoms for Peace Speech*, International Atomic Energy Agency (IAEA), <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech> (dostęp: 15.05.2015).

<sup>37</sup> V. Gilinsky, *Nuclear Power, Nuclear Weapons – Clarifying the Links* [w:] H.D. Sokolski (red.), *Moving Beyond Pretense: Nuclear Power and Nonproliferation*, The Strategic Studies Institute Publications Office, United States Army War College, June 2014, s. 120.

system zabezpieczeń zapewniający, że kraje nie użyją pokojowej pomocy do celów wojskowych<sup>38</sup>. Statut został przyjęty przez 81 państw na konferencji międzynarodowej w Nowym Jorku 26 października 1956 roku i wszedł w życie 29 lipca 1957 roku (w marcu 2015 r. MAEA liczyła 164 państw członkowskich). Zgodnie ze statutem celem MAEA (autonomicznej, wyspecjalizowanej agencji NZ) jest przyspieszenie i zwiększenie wkładu energii atomowej w pokój, zdrowie i dobrobyt na całym świecie. Działalność MAEA obejmuje współpracę w zakresie pokojowego wykorzystania energii jądrowej – w tym badawczo-rozwojowej i naukowej oraz technicznej – do produkcji elektryczności. MAEA kontroluje obrót wzbogaconym uranem oraz technologiami niezbędnymi do jego uzyskania w celach zapewnienia bezpieczeństwa jego produkcji, użytkowania, przetwarzania oraz rozpowszechniania<sup>39</sup>. Agencja wspiera ustanawianie standardów bezpieczeństwa dotyczących instalacji nuklearnych, materiałów radioaktywnych i odpadów radioaktywnych. Szczególną uwagę zwraca na zapobieganie aktom terroryzmu lub sabotażu oraz kontroli i weryfikacji użytkowania materiałów i instalacji<sup>40</sup>. W tym ostatnim obszarze działalność MAEA opiera się na gwarancjach i weryfikacji: na mocy porozumień o środkach zabezpieczających (*Safeguards Agreements*) przewidzianych w traktacie o nieprolifracji broni jądrowej NPT<sup>41</sup>. Inspektorzy MAEA przeprowadzają kontrole obiektów nuklearnych i innych w celu zweryfikowania, czy materiały i działania nuklearne nie służą celom militarnym i czy nie dochodzi do rozprzestrzeniania się broni jądrowej<sup>42</sup>. Rada Gubernatorów MAEA może wezwać do usunięcia nieprawidłowości oraz zgłosić takie przypadki Radzie Bezpieczeństwa i Zgromadzeniu Ogólnemu ONZ. W praktyce jednak wysiłki,

---

<sup>38</sup> MAEA utrzymuje też biura w Genewie (Szwajcaria), Nowym Jorku (USA), Toronto (Kanada) i Tokio (Japonia).

<sup>39</sup> Wzbogacony uran uzyskuje się w procesie rozdzielania izotopów. Stanowi on materiał niezbędny do uruchomienia reaktora jądrowego czy wytworzenia broni jądrowej. Do wytwarzania energii elektrycznej konieczne jest wzbogacenie naturalnego uranu do wartości 2–5% izotopu U-235, do celów zaś wojskowych potrzeba uranu wzbogaconego do 90%. Do celów medycznych używa się uranu wzbogaconego do 20%. Obecnie na skalę przemysłową są stosowane trzy metody wzbogacania uranu: wirówkowa, dyfuzji gazowej i dyszowa. *Wędrowki uranu*, „Poznaj Atom”, 28 stycznia 2013, [http://poznajatom.pl/poznaj\\_atom/wedrowki\\_uranu,436](http://poznajatom.pl/poznaj_atom/wedrowki_uranu,436) (dostęp: 15.05.2015).

<sup>40</sup> Podobną rolę odgrywa OECD NEA (Nuclear Energy Agency) dla krajów członkowskich.

<sup>41</sup> Zabezpieczenia to działania na szczeblu globalnym, regionalnym i krajowym, przewidziane traktatem NPT w celu skutecznego zabezpieczenia materiałów jądrowych w kontekście efektywnego zapobieżenia rozprzestrzenianiu się broni jądrowej.

<sup>42</sup> Ramy prawne zabezpieczeń MAEA (*IAEA Safeguards Legal Framework*) są różnorodne i składają się z kilku elementów: statutu MAEA; zobowiązań państw w związku z uzgodnieniami w sprawie dostaw na mocy traktatu NPT i innych umów; podstawowych dokumentów zabezpieczeń; w tym porozumień o zabezpieczeniach, protokołów i ustaleń dodatkowych, a także decyzji i praktyk Rady Gubernatorów MAEA.

żeby poddać cywilną energię nuklearną międzynarodowej kontroli, ograniczając się głównie do inspekcji MAEA. W ocenie ekspertów działania agencji są w dużej mierze nieskuteczne.

### 10.3.3. NPT

Dekadę później idea Eisenhowera „Atom dla pokoju” została skodyfikowana w *Traktacie o nieprolifracji broni jądrowej* (*Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, powszechnie znany jako *Nuclear Non-Proliferation Treaty*, NPT), obligując sygnatariuszy do rezygnacji z broni jądrowej w zamian za dostęp do technologii wykorzystywanej na cele pokojowe<sup>43</sup>. Traktat NPT został podpisany w 1968 roku, a wszedł w życie 5 marca 1970 roku i ma zapobiegać rozprzestrzenianiu się broni jądrowej<sup>44</sup>. Stał się jedną z najważniejszych wielostronnych umów międzynarodowych, regulujących pokojowe wykorzystanie energii nuklearnej. Jego stronami jest obecnie 191 państw (niezwiązane traktatem są: Izrael, Indie i Pakistan, a także Korea Północna – która 10 stycznia 2003 roku jako pierwsze i jedyne państwo ogłosiła wystąpienie z NPT, chociaż nigdy nie wprowadziła w życie jego wymogów – oraz Sudan Południowy), a nad jego przestrzeganiem czuwa MAEA<sup>45</sup>. NPT opiera się na trzech głównych filarach: nieprolifracji (art. I, II), rozbrojeniu (art. VI) i pokojowym wykorzystaniu energii jądrowej (art. IV)<sup>46</sup>. U jego źródeł leży tak zwany wielki kompromis (*Grand Bargain*) między pięcioma państwami nuklearnymi (USA, Rosją, Wielką Brytanią, Francją, Chinami) a nienuklearnymi<sup>47</sup>.

Traktat ten jest najważniejszym prawnie wiążącym międzynarodowym zobowiązaniem, mającym na celu zapobieżenie rozprzestrzenianiu się broni jądrowej i technologii mogących służyć do jej produkcji, oraz fundamentem globalnego reżimu nieprolifracji stanowiącego konglomerat różnych instytucji, traktatów, prawodawstwa i regulacji wewnątrzpaństwowych oraz

---

<sup>43</sup> *Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej*, sporządzony w Moskwie, Waszyngtonie i Londynie dnia 1 lipca 1968 r., Dz.U. 1970 nr 8 poz. 60.

<sup>44</sup> Pierwotnie miał obowiązywać 25 lat, ale Konferencja Przeglądowa i Przedłużająca w 1995 r. (NPT Review and Extension Conference) nadała mu charakter bezterminowy.

<sup>45</sup> KRLD wycofała się z NPT 10 stycznia 2003 r.

<sup>46</sup> Artykuł I traktatu zobowiązuje sygnatariuszy będących mocarstwami nuklearnymi do nieprzekazywania, pośrednio bądź bezpośrednio, i niepomagania innym państwom w pozyskaniu broni jądrowej. Artykuł II zobowiązuje sygnatariuszy niebędących mocarstwami nuklearnymi do nieprodukcowania i niestrania się o pozyskanie broni jądrowej.

<sup>47</sup> NPT dzieli państwa na dwie grupy: te, które dokonały prób z bronią jądrową przed 1 stycznia 1967 r., zwane „państwami nuklearnymi” (Stany Zjednoczone, Federacja Rosyjska, Chiny, Francja i Wielka Brytania), oraz te, które prób nie przeprowadziły, zwane „państwami nienuklearnymi”.

nieformalnych ustaleń między państwami<sup>48</sup>. Układ opiera się na założeniu nieproliferaacji, czyli nierozprzestrzenianiu broni na terenie państw nienuklearnych, ale również materiałów rozszczepialnych, informacji oraz technologii jądrowych mogących mieć zastosowanie do jej budowy. Państwa posiadające broń i technologie jądrowe o wojskowym zastosowaniu (*Nuclear Weapon States*) zobowiązują się do ich nieprzekazywania, państwa zaś nieposiadające takich technologii zobowiązują się do nieubiegania o nie (*Non-Nuclear Weapon States*). W zamian państwa nienuklearne otrzymują pomoc w celu pokojowego wykorzystania energii i technologii nuklearnych, w tym między innymi do wytwarzania energii elektrycznej czy napędu statków. MAEA czuwa, by państwa nienuklearne przestrzegały swych zobowiązań, a sygnatariusze są zobowiązani do współpracy z MAEA przy weryfikacji stosowania się do NPT. Państwa strony NPT, które mają aspiracje wykorzystania EJ do celów pokojowych, zobowiązują się do zawarcia odpowiednich porozumień obejmujących system środków zabezpieczających MAEA, aby nie dopuścić do przekształcenia energii jądrowej przeznaczonej do celów pokojowych w broń jądrową lub inne jądrowe urządzenia wybuchowe. Protokoły dodatkowe rozszerzają prerogatywy inspekcji MAEA wobec państw będących stronami NPT<sup>49</sup>. W ramach systemu zabezpieczeń MAEA użytkownicy są zobowiązani do prowadzenia ewidencji materiałowej (*State System for Accounting for and Control of Nuclear Material*), przekazywania niezbędnych informacji w postaci podstawowych opisów technicznych instalacji jądrowych, jak również określonych raportów, oraz do umożliwienia przeprowadzania inspekcji na miejscu<sup>50</sup>.

---

<sup>48</sup> Reżim nieproliferaacji jest rozbudowanym systemem wielostronnych struktur kooperacji składającym się ze zróżnicowanych elementów m.in.: traktatów; instytucji (MAEA), porozumień na temat powstania stref bezatomowych, gwarancji dla sygnatariuszy NPT czy procedur kontroli eksportu materiałów rozszczepialnych i technologii nuklearnych. Zob. R. Fiedler, *Iran a reżim nieproliferaacji broni jądrowej. Dylematy i wyzwania*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Nauk Politycznych i Dziennikarstwa Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 2013, s. 51.

<sup>49</sup> Zobowiązują do udzielania informacji o działalności badawczo-rozwojowej dotyczącej: jądrowego cyklu paliwowego, działalności eksploatacyjnej instalacji jądrowych, wydobycia rudy, materiałów wyjściowych kwalifikujących je do wytwarzania paliwa, materiałów wyłączonych spod zabezpieczeń (np. do zastosowań niejądrowych), a także informacji o odpadach promieniotwórczych. Istotne miejsce w ramach reżimu nieproliferaacji jądrowej zajmują *Traktat o całkowitym zakazie prób z bronią jądrową (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty, CTBT)* oraz negocjowany *Traktat o zakazie produkcji materiałów rozszczepialnych dla celów wojskowych (Treaty Banning the Production of Fissile Material for Nuclear Weapons or Other Nuclear Explosive Devices, FMCT)*. Obecnie toczą się nieformalne dyskusje dotyczące: celów traktatu, jego zakresu i definicji, produkcji materiałów rozszczepialnych do celów pokojowych oraz roli MAEA.

<sup>50</sup> J. Durkalec, A. Kacprzyk, M.A. Piotrowski, *Konferencja Przeglądowa Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (NPT) w 2015 roku. Nowy kompromis lub ryzyko erozji*, Raport PISM, kwiecień 2015, s. 8.



### 10.3.4. Reżimy kontrolne i polityczne inicjatywy nieprolifracji

Specyficzną formę współpracy międzynarodowej w dziedzinie ograniczenia dostępu do technologii jądrowych stanowią tak zwane reżimy kontroli eksportu materiałów rozszczepialnych i technologii nuklearnych. Mają one na celu ustanawianie standardów eksportu oraz zwiększenie przejrzystości obrotu dobrami kontrolowanymi, promując odpowiedzialność w handlu materiałami i technologiami podwójnego zastosowania, a tym samym przyczyniając się do regionalnego i międzynarodowego bezpieczeństwa. W ich ramach państwa uzgadniają na zasadzie konsensusu politycznie wiążące reguły, które powinny być stosowane w narodowych politykach kontroli eksportu. Państwa uczestniczące w reżimach kontrolnych prowadzą stałą wymianę informacji, koordynują swoje polityki kontroli eksportu. Reżimy ustanawiają listy kontrolne zawierające wykazy towarów podwójnego zastosowania, które należy objąć kontrolą ze względu na zagrożenie, jakie mógłby spowodować ich niekontrolowany transfer. Reżimy znajdują swoje umocowanie w art. III.2 NPT i mają nieformalny charakter, są oparte na niewiążących porozumieniach międzynarodowych. Należą do nich między innymi grupa dostawców jądrowych, komitet Zanggera czy grupa wiedeńska.

NSG. Szczególne zadania w zapobieganiu rozprzestrzeniania ciąży na grupie dostawców jądrowych (Nuclear Suppliers Group, NSG). Ta nieformalna grupa została powołana w 1975 roku w odpowiedzi na indyjski test jądrowy z użyciem plutonu z reaktora CIRUS w 1974 roku, demonstrujący, że technologia jądrowa transferowana w celach pokojowych do kraju, który nie posiada broni jądrowej, może być użyta do jej wytworzenia<sup>51</sup>. Głównym celem NSG jest kontrola eksportu przez nałożenie ograniczeń na sprzedaż „wrażliwych” technologii (nazwanych w raporcie Achesona-Lilienthala niebezpiecznymi)<sup>52</sup>. W latach 70. XX wieku Francja i Niemcy szykowały się do sprzedaży zakładów przetwarzania paliwa do Pakistanu, Korei Południowej, Tajwanu i Brazylii, ale Stany Zjednoczone zablokowały te działania. We wrześniu 1975 roku sekretarz stanu Henry Kissinger przed ZO ONZ powiedział, że „największe niepokojone niebezpieczeństwo rozprzestrzeniania broni jądrowej polega na rozprzestrzenianiu się zakładów przetwarzania paliwa pozostających pod narodową kontrolą”<sup>53</sup>. W 1976 roku prezydent USA Gerald Ford rozpoczął badania nad zagrożeniami proliferacji programów atomowych i czynnikami, które mogą się przyczynić do rozprzestrzeniania. W październiku 1976 roku stwierdził, że „ten sam pluton wyprodukowany w elektrowniach jądrowych może (po separacji)

<sup>51</sup> NSG zrzesza 46 państw i reguluje handel technologiami jądrowymi.

<sup>52</sup> *Nuclear Suppliers Group*, [www.nuclearsuppliersgroup.org](http://www.nuclearsuppliersgroup.org) (dostęp: 25.09.2015).

<sup>53</sup> V. Gilinsky, *op. cit.*, s. 123–124.

być również wykorzystywany do produkcji jądrowych materiałów wybuchowych”<sup>54</sup>. Ford uważał, że „przetwarzanie i recykling plutonu nie powinny mieć miejsca, dopóki społeczność międzynarodowa skutecznie nie zapobiegnie ryzyku proliferacji”. Argumentował, że „uniknięcie rozprzestrzeniania musi mieć pierwszeństwo przed interesami gospodarczymi”<sup>55</sup>. Główni dostawcy materiałów jądrowych i innych materiałów do reaktorów jądrowych, sprzętu i technologii, będący członkami komitetu Zanggera (*Zangger Committee*), oraz państwa niebędące stroną NPT podzielali przekonanie, że należy uzgodnić warunki dostaw tak, aby nie przyczyniały się one do proliferacji jądrowej<sup>56</sup>.

NSG definiuje towary znajdujące się w wykazie (na listach kontrolnych) materiałów i technologii podwójnego zastosowania<sup>57</sup>. Państwa członkowskie NSG mają obowiązek stosowania przyjętych przez grupę wytycznych, określających zasady transferu i kontroli eksportu materiałów jądrowych i podwójnego zastosowania w celu ograniczenia ryzyka nielegalnego handlu<sup>58</sup>. W 1992 roku NSG przyjęła wymóg tak zwanych wzmocnionych zabezpieczeń (*full-scope safeguards*) MAEA jako warunku dostaw dla kontrahentów, co zostało następnie przyjęte przez Konferencję Przeglądu i Przedłużenia Układu NPT w 1995 roku. NSG tworzy zatem ramy dialogu, dzięki któremu eksport technologii nuklearnej lub towarów podwójnego zastosowania nie będzie służył rozprzestrzenianiu broni jądrowej. NSG rozważa ustanowienie wymogu przyjęcia protokołu dodatkowego do porozumienia o zabezpieczeniach do układu NPT jako warunku dostaw jądrowych.

**Wiedeńska grupa dziesięciu.** Została powołana w 1980 roku i składa się obecnie z 11 państw: Australii, Austrii, Danii, Finlandii, Holandii, Irlandii, Kanady, Norwegii, Nowej Zelandii, Szwecji i Węgier. Grupa promuje kooperację

---

<sup>54</sup> *Ibidem*, s. 124.

<sup>55</sup> *Ibidem*.

<sup>56</sup> Komitet Zanggera ma 36 członków i powstał w rezultacie spotkań przedstawicieli 15 państw w latach 1971–1974 pod przewodnictwem Clauda Zanggera celem zdefiniowania sprzętu lub materiałów stosowanych do użycia lub produkcji materiału rozszczepialnego oraz warunków ich eksportu. Listy progowe (*Trigger List*) przewidują trzy warunki dostaw: gwarancję niejądrowego państwa importowego dotyczące nieprzekazywania eksportowanych dóbr do budowy broni jądrowej, stosowanie zabezpieczeń MAEA przez to państwo oraz ich wykorzystywanie w przypadku reeksportu.

<sup>57</sup> NSG i komitet Zanggera różnią się co do zakresu list kontrolnych oraz warunków dostaw.

<sup>58</sup> Wytyczne wraz z listami kontrolnymi składają się z dwóch części: dotyczącej eksportu materiałów, sprzętu i technologii jądrowych z 1978 r. (*Guidelines for Nuclear Transfers* – obejmuje listy progowe komitetu Zanggera) – wymagającej gwarancji rządowej, że dana dostawa nie zostanie przekazana do cyklu paliwa jądrowego lub działań jądrowych – oraz wypracowanej w 1992 r. na spotkaniu NSG w Warszawie (tzw. *Warsaw Guidelines*) listy obejmującej eksport dóbr i technologii podwójnego zastosowania (*Guidelines for Transfers of Nuclear-Related Dual-Use Equipment, Materials, Software, and Related Technology*). Zob. *NSG Guidelines*, <http://www.nuclearsuppliersgroup.org/en/guidelines> (dostęp: 22.09.2015).

w zakresie pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Zaznacza przy tym, że warunkiem takiej współpracy jest wzmocnienie i respektowanie reżimu nieproliferacyjnego oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa jądrowego. Grupa wzywa w związku z tym do: wprowadzenia w życie układu CTBT, przyjęcia uniwersalnego standardu weryfikacyjnego w postaci porozumienia całościowego i protokołu dodatkowego NPT, wzmocnienia środków kontroli eksportu oraz powszechnego przystąpienia do porozumień, takich jak konwencja o bezpieczeństwie jądrowym<sup>59</sup>.

**Wielostronne inicjatywy polityczne.** Uzupełniają wysiłki społeczności międzynarodowej na rzecz przeciwdziałania proliferacji, mając wpływ na cywilny wymiar współpracy jądrowej. Przykładem jest nieformalna inicjatywa na rzecz kontroli technologii jądrowych, zgłoszona w maju 2003 roku w Krakowie przez prezydenta G. Busha („inicjatywa krakowska”) przeciwko proliferacji (*Proliferation Security Initiative*, PSI). W pracach PSI uczestniczy 20 państw (w tym Polska), a na płaszczyźnie politycznej popiera ją ponad 90 krajów. Wysiłki PSI idą w kierunku kontroli eksportu i zasad zwalczania przemytu towarów podwójnego zastosowania, a także współpracy służb specjalnych. Innym przykładem jest ogłoszona w 2006 roku globalna inicjatywa zwalczania terroryzmu nuklearnego (*Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism*, GICNT)<sup>60</sup> oraz funkcjonująca od 2010 roku inicjatywa na rzecz nieproliferacji i rozbrojenia (*Non-Proliferation and Disarmament Initiative*, NPDI)<sup>61</sup>, a także tak zwany Komitet 1540, pomocnicze ciało Rady Bezpieczeństwa ONZ<sup>62</sup>.

Istotną rolę w przyspieszeniu rozwoju i wdrażania zaawansowanych technologii cyklu paliwa jądrowego odgrywają – zapewniając jednocześnie ograniczenie rozprzestrzeniania broni jądrowej – Międzynarodowe Ramy Współpracy dla Rozwoju Energetyki Jądrowej (*International Framework for Nuclear Energy Cooperation*, IFNEC – dawniej Globalne Partnerstwo w zakresie Energii

---

<sup>59</sup> Ocenie realizacji zobowiązań wynikających z traktatu służą konferencje przeglądowe (*NPT Review Conference*, RevCon), które od 1975 r. odbywają się co pięć lat w Nowym Jorku. Zadaniem konferencji jest również rekomendowanie środków dalszego wzmocnienia i implementacji zapisów traktatu, za: J. Durkalec, A. Kacprzyk, M.A. Piotrowski, *op. cit.*, s. 29.

<sup>60</sup> Partnerstwo 86 krajów ustanawiające zestaw zasad bezpieczeństwa jądrowego w zakresie przeciwdziałania, zapobiegania, wykrywania i reagowania na zagrożenia terroryzmu nuklearnego, <http://www.gicnt.org> (dostęp: 15.10.2015).

<sup>61</sup> NPDI dąży do wzmocnienia rozbrojenia jądrowego i większej przejrzystości w sposobie, w jaki kraje posiadające broń jądrową wypełniają zobowiązania rozbrojeniowe.

<sup>62</sup> W kwietniu 2004 r. Rada Bezpieczeństwa ONZ uchwaliła Rezolucję nr 1540, która określiła globalne podstawy odnośnie do środków zapobiegających proliferacji, w tym wymóg kryminalizacji proliferacji, ustanowienia ścisłych kontroli wywozowych i zabezpieczenia wszelkich wrażliwych materiałów na swoim terytorium. Rezolucja Rady Bezpieczeństwa ONZ nr 1887 z 2009 r. nakreśla z kolei program kroków zabezpieczających proliferację wrażliwych materiałów nuklearnych na świecie, w tym wobec zagrożeń terroryzmu.

Jądrowej (*Global Nuclear Energy Partnership*, GNEP). IFNEC to organizacja międzyrządowa utworzona w 2010 roku z inicjatywy Stanów Zjednoczonych, której celem jest opracowanie w pełni zamkniętego cyklu paliwowego<sup>63</sup>. Organizacja rozwija program międzynarodowej współpracy na rzecz pokojowego wykorzystania energii jądrowej, umożliwiając współpracę ośrodków naukowo-badawczych, w tym badania nad nowatorskimi metodami przerobu wypalonego paliwa, oraz wspiera pomoc przy budowie infrastruktury dla EJ. Zakłada także działania wspólnie z MAEA na rzecz wzmocnionego systemu kontroli materiałów jądrowych.

Wszystkie te inicjatywy potwierdzają skalę międzynarodowego zainteresowania i zaniepokojenia zagrożeniami proliferacji technologii *dual use*. Reżimy kontroli eksportu i inicjatywy polityczne stanowią istotne elementy reżimu nieproliferaacji jądrowej, zmuszają bowiem państwa do wywiązywania się z podjętych zobowiązań, w tym do kierowania się przyjętymi wytycznymi i listami kontrolnymi, między innymi w zakresie dostosowania krajowego ustawodawstwa.

#### 10.4. Kryzys globalnego reżimu nieproliferaacji a eksport cywilnych technologii jądrowych

System norm międzynarodowych nie obejmuje mechanizmu, który by zniechęcał kraje przed transferem wrażliwych technologii jądrowych, a instytucje nieproliferaacji nie ograniczają działań państw członkowskich<sup>64</sup>. Słabością NPT jest to, że poza układem pozostają cztery państwa posiadające siły jądrowe: Indie, Izrael, Pakistan i Korea Północna. Kryzys reżimu NPT pogłębiają:

- nieskuteczność instrumentów, jakimi dysponuje MAEA w wykrywaniu nielegalnych działań państw-stron,
- niekonsekwentna polityka państw grupy NSG,
- militaryzacja instalacji jądrowych i zużytego paliwa.

##### 1) Ograniczoność funkcji kontrolnej MAEA

Liberalne brzmienie NPT (wg art. IV każdy ma dostęp do pokojowego wykorzystania EJ) powoduje, że najważniejsze stało się ograniczenie dostępu do paliwa, a szerzej – umiejętności przetwarzania i wzbogacania materiałów roz-

<sup>63</sup> International Framework for Nuclear Energy Cooperation, <http://www.ifnec.org/Home.aspx> (dostęp: 10.10.2015).

<sup>64</sup> NPT nie był zaprojektowany, by zapobiegać transferom wrażliwych technologii, ale by spowolnić rozprzestrzenianie broni jądrowej.

szczepialnych<sup>65</sup>. NPT gwarantuje otwarty dostęp do technologii nuklearnej, włącznie z pełnym cyklem paliwowym, na podstawie art. IV, który stanowi, że żadne z postanowień traktatu nie godzi w prawo wszystkich państw do pokojowego wykorzystania energii jądrowej:

Żadne z postanowień niniejszego Układu nie może być interpretowane jako naruszające nieodłączne prawo wszystkich Stron Układu do rozwoju badań, produkcji i wykorzystania energii jądrowej dla celów pokojowych [...]. Wszystkie Strony Układu zobowiązują się ułatwiać, w możliwie jak najszerszym zakresie, wymianę wyposażenia, materiałów oraz informacji naukowych i technicznych dotyczących pokojowego wykorzystania energii jądrowej i mają prawo uczestniczyć w tej wymianie<sup>66</sup>.

Nieskrępowany krajowy rozwój pełnego cyklu paliwowego wzmacnia (w sposób bardziej lub mniej uzasadniony) obawy państw przed niekontrolowanym rozprzestrzenieniem wrażliwych technologii.

Dotychczasowe funkcjonowanie reżimu nieprolifracji odkryło jego słabości, w szczególności ograniczenia funkcji kontrolnej MAEA. Niezbywalne prawo do pokojowego wykorzystania energii jądrowej (art. IV NPT) niejednokrotnie używane było jako parawan dla rozwoju programów wojskowych. Działania takie podejmowały między innymi: Korea Północna, Irak, Iran, Libia i Syria (zob. rozdz. 11).

W ciągu najbliższych lat energia jądrowa będzie się prawdopodobnie rozprzestrzeniać na nowe kraje. Będzie to wymagać większych środków kontrolnych, nadzorczych i bezpieczeństwa, w konsekwencji zwiększania budżetu MAEA i zakresu uprawnień<sup>67</sup>. Agencja przewiduje, że do 2030 roku od 10 do 25 nowych krajów uzyska dostęp do EJ. W 2010 roku MAEA przeprowadziła 1750 kontroli, 423 weryfikacje i 142 postępowania uzupełniające<sup>68</sup>. Tymczasem obecne ramy prawne reżimu nieprolifracji opierają się na dobrowolnej współpracy państw członkowskich z inspektorami agencji. Inspektorzy MAEA przypominają bardziej „akwizytorów”, którzy muszą prosić o pozwolenie na wejście do domu, niż policjantów śledczych<sup>69</sup>.

MAEA wymaga głębokich reform, tak aby powstrzymać ryzyko związane z upowszechnieniem cywilnych technologii jądrowych. Tak samo ważne jak wykrycie złamania zasad NPT są konsekwencje, jakie spotkają państwo

---

<sup>65</sup> V. Gilinsky, *op. cit.*, s. 123.

<sup>66</sup> *Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej*, sporządzony w Moskwie, Waszyngtonie i Londynie dnia 1 lipca 1968 r., Dz.U.70.8.60. Zob. Załącznik. *Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej*.

<sup>67</sup> P.S. Roberts, *How Well Will The International Atomic Energy Agency Be Able to Safeguard More Nuclear Materials in More States?* [w:] H.D. Sokolski (red.), *op. cit.*, s. 266.

<sup>68</sup> Jeśli EJ będzie się upowszechniać w nowych krajach i nowych typach obiektów, MAEA będzie musiała wykonać więcej kontroli.

<sup>69</sup> P.S. Roberts, *op. cit.*, s. 280–281.

po wykryciu naruszeń. ONZ musi być zdolne do szybkiej reakcji po tym, gdy złamanie zasad zostanie ujawnione. W lipcu 2011 roku dyrektor generalny MAEA ds. środków ochronnych Herman Nackaerts powiedział, że: „system zabezpieczeń nie spełniał swojego podstawowego celu, tzn. wykrycia działań, które niosą potencjalnie ryzyko proliferacji, jak te podjęte przez Irak, Libię, Syrię i Iran”<sup>70</sup>.

Obecne kompetencje MAEA do przeprowadzenia inspekcji nie są wystarczające, by na czas ostrzec inne kraje przed ryzykiem produkcji bomby<sup>71</sup>. MAEA nie jest zdolna do wykrycia wystarczająco wcześnie tajnych zakładów lub instalacji, tak by inni członkowie NPT mogli zapobiec wytworzeniu broni nuklearnej<sup>72</sup>. Czynniki świadczące o tym, że w kraju może być prowadzony wojskowy program nuklearny, są następujące<sup>73</sup>:

- kraj zaprzecza, że istnieje program nuklearny, lub w sposób nieuzasadniony opóźnia dostęp do kontrolowanych obiektów inspektorom MAEA i/lub nie w pełni z nią współpracuje,
- w kraju odbywa się wzbogacanie lub przetwarzanie paliwa, a kraj nie podpisał protokołu dodatkowego z MAEA,
- kraj gromadzi zapasy uranu U-235 wzbogaconego powyżej 5%,
- wojskowy establishment jest bezpośrednio lub pośrednio zaangażowany w rozwój pokojowego programu EJ, w tym uczestniczy w procesie zakupów i zamówień publicznych,
- w kraju już wcześniej stwierdzono naruszenia i złamanie zobowiązań NPT,
- kraj rozwijał program broni jądrowej w przeszłości,
- kraj publicznie zagroził, że wycofa się z NPT,
- istnieją zasadnicze przesłanki, że państwo nabywa nienuklearne komponenty nuklearnych urządzeń (sprzęt podwójnego zastosowania),
- istnieją dowody na to, że krajowi naukowcy podejmują badania nad wybuchami jądrowymi.

MAEA nie posiada uprawnień do dokonywania inspekcji kontrolnych w dowolnym czasie dowolnej instalacji bez uprzedzenia (nawet jeśli działa na podstawie tak zwanego protokołu dodatkowego do całościowego systemu zabezpieczeń MAEA), wobec czego kraj zobowiązujący się do nieprzetwarzania

---

<sup>70</sup> *Ibidem*, s. 270.

<sup>71</sup> V. Gilinsky, *op. cit.*, s. 123.

<sup>72</sup> H.D. Sokolski, *Underestimated: Our Not So Peaceful Nuclear Future*, Nonproliferation Policy Education Center, 2015, s. 120.

<sup>73</sup> P. Goldschmidt, *Looking Beyond Iran and North Korea for Safeguarding the Foundations of Nuclear Nonproliferation* [w:] H.D. Sokolski (red.), *op. cit.*, s. 311.

lub niewzbogacania paliwa nie może być skutecznie zweryfikowany<sup>74</sup>. Zdolność MAEA do weryfikacji dużych zakładów przetwarzania i wzbogacania jest natomiast ograniczona, stąd trudności z wykryciem modyfikacji procesu produkcyjnego, które pozwalają na wytworzenie bomby<sup>75</sup>. Ustanowienie takiego nieograniczonego prawa kontroli międzynarodowej pozwalałoby jasno wskazać kraje naruszające zobowiązania i poddać je sankcjom<sup>76</sup>. Byłoby to znacznie skuteczniejsze niż to, na co pozwalają obecne regulacje NPT. Istotnym ograniczeniem NPT jest brak skutecznych narzędzi (kar i egzekucji) wywierania presji na państwo w przypadku wykrycia przez MAEA nieprawidłowości. Na forum RB ONZ sankcje często rozbijają się o różne interesy polityczne stałych członków próbujących chronić kraje sojusznicze (np. Chiny blokowały wiele razy przegłosowanie sankcji wobec Iranu, podobnie Rosja wobec Korei Północnej). Zalecane byłoby więc przyjęcie w RB ONZ mechanizmu prawnie wiążących rezolucji, które byłyby automatycznie implementowane w sytuacji wykrycia niezgodności. Wzmocniłoby to legitymizację działań MAEA i zapewniło wsparcie RB NZ w sytuacji, gdy kraj naruszający reżim NPT nie jest gotowy do współpracy.

## 2) Niekonsekwentna polityka państw grupy NSG

Istotnym czynnikiem osłabiającym spójność i skuteczność reżimu NPT jest niekonsekwentna i selektywna polityka poszczególnych krajów NSG – wielu dostawców wspiera globalną ekspansję EJ, chętnie dzieląc się tą technologią z bliskimi sojuszniczymi, nawet jeśli takie transfery mogą wzmocnić lub potencjalnie osłabić międzynarodowy reżim nieprolifracji. Motywem takiego działania są względy ekonomiczne, wynikające z dążenia do rozwoju własnego przemysłu jądrowego. Na przykład Kanada eksportuje reaktory, ponieważ zapotrzebowanie krajowe jest zbyt małe, aby przemysł jądrowy był ekonomiczny<sup>77</sup>. Także porozumienie Francji z Arabią Saudyjską i ZEA jest częściowo motywowane chęcią zapewnienia dostaw ropy za jądrowe *know-how*.

Innym motywem współpracy nuklearnej (eksportu wrażliwych technologii nuklearnych – *Sensitive Nuclear Assistance*) są kryteria geopolityczne. Dostawcy jądrowi transferują technologię jądrową, by wzmocnić sojusz wojskowy ze strategicznie ważnymi krajami (np. Stany Zjednoczone – Indie) i ograniczyć wpływ przeciwnika w regionie (Chiny). Stany Zjednoczone świadomie przekazały technologię cywilną do Indii, by zapewnić równowagę z Chinami, tak samo jak w latach 70. XX wieku posłużono się „kartą chińską” w celu

---

<sup>74</sup> H.D. Sokolski, *op. cit.*, s. 116–117.

<sup>75</sup> *Ibidem*, s. 121.

<sup>76</sup> *Ibidem*, s. 116–117.

<sup>77</sup> M. Fuhrmann, *Atomic Assistance...*, s. 47.

zrównoważenia pozycji ZSRR w Azji). Chiny z kolei pomogły Pakistanowi zbudować i uruchomić zakłady wzbogacania uranu, przekazały wysoko wzbogacony uran wystarczający dla dwóch głowic wraz z projektami konstrukcji ładunku. Czyli to, Chiny wzmocniły Pakistan celem osłabienia Indii, swojego odwiecznego regionalnego rywala<sup>78</sup>.

Dostawcy cywilnych technologii jądrowych deklarują, że rozdzielają wykorzystanie technologii jądrowych do celów cywilnych od współpracy wojskowej i zapewniają o rygorystycznej ocenie rzeczywistych intencji partnera przed jej rozpoczęciem. Zobowiązanie potencjalnych klientów do niewzbogacania uranu lub przetwarzania zużytego paliwa celem ekstrakcji plutonu, a także ratyfikacja protokołu dodatkowego z MAEA mają zapewnić „złoty standard” nieproliferaacji<sup>79</sup>.

W praktyce jednak polityka dostawców jądrowych jest niekonsekwentna, czego dowodzi uchwała NSG podjęta we wrześniu 2008 roku, dotycząca zniesienia embarga na handel z Indiami w sektorze cywilnego wykorzystania technologii jądrowej. Jeszcze w 2007 roku prezydent G.W. Bush zaproponował komercjalizację procesów ponownego przetwarzania paliwa, przedstawiając koncepcję *Global Nuclear Energy Partnership*, której celem było równoczesne rozwiązanie problemów zagospodarowania odpadów i proliferacji, tak by Stany Zjednoczone i inni główni dostawcy jądrowi mogli dostarczyć pełen pakiet usług<sup>80</sup>. Wysiłki te okazały się jednak iluzoryczne, równocześnie bowiem prezydent Bush podpisał (2006) porozumienie USA–Indie, stwierdzając: „Nie rozumiem, jak można być zwolennikiem energetyki jądrowej [...] bez propagowania rozwoju technologicznego przerobu”<sup>81</sup>. Idea Busha – zamknięcie cyklu paliwowego przez reprocessowanie zużytego paliwa – pod nazwą „ramy współpracy międzynarodowej dla energii jądrowej” (*International Framework for Nuclear Energy Cooperation*) była kontynuowana przez administrację Obamy. Wyjątek dla Indii, które przez 40 lat naruszały traktat NPT, znacznie nadwerzężył jednak międzynarodowy reżim nieproliferacji.

Stany Zjednoczone nie są w tych praktykach odosobnione. Francja również ma negatywny wpływ na politykę nierozprzestrzeniania<sup>82</sup>. W latach

---

<sup>78</sup> M. Kroenig, *The Nuclear Renaissance...*, s. 211–212.

<sup>79</sup> Na przykład amerykański Kongres wezwał, by umowy współpracy jądrowej z Arabią Saudyjską były zawierane na takich warunkach.

<sup>80</sup> V. Gilinsky, *op. cit.*, s. 129–130.

<sup>81</sup> *Ibidem*, s. 129–130.

<sup>82</sup> Transfer wiedzy i urządzeń następował m.in. do: Egiptu (1980–1982), Izraela (1956–1965), RPA (1964, 1976), Brazylii (1967), Japonii (1971–1974), Pakistanu (1974–1982), Korei Południowej (1974–1975, 1981), Indii (1965, 1978), Iranu (1975), Tajwanu (1975), Meksyku (1979). Francja uzależniała sprzedaż technologii jądrowej przede wszystkim od deklaracji wykorzystania tych technologii do celów pokojowych oraz zgodnie z zasadami ochrony środowiska naturalnego. Francja oficjalnie nigdy nie pomagała krajowi, który uczestniczył w proliferacji



70. XX wieku ten kraj sprzedał reaktor do Iraku, a jednocześnie oferował sprzedaż technologii jądrowej niektórym reżimom afrykańskim, w tym przywódcy Libii Muammarowi Kaddafiemu<sup>83</sup>. Umowę o współpracy uroczystie podpisano w 2008 roku w Pałacu Elizejskim, wzbudzając falę międzynarodowej krytyki Francji<sup>84</sup>. Francja eksportowała także cywilne technologie jądrowe do Indii (umowy z 2008 i 2010 r. o sprzedaży dwóch reaktorów EPR)<sup>85</sup>. Podobne działania podejmowała Rosja względem Iranu (oraz Indii).

Transfer jądrowego *know-how* do dużej liczby państw może prowadzić do podważania wysiłków nierozprzestrzeniania i stopniowego osłabienia międzynarodowego reżimu nierozprzestrzeniania broni jądrowej. Taka polityka przyczynia się do „rozszczelniania” reżimu NPT. Dostawcy jądrowi argumentują, że odmowa dostaw pokojowych podważałaby zasady NPT, a transfer „pokojowej” technologii jądrowej do krajów nieposiadających broni jądrowej jest bezpieczny, dopóki podlega cywilnej międzynarodowej kontroli. Działania te stanowią jednak głęboką wyrwę w systemie zwalczania proliferacji broni jądrowej. Polityka NSG powinna więc przyjąć odpowiednie zasady i jednolite standardy współpracy jądrowej, które gwarantowałyby powstrzymanie się kraju otrzymującego pomoc od rozwoju własnych zakładów przetwarzania lub wzbogacania paliwa.

---

technologii jądrowych lub używał jej do celów innych niż pokojowe. Ten imperatyw nie zawsze był jednak przestrzegany. W 1978 r. konieczna okazała się silna presja prezydenta Cartera, by zrezygnowano z realizacji projektu zapewnienia Pakistanowi technologii rozdzielania plutonu. W 1975 r. Francja podpisała umowę współpracy z Irakiem o pomocy technicznej przy budowie dużego reaktora badawczego nazwanego Osirak, mimo że Saddam Husajn nie krył swoich intencji i tuż przed jej zawarciem mówił w arabskich mediach, że „jego kraj jest zaangażowany w pierwszą arabską próbę uzbrojenia armii w broń jądrową”, za: T. Młynarski, *Francja – Europa – świat: dyplomacja energetyczna jako narzędzie budowania strategicznego partnerstwa w XXI w.* [w:] M. Chorośnicki, J.J. Węc, A. Czubik, A. Głogowski, I. Krzyżanowska-Skowronek, A. Nitszke, E. Szczepankiewicz-Rudzka, M. Tarnawski (red.), *Nowe strategie na nowy wiek – granice i możliwości integracji regionalnych i globalnych*, Krakowska Oficyna Naukowa „Tekst”, Kraków 2013, s. 669.

<sup>83</sup> *Ibidem*, s. 670.

<sup>84</sup> Francja kategorycznie rozdziela wykorzystanie technologii jądrowych w celach cywilnych od proliferacji w celach wojskowych, ale otwartość na współpracę z nawet nieprzewidywalnymi reżimami i „prozelityzm” technologii atomowych wzbudzają niepokój społeczności międzynarodowej.

<sup>85</sup> Francja hojnie oferuje technologie nuklearne dużej liczbie krajów, ponieważ podkreśla prawo każdego narodu do dostępu do tego „czystego źródła energii”. Silna pozycja francuskich firm z branży EJ, które kontrolują cały cykl paliwowy, sprawia, że mają one znaczny udział w rynku w skali globalnej. Równocześnie Francja silnie oddziela kwestie cywilnego wykorzystania technologii jądrowych od militarnych. Rozwój technologii jądrowej „odpornej na proliferację” był jedną z propozycji, jakie Francja przedstawiła przed rozpoczęciem konferencji przeglądowej *Układu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej* (NPT, 3–28 maja 2010) w Nowym Jorku. W ten sposób Paryż podkreśla konieczność rozróżnienia między odpowiedzialnym a nieodpowiedzialnym handlem jądrowym *know-how*.

### 3) Ryzyko militaryzacji instalacji jądrowych i zużytego paliwa

NPT odegrał istotną rolę w opóźnieniu międzynarodowego rozprzestrzenienia broni jądrowej, aczkolwiek jej skutecznie nie wykluczył, gdyż nie ograniczył transferu wrażliwych technologii jądrowych. Wielu analityków uważa, że powiązanie między pokojowym i wojskowym wykorzystaniem EJ jest bardzo silne, stąd każda pokojowa współpraca jądrowa, taka jak dostarczanie komercyjnych czy naukowo-badawczych reaktorów, może wzmacniać potencjalne ryzyko wykorzystania cywilnych technologii jądrowych do programu broni nuklearnej<sup>86</sup>. Rodzi to dylemat, czy każde suwerenne państwo ma prawo do „dobrodziejstw” atomu. Nawet działania powszechnie uznawane za nieszkodliwe często mogą być problematyczne z punktu widzenia proliferacji, bo prowadzą do rozwoju rodzimej bazy wiedzy, która może zachęcić do skonstruowania broni jądrowej. Niekontrolowany transfer nie musi, ale może, prowadzić do „kaskady proliferacji” technologii podwójnego zastosowania, co wymaga wzmocnienia międzynarodowego nadzoru.

Program cywilnej EJ może służyć do zamaskowania ukrytych celów poprzez umożliwienie legalnego dostępu do nisko wzbogaconego paliwa uranowego. Dostęp do niego zmniejsza wysiłek konieczny do produkcji wysoko wzbogaconego uranu, ograniczając koszty i konieczne instalacje w porównaniu z produkcją takiego paliwa bezpośrednio z rudy uranowej. Od wielu lat największymi wyzwaniem i zagrożeniami w zakresie nieprolifracji dla bezpieczeństwa międzynarodowego są programy nuklearne Korei Północnej i Iranu, aczkolwiek próbę uzbrojenia armii w broń nuklearną z wykorzystaniem cywilnych programów EJ podejmowały w przeszłości: Irak, Libia, Syria, Birma i inne państwa.

Za przykład państwa znajdującego się w orbicie wpływów świata zachodniego, który jest o krok od przekształcenia cywilnego programu EJ w program wojskowy, można uznać Koreę Południową. Kraj ten miał program wojskowy broni atomowej, ale porzucił go w latach 70. XX wieku w zamian za amerykańskie gwarancje bezpieczeństwa. Korea Południowa nie ma zdolności technicznych wzbogacania uranu, ale jest kwestią decyzji politycznej, czy wykorzystując posiadaną infrastrukturę i wiedzę, nie zbudować zakładów wzbogacania paliwa (co znacząco zwiększyłoby ryzyko uruchomienia programu wojskowego). Dotychczas amerykańskie gwarancje bezpieczeństwa i dostaw paliwa skutecznie ograniczały te ambicje. Południowokoreańscy przywódcy świadomie zrezygnowali z samodzielnego wytwarzania paliwa jądrowego, by znaleźć się pod parasolem amerykańskim, a Korea Południowa jest nawet członkiem kilku inicjatyw, które podtrzymują te ograniczenia (np. członkostwo w *US Global Nuclear Energy Partnership Program*). Na konferencji NPT

---

<sup>86</sup> Zob. M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 12.

w 2010 roku potwierdzono, że Korea Południowa nie będzie miała krajowej produkcji paliwa jądrowego i pozostanie zależna od międzynarodowych dostaw wzbogaconego uranu. Dotychczas paliwo jądrowe do południowokoreańskich reaktorów trafiało głównie ze Stanów Zjednoczonych i Francji, ale decydenci polityczni mogą w przyszłości poszukiwać drogi uniezależnienia się od zewnętrznych dostaw paliwa jądrowego ze względu na niekonkurencyjność koreańskiego KEPCO, który nie może sprzedawać reaktorów w ofercie kompleksowej, obejmującej również dostawy i odbiór zużytego paliwa<sup>87</sup>.

Kraje podatne na presję supermocarstw z mniejszym prawdopodobieństwem będą uczestniczyć w transferach technologii jądrowych, gdyż zamiast oferty rozwoju technologii jądrowej wybierają gwarancje bezpieczeństwa ze strony mocarstwa (np. Argentyna i Tajwan, które pod presją Stanów Zjednoczonych zrezygnowały z nabycia wrażliwych technologii)<sup>88</sup>. W 1975 roku Francja zgodziła się na przekazanie Tajwanowi zakładu przetwarzania plutonu i dostarczyła niektóre komponenty. Tajwan zrezygnował jednak z umowy pod wpływem Stanów Zjednoczonych, które zdemontowały już zbudowane instalacje i skonfiskowały komponenty<sup>89</sup>. Także Japonia opanowała proces wzbogacania uranu i ma techniczne możliwości do jego rozwijania, aczkolwiek japońską politykę przez lata charakteryzował „zaangażowany pacyfizm”.

Amerykański prezydent John F. Kennedy stwierdził, że sama myśl o świecie, w którym 20 lub więcej państw mogłoby posiadać broń jądrową, napawa go przerażeniem<sup>90</sup>. Współcześnie MAEA szacuje, że nawet 30 państw można uznać za „wirtualnie nuklearne”, czyli takie, które w ciągu kilku miesięcy mogą przestawić swoje programy jądrowe służące do pozyskiwania energii elektrycznej na cele zbrojeniowe, a zidentyfikowanie tajnego programu budowy broni jądrowej staje się trudniejsze, jeśli w kraju funkcjonuje rozwinięty program EJ<sup>91</sup>. Osobnym problemem jest ryzyko tak zwanego terroryzmu nuklearnego, które rośnie wraz ze zwiększaniem się liczby państw niestabilnych i upadłych<sup>92</sup>.

---

<sup>87</sup> W zamian za odstąpienie od decyzji wzbogacania paliwa jądrowego Stany Zjednoczone zapewniają gwarancje bezpieczeństwa oraz oferują dostęp do technologii reaktora IV generacji.

<sup>88</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 107.

<sup>89</sup> *Ibidem*, s. 198.

<sup>90</sup> *JFK on Nuclear Weapons and Non-Proliferation, Proliferation Analysis November 17, 2003*, <http://carnegieendowment.org/2003/11/17/jfk-on-nuclear-weapons-and-non-proliferation> (dostęp: 15.09.2015); *IAEA Predicts More Nuclear States*, 16<sup>th</sup> October 2006, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/6055984.stm> (dostęp: 15.09.2015); S.D. Sagan, *Nuclear Latency and Nuclear Proliferation* [w:] *Forecasting Nuclear Proliferation in the 21<sup>st</sup> Century*: Vol. 1. *The Role of Theory* (Potter W.C., Mukhatzhanova G., red.), Stanford Security Studies 2010, s. 82–83, [http://iis-db.stanford.edu/pubs/23281/Sagan\\_Latency\\_Potter\\_Volume.pdf](http://iis-db.stanford.edu/pubs/23281/Sagan_Latency_Potter_Volume.pdf) (dostęp: 22.09.2015).

<sup>91</sup> V. Gilinsky, *op. cit.*, s. 128–129.

<sup>92</sup> Zob. M. Chorośnicki, *Terroryzm nuklearny – zagrożenie czy fikcja?* [w:] I. Stawowy-Kawka (red.), *Niemcy, Europa, świat: studia międzynarodowe. Księga pamiątkowa poświęcona*

Trudno bowiem wykluczyć możliwość nielegalnego przekazania materiałów pochodzących z odpadów radioaktywnych (do tzw. brudnej bomby) międzynarodowym organizacjom terrorystycznym. Globalizacja współpracy jądrowej i transfer infrastruktury oraz umożliwienie nabycia materiałów rozszczepialnych, a także przepływ wiedzy w istotny sposób będą zwiększać zagrożenie nuklearnym terroryzmem<sup>93</sup>.

## 10.5. Postulat wzmocnienia reżimu NPT i umiędzynarodowienie cyklu paliwowego

Problem proliferacji w XXI wieku rodzi znacznie większe ryzyko i wyzwania niż dotychczas. Ze względu na rozproszenie wiedzy, materiałów i technologii jądrowych wydaje się wręcz niemożliwe całkowite zapobieżenie proliferacji wrażliwych technologii jądrowych. Niemniej jednak konieczne jest wypracowanie nowych, bardziej elastycznych mechanizmów „kontrolowanej proliferacji” i jednocześnie wzmocnienie operacyjnej zdolności MAEA, tak by zaczęła częściej korzystać z przepisów o „szczególnym prawie kontroli”. Ważne jest zwłaszcza zacieśnienie kontroli eksportu jako kluczowego elementu reżimu nieproliferaacji jądrowej.

Wobec powyższego proponowane polityczne metody ograniczenia ryzyka proliferacji powinny objąć<sup>94</sup>:

- 1) **finansowe i merytoryczne wspieranie działalności MAEA** – uprawnienie kontroli reaktorów i zakładów wzbogacania paliwa jądrowego przez MAEA powinno być rozwinęte i obejmować zezwolenie na stałe monitorowanie zakładów jądrowych, aby zapewnić, że są one używane wyłącznie do celów pokojowych; ponadto w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na inspekcje kontrolerów MAEA kraje powinny zapewnić agencji wystarczające zasoby kadrowe i finansowe do wypełniania jej misji,
- 2) **ściślejszą i odpowiedzialną współpracę dostawców jądrowych (NSG)** – dostawcy jądrowi powinni przyjąć odpowiedzialne praktyki eksportowe, by uniknąć pokusy podważania długoterminowych celów niepro-

---

*Profesorowi Erhardowi Cziomerowi*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2007, s. 325–330.

<sup>93</sup> Al-Kaida rozważała uderzenie samolotu w elektrownię jądrową w Stanach Zjednoczonych jako część ataku z 11 września.

<sup>94</sup> Zob. M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 41.

liferacji w pogoni za zyskiem i krótkoterminowymi korzyściami ekonomicznymi lub politycznymi; powinni oni być szczególnie ostrożni, dostarczając technologię lub *know-how* krajom, które mierzą się z zagrożeniami bezpieczeństwa,

- 3) **uszczelnienie mechanizmów kontroli procesu wzbogacania paliwa jądrowego** – zakaz przekazywania technologii wzbogacania paliwa jądrowego oraz powołanie międzynarodowego konsorcjum zajmującego się dostawami paliwa jądrowego i odbiorem wypalonego paliwa (do i z elektrowni) znacząco zmniejsza ryzyko wykorzystania procesu wzbogacania paliwa uranowego do celów innych niż pokojowe.

Najbardziej kontrowersyjnym problemem jest zgoda państw na wprowadzenie wielonarodowego podejścia do zapewnienia dostaw paliwa jądrowego, co z jednej strony miałoby zwiększyć jego ilość dostępną do pokojowego wykorzystania, a z drugiej zmniejszyć potrzebę budowy samodzielnych, narodowych zdolności wzbogacania uranu i uzyskiwania plutonu. Umieędzynarodowienie cyklu paliwowego byłoby najskuteczniejszym mechanizmem ograniczenia ryzyka proliferacji<sup>95</sup>. Jest to zbieżne z coraz częściej występującą praktyką dostawców jądrowych, którzy zawierają kompleksowe umowy na dostawy, odbiór i przetwarzanie zużytego paliwa. Pozostałe odpady są magazynowane w kraju, w którym zostały wytworzone. W konsekwencji państwa zakupujące paliwo jądrowe ograniczyłyby swój program jądrowy, pod warunkiem że uzyskają wystarczające zapewnienia, iż dostawy paliwa jądrowego zostaną zagwarantowane i nie będzie politycznie motywowanych przerw w dostawach. Dostawcy zobowiązaliby się oferować na warunkach konkurencyjnych usługi cyklu paliwowego krajom, które nie będą posiadać pełni praw własności do tych technologii. W zamian klient zrzeka się możliwości budowy własnych zakładów wzbogacania paliwa oraz zobowiązuje się do przestrzegania międzynarodowych standardów nieprolifracji i pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Na przykład Zjednoczone Emiraty Arabskie w porozumieniu ze Stanami Zjednoczonymi zrezygnowały z dostępu do cyklu paliwowego, ale w serii wstępnych porozumień z innymi krajami (*Memorandum of Understanding*) już nie zawarły takich ograniczeń. W praktyce przekreśla to znaczenie zobowiązań podjętych wobec Stanów Zjednoczonych<sup>96</sup>. ZEA zgodziły się zrezygnować

---

<sup>95</sup> Amerykański Departament Energii (The United States Department of Energy, DOE) pracuje nad koncepcją integracji światowego rynku usług związanych z EJ, w tym wszystkich kwestii dotyczących paliwa.

<sup>96</sup> Ch. Way, *The Politics of Nuclear Renaissance: A Comment* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 157.

z ubiegania się o technologię samodzielnego przetwarzania paliwa, zostawiając sobie jednak otwartą furtkę (klauzula z Jordanią)<sup>97</sup>.

Umiejscowienie cyklu paliwowego w ramach podejścia wielostronnego (*Multilateral Nuclear Approaches*, MNAs) mogłoby nastąpić przez utworzenie kilku konsorcjów – międzynarodowych „banków paliwa jądrowego” (konsorcja z równą współwłasnością i kontrolą wrażliwych technologii produktów na wzór konsorcjum zakładów wzbogacania w Europie Urenco)<sup>98</sup>. Działalność tych banków paliwa byłaby oparta na maksymalnym ograniczeniu dostępu do technologii wzbogacania w zamian za dostawy zainteresowanym państwom gotowego do użycia paliwa do elektrowni. Tego typu „banki paliwa jądrowego”, działające na zasadach komercyjnych i w oderwaniu od interesów politycznych poszczególnych państw, dawałyby prawo udziałowcom do równych zysków, a równocześnie zastrzegały dostęp do wrażliwych technologii (firmy tego typu już działają, np. *European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment* czy *Urenco*)<sup>99</sup>. Wspólne przedsięwzięcia objęłyby zatem zarządzanie centrami wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego. Tego typu rozwiązania mogłyby wpływać na globalny rynek dostaw, czyniąc go bardziej elastycznym, konkurencyjnym i oderwanym od politycznych zależności i interesów, obniżając koszty wzbogacania paliwa i sprzyjając kontroli procesu wzbogacania<sup>100</sup>.

Zwiastunem nowego podejścia jest utworzenie pod koniec sierpnia 2015 roku przez MAEA pierwszego na świecie banku niskowzbogaconego uranu (*Low-Enriched Uranium*, LEU) w Oskemen na terenie północno-wschodniego Kazachstanu – największego na świecie producenta uranu<sup>101</sup>. Będzie

---

<sup>97</sup> Porozumienie ZEA–USA zezwala na renegocjację jego warunków w wypadku gdy inne kraje regionu – takie jak Jordania – nie postępują według uzgodnień dotyczących wzbogacania.

<sup>98</sup> Urenco jest jednym z największych na świecie producentów paliwa dla elektrowni atomowych z udziałem ok. 30% globalnego rynku. Powstało w 1971 r. i obecnie dostarcza paliwo atomowe dla ok. 50 klientów w 18 krajach. Podstawową działalnością konsorcjum jest świadczenie usługi polegającej na wzbogacaniu uranu (metoda wirówkowa) i jego dostawach. W strukturze firmy znajdują się cztery zakłady wzbogacania zlokalizowane w: Wielkiej Brytanii, Niemczech, Holandii i Stanach Zjednoczonych. Urenco jest także właścicielem 50% udziałów w *Enrichment Technology Company Limited* (ETC), spółce *joint venture* z Arewą. Urenco również świadczy usługi dla reaktorów stosowanych do celów medycznych i przemysłowych.

<sup>99</sup> Eurodif (*European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment Consortium*) jest filią francuskiej firmy Areva. W 1973 r. Francja, Belgia, Włochy, Hiszpania i Szwecja utworzyły spółkę akcyjną Eurodif. Szwecja wycofała się z projektu w 1974 r. Zapewnia dostawy uranu do 40 producentów energii jądrowej.

<sup>100</sup> Przykładem nabywcy paliwa jądrowego, całkowicie zależnego od jednego dostawcy, była Ukraina względem Rosji, która wobec sporu o Donbas i okupowany Krym została zmuszona do poszukiwania i znalezienia nowego dostawcy – Westinghouse.

<sup>101</sup> *IAEA and Kazakhstan Agree to Create Nuclear Fuel Bank*, *World Nuclear News*, 27<sup>th</sup> August 2015, <http://www.world-nuclear-news.org/UF-IAEA-and-Kazakhstan-agree-to-create-nu>

to pierwszy tego typu ośrodek pod międzynarodowymi auspicjami. Celem przedsięwzięcia jest zagwarantowanie państwom członkowskim MAEA stabilnych dostaw paliwa jądrowego, co ma zniechęcić kraje rozwijające EJ do podejmowania prac związanych z budową własnych zakładów wzbogacania uranu, nierzadko wykorzystywanego później do wytworzenia broni nuklearnej. Bank LEU MAEA będzie zarządzany przez Kazachstan, ale będzie własnością i znajdzie się pod jurysdykcją MAEA<sup>102</sup>. Prawdopodobnie rozpocznie działanie w 2017 roku i będzie fizycznym zapasem LEU – podstawowego składnika paliwa jądrowego. Bank paliwa ma działać jako dostawca „ostatniego ratunku” dla państw członkowskich MAEA, w przypadku gdy te nie będą mogły zakupić LEU na globalnym rynku lub nabyć go w inny sposób<sup>103</sup>. Kluczową zasadą IAEA LEU Bank (IAEA Low-Enriched Uranium (LEU) Bank) jest zapewnienie dostaw w sytuacji kryzysowej, to znaczy kraj członek MAEA, który nie może otrzymać paliwa z rynku komercyjnego, może poprosić MAEA o dostawę paliwa z banku<sup>104</sup>. Dyrektor Generalny MAEA określi, czy wniosek spełnia kryteria ustanowione przez Radę Gubernatorów MAEA i udostępni paliwo pod warunkiem spełnienia następujących zasad korzystania z banku paliwa uranowego:

- dostawy nisko wzbogaconego uranu do elektrowni jądrowej zostaną przerwane,
- kraj członkowski nie może nabyć paliwa na rynku komercyjnym ani przez umowy bilateralne, ani żadnym innym sposobem,
- kraj członkowski wdroży porozumienie o zabezpieczeniach MAEA,
- kraj członkowski musi również w pełni pokryć koszty uzupełnienia zapasu paliwa uranowego w banku.

Bank nie zakłóci działania rynku komercyjnego, a sposób realizacji dostaw jest prosty<sup>105</sup>. Po zawarciu niezbędnych porozumień o dostawie między krajem członkowskim a MAEA zakład w Kazachstanie przygotowuje wysyłkę cylindrów z niskowzbogaconym uranem do miejsca docelowego, gdzie może on być przetworzony na paliwo. Wymagania MAEA, jakie warunkują dostawy paliwa

---

clear-fuel-bank-27081501.html (dostęp: 22.10.2015). Bank zlokalizowany w zakładach metalurgicznych Ulba (Ulba Metallurgical Plant) został w pełni ufundowany przez dobrowolne składki ofiarodawców, pokrywające koszty jego funkcjonowania przez 10 lat. Fundatorzy banku LEU: UE (25 mln EUR), Kuwejt (10 mln USD), Norwegia (5 mln USD), ZEA (10 mln USD), Nuclear Threat Initiative (50 mln USD), Kazachstan (400 tys. USD) + wkład rzeczowy.

<sup>102</sup> Personel techniczny UMP będzie mógł wejść na jego teren bez zgody MAEA tylko w przypadku sytuacji awaryjnej lub ryzyka wymagającego natychmiastowego działania.

<sup>103</sup> *The IAEA LEU Bank*, MAEA, <https://www.iaea.org/ourwork/leubank> (dostęp: 15.10.2015).

<sup>104</sup> *IAEA and Kazakhstan...*

<sup>105</sup> Zapas LEU ma wartość rynkową trzech wymian paliwa i nie zburzy mechanizmu rynkowego, gdyż corocznie dokonuje się transakcji na poziomie 380 wymian paliwa.

z banku, są znacznie bardziej restrykcyjne niż jakiegokolwiek narodowe wymagania kontroli eksportu czy wskazówki NSG<sup>106</sup>. Uran składowany w banku w Kazachstanie będzie wzbogacony maksymalnie do 4,95% i będzie typowym paliwem do reaktora lekkowodnego (zapas LEU dla banku zostanie zakupiony w procesie otwartego przetargu). Porozumienie o dostawie będzie zawierało wyraźne zastrzeżenie, że uran może być wykorzystany wyłącznie jako paliwo do reaktora energetycznego i nie może zostać użyty do wytworzenia broni jądrowej lub innych urządzeń wybuchowych, a także nie może być – bez zgody MAEA – przetwarzany lub reeksportowany.

Obiekt ten jest postrzegany jako ważny element międzynarodowych wysiłków w celu zapobiegania rozprzestrzenianiu broni jądrowej – jako sposób, by odwieść kraje od budowy zakładów wzbogacania, które mogłyby zostać wykorzystane do oczyszczania uranu do stopnia klasy wojskowej. Były amerykański senator i dyrektor generalny Nuclear Threat Initiative (NTI) Sam Nunn powiedział, że bank LEU „umożliwi i zachęci do pokojowego wykorzystania energii jądrowej, przy jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka proliferacji i zmniejszeniu ryzyka katastrofalnego terroryzmu”<sup>107</sup>. Zastępca sekretarza obrony Andrew Weber, nadzorujący programy ochrony jądrowej, chemicznej i biologicznej Pentagonu, ocenił, że bank ogranicza możliwość rozwoju broni jądrowej przez kraje, gdyż „daje im międzynarodowe, neutralne [źródło – T.M.] niezawodnych dostaw uranu niskowzbogaconego do reaktorów energetycznych, toteż nie muszą one rozwijać własnych zdolności wzbogacania, które mogłyby wykorzystać do produkcji paliwa do broni jądrowej”. Weber uznał, że gdyby bank paliwa istniał 10 lat temu, być może Iran nie musiałby produkować nawet niskowzbogaconego uranu do pokojowego wykorzystania w reaktorach jądrowych, miałby bowiem niezawodne, międzynarodowe dostawy pod auspicjami MAEA. Bank paliwa MAEA, w teorii, mógłby zanegować potrzebę produkcji własnego uranu w przyszłości przez Iran i inne kraje. Dyrektor generalny MAEA Yukiya Amano powiedział, że Iran mógłby w przyszłości zaoferować część swojego zapasu LEU na rzecz banku, zgodnie z porozumieniem z lipca 2015 roku.

IAEA LEU Bank jest częścią globalnych wysiłków na rzecz nieproliferaacji i jako element mechanizmu zabezpieczenia dostaw paliwa wzmacnia odporność jądrowego cyklu paliwowego na proliferację broni jądrowej – co stanowi statutowe zadanie MAEA. Bank jest dobrym rozwiązaniem jako

---

<sup>106</sup> R. Rauf, *From 'Atoms for Peace' to an IAEA Nuclear Fuel Bank*, Arms Control Association, October 2015, [https://www.armscontrol.org/ACT/2015\\_10/Features/From-Atoms-for-Peace-to-an-IAEA-Nuclear-Fuel-Bank](https://www.armscontrol.org/ACT/2015_10/Features/From-Atoms-for-Peace-to-an-IAEA-Nuclear-Fuel-Bank) (dostęp: 15.10.2015). Ilość paliwa składowanego w banku (ok. 90 ton niskowzbogaconego uranu) wystarczy na jednokrotną wymianę paliwa w każdym typie reaktora obecnie dostępnym na rynku, gdyż zapas uranu będzie wzbogacony w różnym zakresie (od 1,60% do 4,95%).

<sup>107</sup> *IAEA and Kazakhstan...*



zabezpieczenie dostaw dla nowych krajów, które planują uruchomienie jednego–dwóch reaktorów i które będą kupować paliwo uranowe na komercyjnym rynku. Inicjatywa ta może stanowić impuls do stworzenia międzynarodowych komercyjnych banków paliwa jądrowego.

Inne mechanizmy zabezpieczenia dostaw to ustanowione przez MAEA na podstawie porozumień fizyczne rezerwy LEU utrzymywane przez Federację Rosyjską w Międzynarodowym Centrum Wzbogacania Uranu w Angarsku (120 ton nisko wzbogaconego uranu) oraz brytyjska gwarancja dostaw usług wzbogacania uranu. Stany Zjednoczone zarządzają własną rezerwą LEU<sup>108</sup>. Łącznie zabezpieczenia te stanowią znaczącą ewolucję nowych ram wykorzystania energii jądrowej, wspierając „niezbywalne prawo” wszystkich państw stron NPT do rozwoju i wykorzystania energii jądrowej w celach pokojowych, wzmacniając środki nierozprzestrzeniania w odniesieniu do wrażliwych części cyklu paliwa jądrowego.

Rezygnacja z własnych zakładów wzbogacania i przetwarzania paliwa w zamian za pomoc technologiczną (*Nuclear Assistance*) z pewnością nie jest panaceum na wszystkie wyzwania związane z udostępnianiem cywilnych technologii energetyki jądrowej. Krytycy postrzegają MNAs jako nieskuteczne, a nawet niebezpieczne. Państwa importujące paliwo uranowe – szczególnie te, które mają bardzo rozbudowaną EJ, jak na przykład Korea Południowa – są krytyczne wobec MNAs, gdyż uważają, że zwiększa to ryzyko upolitycznienia dostaw paliwa jądrowego (kraje z już rozwiniętą cywilną flotą reaktorów wolały być niezależne i preferują samodzielne wytwarzanie paliwa jądrowego – mogą korzystać z istnienia wolnego konkurencyjnego rynku dostaw). MNAs są bardziej właściwe dla krajów z umiarkowaną zależnością od energii jądrowej. Powołanie banków paliwa jądrowego jest także w praktyce uzależnione od woli dostawców, którzy nie zawsze są chętni przyjąć takie rozwiązania ze względów ekonomicznych. Niektórzy dostawcy uzasadniają, że umiędzynarodowienie cyklu paliwowego sprzyjałoby efektywności reżimu NPT, aczkolwiek zmniejszając potencjalne zyski indywidualnych dostawców.

Przemysł jądrowy argumentuje, że cywilne programy jądrowe nie powodują proliferacji, ponieważ są mało prawdopodobnym źródłem materiałów do wytworzenia bomb, ze względu na fakt, iż kraje, które obecnie posiadają broń jądrową, wytworzyły ją w ramach programów wojskowych<sup>109</sup>. Niestety wielu ekspertów wyraża pogląd, że tak nie jest. Jak zauważają Henry D. Sokolski i Victor Gilinsky z Nonproliferation Policy Education Center (Waszyngton),

---

<sup>108</sup> The IAEA LEU Bank, *Assuring a Supply of Low Enriched Uranium (LEU) for Member States*, IAEA 2015. W czerwcu 2015 r. MAEA i Rosja podpisały porozumienie umożliwiające przejazd LEU i sprzętu przez terytorium Rosji do i z MAEA LEU Banku.

<sup>109</sup> H.D. Sokolski, V. Gilinsky, *Serious Rules for Nuclear Power Without Proliferation* [w:] H.D. Sokolski (red.), *op. cit.*, s. 459.

obecnie wszystkie nieposiadające broni jądrowej kraje są członkami NPT. Jeśli jeden z nich zdecyduje się na posiadanie broni jądrowej, będzie musiał wystąpić z NPT lub oszukiwać, w obydwu przypadkach ryzykując przewencyjną odpowiedź militarną, zanim uda mu się zbudować bombę. Taki kraj będzie więc zainteresowany wyłącznie jak najszybszym zbudowaniem bomby, by nie zostać zdemaskowanym. Wówczas instalacje cywilne mogą się okazać przydatne do szybkiego pozyskania materiału do ładunku atomowego. Taki kraj będzie korzystał z istniejącego cywilnego programu EJ, jeżeli środki nadzorcze na to pozwolą lub jeżeli nie są zdolne temu się przeciwstawić. Międzynarodowy reżim kontrolny powinien być zatem bardziej rygorystyczny<sup>110</sup>. Wzmocnienie reżimu NPT powinno zostać oparte na wdrożeniu pewnych zasad, tak aby<sup>111</sup>:

- 1) wycofanie się z NPT było niemożliwe – na przykład przez stworzenie odpowiednich obwarowań prawnych,
- 2) ograniczyć dostęp krajów członkowskich NPT do produkcji materiałów używanych do produkcji broni jądrowej (przez restrykcje technologiczne i umiędzynarodowienie cyklu paliwowego),
- 3) rozszerzyć nadzór i efektywność inspekcji MAEA,
- 4) wdrożyć automatyczną realizację mapy drogowej dla RB w celu zapewnienia większej skuteczności sankcji wobec kraju naruszającego reguły NPT,
- 5) włączyć kraje spoza układu w reżim NPT (Indie, Izrael, Pakistan, Koreę Północną) i zobowiązać je do redukcji arsenałów broni jądrowej (jeśli taką posiadają).

Mimo że wszystkie mocarstwa wzywają do wzmocnienia środków kontroli eksportu technologii *dual use* w ramach powszechnych standardów weryfikacji systemu zabezpieczeń, nie wszystkie państwa (np. Chiny, Rosja) popierają koncepcję wielostronnych cykli paliwa jądrowego. Eksport paliwa jądrowego jest bowiem źródłem znaczących przychodów, toteż przeważają motywy natury finansowej.

---

<sup>110</sup> *Ibidem*, s. 460.

<sup>111</sup> *Ibidem*, s. 467–481.

## Od pokojowej współpracy... do programu wojskowego (analiza przypadków)

Kraje zainteresowane EJ nie są zdolne samodzielnie rozwinąć koniecznych technologii (w szczególności związanych z produkcją paliwa jądrowego) i wymagają pomocy rozwiniętych dostawców jądrowych. Bez posiadania podstawowej bazy technicznej i przemysłowej dla EJ rozwijanie programu wojskowego jest zbyt kosztowne. Po uzyskaniu dostępu do wrażliwej technologii podwójnego zastosowania wzrasta jednak ryzyko, że mogą one być wykorzystane do budowy arsenału jądrowego. Wskazuje na to analiza wybranych przykładów.

### 11.1. RPA: polityczno-wojskowe aspiracje pozyskania broni jądrowej

Przykład Republiki Południowej Afryki (RPA) pokazuje, jak pokojowa współpraca może się przyczynić do rozpoczęcia programu wojskowego w warunkach braku zagrożeń bezpieczeństwa. Amerykańska pomoc dla RPA w zakresie cywilnego programu EJ rozpoczęła się w lipcu 1957 roku. W 1959 roku rząd zatwierdził utworzenie krajowego przemysłu jądrowego i planował rozpoczęcie budowy reaktora badawczego we współpracy ze Stanami Zjednoczonymi w ramach programu „Atom dla pokoju”<sup>1</sup>. Amerykańskie wsparcie obejmowało również dostarczenie wysoko wzbogaconego uranu oraz szkolenia naukowców, co zaowocowało znaczącym postępowaniem technologicznym w dziedzinie energii atomowej, a także rozwinięciem szerokiej kadry naukowej.

---

<sup>1</sup> Duże krajowe zasoby uranu miały wspierać rozwój przemysłowy kraju przez eksport rudy i wytwarzanie elektryczności, a także pomóc pokonać piętno „technologicznej kolonii” Zachodu.

W 1968 roku prezes korporacji energii atomowej (Atomic Energy Board) A.J.A. „Ampie” Roux<sup>2</sup> skłonił ówczesnego premiera Johna Vorstera do finansowania budowy pilotażowego zakładu wzbogacania uranu i silnie lobbował za budową broni atomowej. Reaktor badawczy Safari-1 w Pelindabie w pobliżu Pretorii uzyskał zdolność działania w 1965 roku (mieścił się tam też niewielki zakład – obecnie główne centrum badań nuklearnych w RPA – który przetwarzał niewielkie ilości uranu do klasy wojskowej)<sup>3</sup>. W 1970 roku powstała korporacja wzbogacania uranu (Uranium Enrichment Corporation, UCOR), która rozpoczęła szeroki program całego cyklu wytwórstwa paliwa jądrowego, a także rozwój zdolności broni jądrowej<sup>4</sup>. Zakład wzbogacania uranu oddano do użytku w 1974 roku. Służył on do produkcji paliwa jądrowego w okresie sankcji handlowych. Mimo że pierwszy komercyjny reaktor elektrowni atomowej w RPA rozpoczął działalność dopiero w 1984 roku, już w latach 70. XX wieku prezes Roux lobbował, by premier zgodził się na skonstruowanie ładunku atomowego, gdyż było to technicznie możliwe<sup>5</sup>. Premier Vorster postanowił się zgodzić na program broni jądrowej po części dlatego, że już istniejąca cywilna infrastruktura jądrowa pozwoliła na szybki i skuteczny rozwój tej broni. Posiadając zdolności cywilnej technologii jądrowej, było o wiele łatwiej zdecydować się na uruchomienie programu zastosowań militarnych. W 1977 roku RPA przygotowywała się do testów broni jądrowej, ale zaniechała tego pod presją rosyjsko-amerykańską po wykryciu przez Stany Zjednoczone podziemnej lokalizacji do testowania broni jądrowej na pustyni Kalahari<sup>6</sup>. RPA nie zrezygnowała jednak z pracy nad bronią jądrową, i podejrzewa się, że 22 września 1979 roku przeprowadziła (prawdopodobnie we współpracy z Izraelem) podmorskie testy atomowe na oceanie na południowy wschód od Afryki, zaobserwowane przez amerykańskiego satelitę zwiadowczego<sup>7</sup>.

---

<sup>2</sup> Dr Abraham Johannes Andries („Ampie”) Roux.

<sup>3</sup> Zakład produkcji broni jądrowej został przeniesiony w 1979 r. z Pelindaby do państwowego zakładu zbrojeniowego Armscor w celu rozszerzenia zdolności jądrowych RPA (obecnie Centrum Laboratoryjne ADVENA). *Institute for Science and International Security*, <http://isis-centrum.org/advena-2> (dostęp: 15.06.2015); ADVENA znajduje się 20 km od Pretorii, nadzorowana przez Południowoafrykańską Komisję Energii Atomowej.

<sup>4</sup> *Nuclear Power in South Africa*, WNA, June 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Africa](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Africa) (dostęp: 15.08.2015).

<sup>5</sup> J. Lelyveld, *South Africa Struggles to Build a Nuclear Industry*, „New York Times”, 24<sup>th</sup> June 1981, <http://www.nytimes.com/1981/06/24/world/south-africa-struggles-to-build-a-nuclear-industry.html> (dostęp: 15.06.2015).

<sup>6</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies*, Appendix to Safeguards Information Paper, WNA, May 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Non-Proliferation/Appendices/Nuclear-Proliferation-Case-Studies> (dostęp: 15.06.2015).

<sup>7</sup> P. Liberman, *Israel and the South African Bomb*, „The Nonproliferation Review” 2004, vol. 11, issue 2, s. 56–60; *South Africa Nuclear*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), September 2015, <http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/nuclear> (dostęp: 15.01.2016). Amery-

Ze względu na utajnienie większości materiałów dotyczących tego incydentu trudno jednoznacznie przesądzić o odpowiedzialności tych państw, tym bardziej że powołany wówczas przez administrację prezydenta J. Cartera panel wybitnych ekspertów nie potrafił jednoznacznie ocenić, czy wykryte zjawisko było testem jądrowym. Mimo to z dużą dozą prawdopodobieństwa przypuszcza się, że doszło do próbnej eksplozji nuklearnej<sup>8</sup>.

Naukowcy, którzy zbudowali bombę w RPA, włącznie z szefem programu budowy broni jądrowej, byli szkoleni w Stanach Zjednoczonych w ramach rządowego programu pomocy (*Nuclear Aid Assistance*)<sup>9</sup>. Także francuski rząd nie widział żadnych przeszkód we współpracy z reżimem apartheidu i przyczynił się do rozwoju programu jądrowego w RPA przez podpisanie w 1964 roku umowy o długoterminowych dostawach uranu, a w 1976 roku – umowy dotyczącej budowy dwóch reaktorów<sup>10</sup>. Bez tego wsparcia południowoafrykański program nuklearny nie mógłby się rozwinąć.

W latach 90. XX wieku w zmienionej sytuacji politycznej (koniec zimnej wojny oraz perspektywa rychłego upadku apartheidu) RPA samodzielnie zdecydowała o rezygnacji z posiadania broni jądrowej i zwróciła się do MAEA, by ta zweryfikowała zakończenie programu. W 1991 roku kraj ten przystąpił do NPT oraz zawarł porozumienie o środkach zabezpieczających z MAEA. 24 marca 1993 roku prezydent Frederik Willem de Klerk ogłosił, że RPA produkowała broń nuklearną, ale cały swój arsenał zniszczyła przed 10 lipca 1991 roku, kiedy przystąpiła do NPT. Weryfikacja MAEA wykazała, że w latach 1979–1989 RPA zbudowała, a następnie zdemontowała broń jądrową<sup>11</sup>. W 1995 roku MAEA oświadczyła, że wszystkie materiały zostały rozliczone,

---

kański satelita Vela zarejestrował podwójny rozbłysk światła charakterystyczny dla eksplozji jądrowej (dla ładunku o mocy 2 do 4 kiloton) nad Oceanem Indyjskim w rejonie Wyspy Księcia Edwarda. Amerykańskie CIA, Defense Intelligence Agency oraz Los Alamos National Laboratories, a także Naval Research Laboratory (które wykryło sygnały hydroakustyczne) uważają, że test jądrowy rzeczywiście się odbył. Nie ma jednak na to dowodów, a szczegóły wydarzenia pozostają nadal utajnione. Ponieważ Republika Południowej Afryki do listopada 1979 r. nie posiadała kompletnego urzędnictwa jądrowego z wysokowzbogaconym uranem (HEU) ani wystarczająco dużo materiału rozszczepialnego, by wyprodukować taki ładunek nuklearny, toteż nie mogła samodzielnie przeprowadzić testu. Ekspertki spekulują, że w incydent zaangażowany był Izrael.

<sup>8</sup> L. Weiss, *The 1979 South Atlantic Flash: The Case for an Israeli Nuclear Test*, Center for International Security and Cooperation Stanford University, 2011, [http://www.npolicy.org/article\\_file/The\\_1979\\_South\\_Atlantic\\_Flash\\_\\_The\\_Case\\_for\\_an\\_Israeli\\_Nuclear\\_Test.pdf](http://www.npolicy.org/article_file/The_1979_South_Atlantic_Flash__The_Case_for_an_Israeli_Nuclear_Test.pdf) (dostęp: 15.01.2016).

<sup>9</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*, „International Security” 2009 (Summer), vol. 34, no. 1, s. 15.

<sup>10</sup> M. Schneider, *Nuclear France Abroad: History, Status and Prospects of French Nuclear Activities in Foreign Countries*, Paris 2009, s. 18.

<sup>11</sup> Kiedy przerwano program w 1990 r., piąta bomba była w trakcie konstrukcji.

program wojskowy zakończony, a instalacje zdemontowane. RPA utrzymuje obecnie rozwinięty program cywilnej EJ dostarczającej niemal 6% energii elektrycznej wytwarzanej w tym kraju.

## 11.2. Izraelski program atomowy widmo

Innym przykładem cywilnej współpracy w zakresie EJ, sprzyjającej wytworzeniu broni jądrowej, była francuska „pomoc jądrowa” dla Izraela w latach 1958–1965, która zwiększyła jego zdolność do wytworzenia bomby atomowej znacznie szybciej, niż gdyby Izrael zabiegał o to, opierając się wyłącznie na własnych zasobach (wprawdzie nie była ona wystarczająca, by wytworzyć bombę, ale znacznie się do tego przyczyniła). Francusko-izraelska współpraca w dziedzinie nuklearnej funkcjonowała, zanim ustanowiono NPT (czyli przed rokiem 1968), choć nie zmienia to faktu, że francuscy politycy byli świadomi jej konsekwencji i mieli obawy co do tego, jak zostanie ona odebrana przez społeczność międzynarodową<sup>12</sup>. Mimo to podjęto decyzje o transferze wrażliwych technologii. Stany Zjednoczone były przeciwne proliferacji broni jądrowej do Izraela, Francja natomiast do 1965 roku wspierała transfery technologii. We współpracy Francji i Izraela decydujące okazały się względy strategiczne, ponieważ jednym z motywów Francji było ograniczenie wspólnego dla obydwu krajów przeciwnika – Egiptu.

Po proklamowaniu powstania państwa Izrael w maju 1948 roku została nawiązana bliska współpraca między nim a Francją w zakresie badań jądrowych. Izraelscy naukowcy wizytowali francuskie obiekty w Marcoule, a także zostali zaproszeni do nowo stworzonego ośrodka badań atomowych w Saclay. Był to pierwszy krok do późniejszej współpracy tych państw w dziedzinie energii atomowej. W latach 1950–1960 Francję i Izrael łączyły bardzo bliskie stosunki wzmocnione przez dostawy francuskiej broni<sup>13</sup>.

Po kryzysie sueskim w 1956 roku Izrael zawarł potajemny układ z Francją, dotyczący budowy reaktora atomowego w Dimonie na pustyni Negew. Porozumienie podpisano w 1957 roku. Był to duży reaktor badawczy (24 MWt) zasilany naturalnym uranem, przystosowany do produkcji plutonu klasy wojskowej. Francja miała dostarczyć cztery tony ciężkiej wody do reaktora

---

<sup>12</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb: Technology Transfer and the Spread of Nuclear Weapons*, Cornell University Press, Ithaca–London 2010, s. 108–109.

<sup>13</sup> *Ibidem*, s. 108. Francja i Izrael współpracowały z Wielką Brytanią przeciwko Egiptowi przed interwencją w październiku 1956 r. w Kanale Sueskim. Izrael zwrócił się do Francji z prośbą o pomoc przy budowie reaktora nuklearnego i zorganizował spotkanie z członkami CEA (francuskiej Komisji Energii Atomowej).

i pomóc w budowie zakładu przetwarzania paliwa (zakład przetwarzania plutonu w Dimonie). Francuski premier Guy Mollet miał powiedzieć: „Kiedy mój rząd objął władzę, Izrael poprosił o pomoc. Wypełniłem mój obowiązek jako demokrata i Francuz, dostarczając temu zagrożonemu krajowi uzbrojenia, jakiego potrzebował, by przetrwać”<sup>14</sup>.

W 1958 roku Izrael we współpracy z Francją uruchomił Nuklearne Centrum Badawcze Negew (Negev Nuclear Research Center)<sup>15</sup>. Reaktor atomowy zbudowano pod powierzchnią ziemi, podobnie jak instalację do produkcji plutonu, którą ukończono na przełomie 1964 i 1965 roku (potajemnie wykorzystywano ją do produkcji bomb atomowych)<sup>16</sup>. W 1960 roku Francja wezwała Izrael do poddania ośrodka w Dimonie pod pełną kontrolę międzynarodową, ale Izrael zignorował ten apel i odmówił przeprowadzenia inspekcji międzynarodowych (co wstrzymało francuskie dostawy paliwa i ciężkiej wody)<sup>17</sup>. Reaktor rozpoczął pracę w 1964 roku, a jego moc stopniowo została zwiększona do 70 MWt<sup>18</sup>. Ostatecznie Izrael zobowiązał się do wykorzystywania zakładów jedynie do celów pokojowych oraz zgodził się na przyjmowanie amerykańskich inspekcji raz do roku. Inspekcjom tym, odbywającym się w latach 1962–1967, udostępniono jedynie naziemną część obiektu (w czasie prowadzenia kontroli wejścia do tajnej podziemnej części kompleksu były zamurowywane)<sup>19</sup>.

Nabycie reaktora i związanych z nim technologii miało ma celu przede wszystkim ich wykorzystywanie do produkcji plutonu dla wojska (nie były to zakłady przystosowane do równoległej pracy na potrzeby cywilne i wojskowe). Gdy uruchomiono reaktor w Dimonie, Izrael wytwarzał ciężką wodę tylko w ilościach laboratoryjnych. Zmiana sytuacji geopolitycznej w połowie lat 60. XX wieku, spowodowana zakończeniem wojny algierskiej, przyczyniła się do rewizji polityki Francji, ograniczenia współpracy z Izraelem (tym bardziej

---

<sup>14</sup> M. Kroenig, *The Nuclear Renaissance, Sensitive Nuclear Assistance and Nuclear Weapons Proliferation* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 213.

<sup>15</sup> Nuclear Research Center NEGEV (NRCN), <http://iaec.gov.il> (dostęp: 25.11.2015).

<sup>16</sup> W 1958 r. Wielka Brytania zgodziła się sprzedać Izraelowi 20 ton ciężkiej wody. Ciężka woda to kluczowy składnik do produkcji plutonu, za: *Atomowa pomoc*, BBC, 4 sierpnia 2005, [http://www.bbc.co.uk/polish/worldnews/story/2005/08/050804\\_israel\\_nuclear.shtml](http://www.bbc.co.uk/polish/worldnews/story/2005/08/050804_israel_nuclear.shtml) (dostęp: 22.08.2015).

<sup>17</sup> W 1960 r. Francja zrewidowała umowę i zadecydowała o wstrzymaniu projektu, ale po kilku miesiącach negocjacji osiągnięto porozumienie – Francja zadeklarowała dokończenie prac, jeżeli Izrael obieca nie wykorzystywać reaktora do celów wojskowych oraz ogłosi światu jego istnienie.

<sup>18</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies*, Appendix to Safeguards Information Paper, WNA, May 2015.

<sup>19</sup> A. Shavit, *My Promised Land: The Triumph and Tragedy of Israel*, Spiegel & Graum, New York 2013.

że strategiczne osłabianie Egiptu nie było już dłużej Francji potrzebne). Gdy okazało się, że Stany Zjednoczone nie powstrzymają Izraela od budowy bomby, zmieniły swoje stanowisko i postanowiły go wykorzystać jako sojusznika przeciwko ZSRR. Dostawy ciężkiej wody z Norwegii, Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych dla reaktora w Dimonie pomogły w wytworzeniu broni atomowej. Kiedy uruchomiono reaktor w Dimonie, Izrael zyskał infrastrukturę do produkcji plutonu (zbudowany z istotną pomocą francuskich firm), który jest dla Izraela podstawowym materiałem do budowy broni jądrowej<sup>20</sup>.

Zarówno dla Stanów Zjednoczonych, jak i dla Francji czynniki ekonomiczne miały drugorzędne znaczenie, kiedy podejmowano decyzję o eksporcie technologii jądrowej do Izraela, kluczowe decyzje odnośnie do transferu wrażliwych technologii wynikały z politycznych kalkulacji i decyzji rządu<sup>21</sup>.

Kompleks w Dimonie jest odizolowany i mocno strzeżony. Prawdopodobnie znajduje się w nim pełna infrastruktura, włącznie z instalacjami do produkcji paliwa. Uran do reaktora pierwotnie pochodził z krajowych złóż, ale od 1967 roku większość tego surowca importowano z RPA, przez około 20 lat jądrowej współpracy.

W latach 70. XX wieku rozwinęła się współpraca nuklearna pomiędzy RPA a Izraelem, którą kontynuowano w latach 80. ubiegłego wieku. W tym czasie RPA była głównym dostawcą uranu dla Dimony. Nie przeprowadzono żadnych testów w Izraelu, ale otwartą kwestią pozostaje, jaki udział miał Izrael w próbnej eksplozji nuklearnej przeprowadzonej u wschodnich wybrzeży Afryki 22 września 1979 roku<sup>22</sup>. Częściowo odtajnione akta CIA z 1979 roku stwierdzają, że Izraelczycy brali udział w niektórych południowoafrykańskich badaniach jądrowych, a raport z 1983 roku przyznawał, że współpraca jądrowa mogła służyć wsparciu programu jądrowego w obydwu krajach (RPA oferowała uran, a Izrael wiedzę). Nie istniały jednak potwierdzone raporty dotyczące transferu wyposażenia i technologii jądrowej między krajami<sup>23</sup>. Izrael i RPA utrzymywały współpracę jądrową w latach 1970–1980<sup>24</sup>. Uważa się, że Izrael wielokrotnie modyfikował reaktor w celu zwiększenia zdolności produkcji plutonu.

Izrael dysponuje reaktorem badawczym (5 MWt) w Nahal Sorek niedaleko Tel Awiwu. Urządzenie znajduje się pod nadzorem MAEA. Reaktor działa od 1960 roku z wykorzystaniem amerykańskiego paliwa (reaktor Sorek ma zostać

---

<sup>20</sup> J. Ullom, *Enriched Uranium Versus Plutonium: Proliferant Preferences in the Choice of Fissile Material*, *The Nonproliferation Review*, Fall 1994, s. 5, <http://cns.miis.edu/npr/pdfs/ullom21.pdf> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>21</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 107.

<sup>22</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies*, WNA, May 2015; *Nuclear, South Africa*, NTI, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/nuclear> (dostęp: 20.09.2015).

<sup>23</sup> P. Liberman, *op. cit.*, s. 8.

<sup>24</sup> *Ibidem*, s. 1.



zamknięty w 2017 r. i zastąpiony przez akcelerator cząstek)<sup>25</sup>. W 1955 roku Stany Zjednoczone zgodziły się na dostarczenie małego reaktora (5 MWt) na południe od Tel Awiwu. Reaktor IRR-1 wymagał wysokowzbogaconego paliwa uranowego, które było dostarczone przez Stany Zjednoczone<sup>26</sup>. Rozpoczął on pracę w 1960 roku i od samego początku był pod nadzorem MAEA.

Należy podkreślić, że Izrael nigdy nie doprowadził do dalszej bezpośredniej proliferacji broni jądrowej. Nie dopuścił do tego w obawie o relacje ze Stanami Zjednoczonymi, od których politycznego i wojskowego wsparcia był bardzo zależny<sup>27</sup>. Izrael natomiast był zaangażowany w strategiczną współpracę z RPA, krajem, który szukał wzmocnienia przed groźbą ataku sąsiednich reżimów wspieranych przez ZSRR<sup>28</sup>.

Izrael nigdy oficjalnie nie potwierdził, że posiada broń atomową, ale też nigdy nie zaprzeczył. Jego przedstawiciele utrzymywali, że układ NPT nie zabrania prowadzenia prac nad bronią nuklearną, jeżeli ma ona odgrywać jedynie rolę obronną. Izrael jest jednym z trzech znaczących krajów, które nigdy nie były częścią traktatu NPT, więc każda dostawa urządzeń jądrowych lub paliwa spoza kraju powinna zostać znacząco ograniczona. W przeciwieństwie do Indii i Pakistanu Izrael nie posiada cywilnego programu jądrowego. W 1975 roku zawarł jednak porozumienie o środkach zabezpieczających z MAEA. Mimo to nadal jest poza reżimem NPT i agencji. W 2015 roku liczbę głowic jądrowych Izraela szacowano na 300–400 sztuk<sup>29</sup>.

### 11.3. Indyjski wyjątek! NSG a program atomowy Indii

Indie znajdują się poza układem NPT, toteż musiały w znacznym stopniu polegać na rozwoju rodzimej myśli w zakresie technologii jądrowej. Przypadek Indii udowodnił, że kraj z bezpośrednim dostępem do materiałów rozszczepialnych może szybko skonstruować bombę atomową, jeśli do tego dąży. Indie użyły bowiem cywilnego reaktora badawczego dostarczonego przez Kanadę w latach 60. XX wieku, aby przeprowadzić swoją pierwszą próbę atomową

---

<sup>25</sup> *Emerging Nuclear Energy Countries*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx> (dostęp: 25.09.2015).

<sup>26</sup> *Nuclear Proliferation...*

<sup>27</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 130.

<sup>28</sup> *Ibidem*, s. 132.

<sup>29</sup> *Iran's Claim that Israel Has 400 Nuclear Weapons*, 1<sup>st</sup> May 2015, <http://www.washingtonpost.com/blogs/fact-checker/wp/2015/05/01/irans-claim-that-israel-has-400-nuclear-weapons> (dostęp: 20.09.2015).

w 1974 roku. Pokojowa współpraca jądrowa zachęciła Indie do budowy broni jądrowej, gdyż znacząco obniżyła koszty uzyskania bomby i zwiększyła prawdopodobieństwo, że program wojskowy szybko może się zakończyć sukcesem<sup>30</sup>. Szkolenie i technologie, które Indie otrzymały, miały zastosowania zarówno cywilne, jak i wojskowe, czego indyjscy politycy byli świadomi<sup>31</sup>.

W konsekwencji, dzięki pomocy udzielonej w czerwcu 1964 roku, zakład przetwarzania paliwa jądrowego otrzymał pierwszą dostawę zużytego paliwa z reaktora CIRUS, co umożliwiło Indiom uzyskanie plutonu. Pluton może być używany do reaktorów cywilnych, ale także jest ważnym komponentem broni jądrowej. Użycie plutonu do broni jądrowej złamało jednak wcześniejsze zobowiązanie New Delhi, że będzie używać technologii dostarczonej przez Kanadę i Stany Zjednoczone wyłącznie w celach pokojowych. W artykule III umowy Indie–Kanada z 1956 roku stwierdzano: „Rząd Indii zapewnia, że reaktor i wszelkie produkty powstałe z jego stosowania, będą stosowane wyłącznie do celów pokojowych”<sup>32</sup>. W paragrafie 9 umowy indyjsko-amerykańskiej o dostawie ciężkiej wody stwierdzono natomiast: „Ciężka woda stanowiąca przedmiot sprzedaży powinna być używana przez rząd tylko na terenie Indii w związku z badaniami nad energią atomową i wykorzystana wyłącznie do celów pokojowych”<sup>33</sup>. Kanada była świadoma ryzyka proliferacji, na co wskazują szczegóły negocjacji transakcji reaktorów RAPP-1 i RAPP-2, a premier Kanady Lester Pearson wiedział, że działanie reaktora CIRUS w Trombaju zostało od roku 1963 zoptymalizowane tak, by wytwarzał on pluton jakości wojskowej<sup>34</sup>. Kanada ostrzegała Indie, że zbudowanie broni jądrowej zakończy współpracę obu krajów w dziedzinie EJ. Niemniej jednak Ottawa kontynuowała kooperację mimo posiadania dowodów, że Indie dążyły do budowy broni jądrowej<sup>35</sup>. Indie otwarcie krytykowały traktat NPT<sup>36</sup>, ale Kanada sprzedała reaktor CIRUS – przeważały korzyści strategiczne, a politycy Kanadyjscy uzasadniali, że Kanada dostarcza technologię wyłącznie do pokojowego użycia, chociaż reaktor CIRUS wytwarzał pluton. Względy finansowe raczej nie miały znaczenia, gdyż reaktor CIRUS stanowił część planu Colombo i dostarczono go na koszt Kanady.

---

<sup>30</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 18.

<sup>31</sup> *Ibidem*, s. 18.

<sup>32</sup> *Nuclear Power in India*, WNA, Updated 8<sup>th</sup> August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/India> (dostęp: 15.09.2015).

<sup>33</sup> *Ibidem*.

<sup>34</sup> M. Fuhrmann, *Atomic Assistance: How „Atoms for Peace” Programs Cause Nuclear Insecurity*, Cornell University Press, Ithaca, NY 2012, s. 100.

<sup>35</sup> *Ibidem*, s. 101.

<sup>36</sup> Indie historycznie były jednym z największych krytyków NPT, gdyż traktat zezwalał pięciu krajom na posiadanie broni nuklearnej (USA, ZSRR, Wielkiej Brytanii, Francji, Chinom), podczas gdy zabraniał tego innym – w ten sposób dyskryminował inne kraje.

Rozwój badań jądrowych doprowadził 18 maja 1974 roku do próbnej eksplozji głowicy jądrowej w podziemnym teście o kryptonimie „Uśmiechnięty Budda”<sup>37</sup>. Pluton do tej bomby pochodził z reaktora badawczego CIRUS<sup>38</sup>. Reaktor nie znajdował się pod kontrolą MAEA. Opierając się na przekonaniu, że Indie są w stanie zbudować broń jądrową względnie szybko i bez nadmiernego zaangażowania zasobów, podjęto decyzję o wdrożeniu jądrowego programu wojskowego, który został oficjalnie zaakceptowany 27 listopada 1974 roku i zakończony budową bomby jądrowej. Motywacja decyzji wynikała z dwóch uwarunkowań – z pomocy zagranicznej otrzymanej przez Indie oraz z rosnącego zagrożenia bezpieczeństwa ze strony już posiadających broń jądrową Chin, a także rosnącego w siłę Pakistanu<sup>39</sup>.

Przeprowadzenie w 1974 roku prób broni jądrowej pociągnęło za sobą embargo NSG, które stało się główną barierą rozwoju EJ w tym kraju<sup>40</sup>. Odrzucenie przez Indie postanowień NPT spowodowało wyłączenie kraju na ponad trzy dekady z międzynarodowego handlu materiałami jądrowymi. Indie przez lata były przeciwne postanowieniom traktatu, zwłaszcza zakazowi wykonywania testów jądrowych i produkcji materiałów rozszczepialnych na użytek wojskowy, co ograniczyło dostęp do technologii nuklearnej i utrudniało rozwój cywilnej EJ<sup>41</sup>.

Odcięcie od międzynarodowej współpracy spowodowało konieczność samowystarczalności Indii w EJ. Indie opanowały technikę projektowania i konstruowania własnych reaktorów, technologię obróbki i produkcji paliwa uranowego, produkcji ciężkiej wody, a także przerobu zużytego paliwa i zagospodarowania odpadów radioaktywnych. 8 sierpnia 1985 roku – po 10 latach budowy – otwarto reaktor badawczy (100 MW) Dhruva, położony na przedmieściach Bombaju. Został on zbudowany na podstawie projektu CIRUS i może wytwarzać 20–25 kilogramów plutonu rocznie (jest głównym generatorem plutonu do broni)<sup>42</sup>. Podobnie jak CIRUS jednostka Dhruva,

---

<sup>37</sup> Kolejne testy jądrowe przeprowadzono w 1998 r. pod powierzchnią pustyni Thar (Radżastan) w pobliżu granicy z Pakistanem.

<sup>38</sup> J. Ullom, *op. cit.*, s. 5.

<sup>39</sup> Do pierwszego chińskiego wybuchu atomowego oznaczonego numerem 596 doszło 16 października 1964 r.

<sup>40</sup> T. Młynarski, *Geopolityka surowcowa Indii: implikacje globalne i regionalne* [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Azjatyckie życie gospodarcze na początku XXI wieku*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2012, s. 415. Indie nie przystąpiły także do *Traktatu o całkowitym zakazie prób jądrowych (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty, CTBT, 1996)*, aczkolwiek wydały oświadczenie o przestrzeganiu jednostronnego moratorium na testy nuklearne.

<sup>41</sup> Nuclear Suppliers Group (NSG), <http://www.nuclearsuppliersgroup.org/Leng/default.htm> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>42</sup> *Dhruva Research Reactor*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/facilities/837> (dostęp: 20.09.2015).

chłodzona ciężką wodą i zasilana naturalnym uranem, może być skutecznie użyta do produkcji plutonu wojskowego. Ponadto źródłem plutonu mogą być niekontrolowane przez MAEA elektrownie atomowe w Madrasie, znane jako Madras I i II. Ilość wyprodukowanego w ten sposób plutonu jest o wiele większa niż reaktorów CIR i Dhruva razem, aczkolwiek paliwo wykorzystywane do tego typu reaktorów produkuje pluton nieodpowiedni do wojskowego użycia.

Indie nigdy nie eksportowały technologii ani materiałów jądrowych do innych krajów, nie doprowadzając do dalszej proliferacji broni jądrowej, mimo że elity polityczne były świadome, iż transfery, między innymi do Wietnamu i Tajwanu, mogłyby doprowadzić do osłabienia Chin<sup>43</sup>. Dzięki temu po trzech dekadach nuklearnej izolacji Indii, 6 września 2008 roku, NSG podjęła bezprecedensową decyzję przyznania New Delhi wyłączeń spod reguł nierozprzestrzeniania, umożliwiając Indiom uczestnictwo w światowym obrocie materiałami nuklearnymi<sup>44</sup>. Indie, nie będąc sygnatariuszem NPT, zyskały możliwość wymiany handlowej w sektorze cywilnych technologii jądrowych z innymi państwami<sup>45</sup>. Równocześnie wydały oświadczenie o przestrzeganiu jednostronnego moratorium na testy broni atomowej.

Decyzja NSG stała się możliwa wobec nawiązania amerykańsko-indyjskiego dialogu w zakresie cywilnego wykorzystania technologii jądrowych. 18 lipca 2005 roku podczas wizyty premiera Manmohana Singha w Stanach Zjednoczonych w ramach wspólnego oświadczenia w sprawie kooperacji w zakresie energii jądrowej zapowiedziano Indiom otwarcie dostępu do amerykańskiej cywilnej technologii jądrowej<sup>46</sup>. Wspólny tekst umowy współpracy obejmującej budowę cywilnych instalacji jądrowych w sektorze energetycznym (*Umoowa 123*) został uzgodniony w 2007 roku<sup>47</sup>. Indie zobowiązały się do budowy pod nadzorem międzynarodowym nowego obiektu do przetwarzania paliwa jądrowego. W zamian Stany Zjednoczone obiecały działać na rzecz pełnej cywilnej współpracy nuklearnej z Indiami. Tak jak prezydent Nixon wykorzystał kiedyś Chiny do zrównoważenia Związku Radzieckiego, tak prezydent Bush

---

<sup>43</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 133.

<sup>44</sup> *Statement on Civil Nuclear Cooperation with India*, INFCIRC/734, IAEA, 19<sup>th</sup> September 2008, <http://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/2008/infcirc734c.pdf> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>45</sup> T. Młynarski, „Nuclear Diplomacy” of France in South-East Asia: Conditions, Implementation and Implications Exemplified by Relations with China and India [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Dilemmas of Contemporary Asia: Deliberations on Economy and Security*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2013, s. 225.

<sup>46</sup> *Joint Statement between President George W. Bush and Prime Minister Manmohan Singh*, The White House, 18<sup>th</sup> July 2005, <http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2005/07/20050718-6.html> (dostęp: 20.09.2015).

<sup>47</sup> *India*, CAB, EIA 2009.

wykorzystał Indie do zrównoważenia Chin<sup>48</sup>. Wraz ze wzrostem potęgi Państwa Środka Indie stały się dla Waszyngtonu ważnym punktem na geopolitycznej mapie, który może zrównoważyć nuklearną i gospodarczą dominację Chin w Azji.

Decyzja o przyjęciu Indii do klubu państw jądrowych nie przysłała NSG łatwo. Opór przed przyznaniem Indiom odstępstwa był mocno wyrażony przez część krajów, takich jak: Austria, Irlandia, Holandia, Nowa Zelandia, Norwegia i Szwajcaria. Twierdziły one, że Indie, aby wznowić jądrowy handel, muszą zaakceptować następujące warunki: okresowe przeglądy zgodności z NPT, wykluczania z handlu wrażliwych technologii, takich jak wzbogacanie uranu i przetwarzanie zużytego paliwa jądrowego, wstrzymanie handlu w przypadku przeprowadzenia testów przez Indie, a także zamknięcie reaktora CIRUS<sup>49</sup>. Indie zaakceptowały tylko pierwszy warunek, odmawiając podjęcia innych zobowiązań. W ramach porozumienia z września 2008 roku zadeklarowały dobrowolnie oddzielić cywilne obiekty jądrowe od wojskowych oraz zawrzeć porozumienie z MAEA w sprawie stosowania zabezpieczeń do cywilnych obiektów jądrowych zgodnie z normami i praktyką tej organizacji<sup>50</sup>. Ponadto New Delhi zobowiązało się też do powstrzymania się od transferu technologii wzbogacania do państw, które jej nie posiadają, oraz do wspierania międzynarodowych wysiłków w celu ograniczenia ich rozprzestrzeniania. Indie zadeklarowały też utrzymanie jednostronnego moratorium na próby jądrowe i uruchomienie krajowego systemu kontroli eksportu materiałów jądrowych. Premier Indii Manmohan Singh zapewnił, że importowane technologie atomowe oraz rudy uranu nie będą wykorzystywane do „celów niezamierzonych”<sup>51</sup>.

Indie zobowiązały się nie tylko do podpisania protokołu dodatkowego, który umożliwi inspekcje MAEA ich cywilnych obiektów, lecz także do kontynuowania moratorium na wykonywanie prób z bronią jądrową oraz do zapobiegania rozprzestrzeniania technologii wzbogacania i przetwarzania do państw, które jej nie posiadają. Indie nadal pozostały poza układem NPT, gdyż w amerykańsko-indyjskim porozumieniu warunek nieprzeprowadzania testów nie został wyraźnie sformułowany i ograniczono się tylko do jednostronnego dobrowolnego moratorium Indii na próby jądrowe oraz zobowiązania do nierozprzestrzeniania. Tymczasem dobrowolne moratorium może zostać łatwo i jednostronnie zniesione, nie będąc prawnie wiążącym.

---

<sup>48</sup> B. Emmott, *Rivals: How the Power Struggle between China, India and Japan will Shape Our Next Decade*, Houghton Mifflin Harcourt Books 2008, s. 4.

<sup>49</sup> T. Młynarski, „Nuclear Diplomacy”..., s. 224–225.

<sup>50</sup> *Joint Statement between President George W. Bush...*

<sup>51</sup> *India, Canada Sign Civil Nuclear Deal*, „The Times of India”, 28<sup>th</sup> Jun 2010, <http://timesofindia.indiatimes.com/india/India-Canada-sign-civil-nuclear-deal/articleshow/6101893.cms> (dostęp: 13.08.2015).

Wśród przeciwników zbliżenia jądrowego z Indiami panuje przekonanie, że umowa nuklearna jest katastrofą nieproliferaacji, gdyż pozwoli Indiom na swobodny przepływ osób i informacji między chronionymi i niechronionymi obiektami<sup>52</sup>. Robert Einhorn, doradca Hillary Clinton, spytał nawet: „Jak Stany Zjednoczone mogą robić wyjątki od zasady dla Indii bez otwierania drzwi dla innych wyjątków, nie osłabiając całego systemu zasad, nad którego stworzeniem Stany Zjednoczone pracowały tak ciężko?”<sup>53</sup>

1 sierpnia 2008 roku MAEA przyjęła plan inspekcji obiektów nuklearnych w Indiach, a 6 września 2008 roku NSG podjęła uchwałę o zniesieniu embarga na handel z Indiami w sektorze cywilnego wykorzystania technologii jądrowej. Decyzja ta otworzyła Indiom możliwość udziału w światowym handlu materiałami i technologiami nuklearnymi. Utorowało to drogę do szybkiej ratyfikacji przez amerykański Kongres przełomowego porozumienia<sup>54</sup>. Ostatecznie Kongres Stanów Zjednoczonych zezwolił 28 września 2008 roku na zawarcie *Umowy 123* (Senat zatwierdził ją 1 października 2008 r.) umożliwiającej współpracę nuklearną między Stanami Zjednoczonymi i Indiami<sup>55</sup>. Umowa, parafowana przez prezydenta Busha i 10 października 2008 roku podpisana przez sekretarz stanu Condoleezzę Rice oraz ministra spraw zagranicznych Indii Pranaba Mukherjee w Waszyngtonie, o współpracy w zakresie pokojowego wykorzystania energii nuklearnej (*United States-India Nuclear Cooperation Approval and Non-Proliferation Enhancement Act*) umożliwia między innymi amerykańskim firmom budowę reaktorów jądrowych w Indiach<sup>56</sup>.

Współpraca w sektorze EJ jest kontynuowana z administracją prezydenta Obamy. W listopadzie 2009 roku premier Singh złożył wizytę w Waszyngtonie, omawiając kwestię kontynuacji porozumienia o dwustronnej współpracy przy rozbudowie indyjskiego cywilnego programu nuklearnego. 8 listopada 2010 roku prezydent Obama w trakcie podróży do Indii i premier Singh we wspólnej deklaracji potwierdzili swoje zaangażowanie na rzecz budowy

---

<sup>52</sup> J. Bajoria, *The U.S.-India Nuclear Deal*, CFR, Council on Foreign Relations, 5<sup>th</sup> November 2010, <http://www.cfr.org/india/us-india-nuclear-deal/p9663> (dostęp: 10.09.2015).

<sup>53</sup> P. Hosur, *The Indo-US Civilian Nuclear Agreement: What's the Big Deal?*, „International Journal” 2010, 45, 2 (Spring), s. 437.

<sup>54</sup> 27 października 2010 r., niedługo przed wizytą Obamy, Indie podpisały międzynarodową konwencję z 12 września 1997 r. w sprawie dodatkowych odszkodowań za szkody spowodowane energią jądrową (CSC).

<sup>55</sup> *United States-India Nuclear Cooperation Approval and Nonproliferation Enhancement Act*, Public Law 110-369, 8<sup>th</sup> October 2008, <https://www.congress.gov/110/plaws/publ369/PLAW-110publ369.pdf> (dostęp: 20.10.2015).

<sup>56</sup> P.K. Kerr, *U.S. Nuclear Cooperation with India: Issues for Congress*, Congressional Research Service, 14<sup>th</sup> February 2011, <http://www.fas.org/sgp/crs/nuke/RL33016.pdf> (dostęp: 20.10.2015); *Countdown to Indian Contracts*, World Nuclear News, 13<sup>th</sup> October 2008, [http://89-151-116-69.servers.dedipower.net/NP-Countdown\\_to\\_Indian\\_contracts-1310085.html](http://89-151-116-69.servers.dedipower.net/NP-Countdown_to_Indian_contracts-1310085.html) (dostęp:20.10.2015).

silnych podstaw amerykańsko-indyjskiej cywilnej współpracy w sektorze energii nuklearnej<sup>57</sup>. Stany Zjednoczone i Indie zawarły porozumienie w sprawie współpracy w zakresie zwiększenia udziału OZE, jak również w zakresie niekonwencjonalnych technologii wydobywania surowców.

Rezultatem wizyty miało być wspólne centrum badawczo-rozwojowe czystej energii w ramach *India-U.S. Energy Cooperation Program* (Joint Clean Energy Research and Development Centre). Centrum miało się skupić między innymi na energii słonecznej, efektywności energetycznej, biopaliwach, czystych technologiach węglowych. Ponadto podpisano memorandum w sprawie Globalnego Centrum na rzecz Partnerstwa Energii Nuklearnej<sup>58</sup>.

Transakcja w pewnym sensie stanowiła także potwierdzenie symbolicznej wizji strategicznych więzi Indie-USA w XXI wieku i oznaczała początek nowej ery w stosunkach indyjsko-amerykańskich. Jednym z celów tej współpracy stało się nakłonienie Indii do kształtowania polityki wobec Iranu, zgodnej z oczekiwaniami Waszyngtonu. Równocześnie Stany Zjednoczone dążyły do wzmocnienia pozycji Indii w Azji, licząc na stworzenie w dłuższej perspektywie przeciwwagi gospodarczej i militarnej dla rosnącej potęgi Chin<sup>59</sup>.

Przeciwnicy „jądrowego” zbliżenia podkreślają jednak, że umowa wprost nie wymaga od Indii rezygnacji z wojskowego programu nuklearnego, choć przeprowadzenie prób jądrowych w przyszłości będzie skutkowało wstrzymaniem handlu technologią jądrową przez Stany Zjednoczone. Jak określił republikański senator Richard Lugar, umowa jest dobrą zachętą dla Indii do powstrzymania się od testów jądrowych w przyszłości<sup>60</sup>.

W ramach rozwoju cywilnego programu EJ Indie zawarły wiele porozumień, między innymi zakupiły sześć reaktorów jądrowych z Francji (Areva) i cztery z Rosji (Rosatom)<sup>61</sup>. Umowa Indii z Francją (z września 2008 r. i grudnia 2010 r.) zakłada cywilną współpracę w sektorze energii nuklearnej, w tym budowę dwóch reaktorów atomowych w stanie Maharashtra na zachodzie Indii<sup>62</sup>.

---

<sup>57</sup> *Joint Statement by President Obama and Prime Minister Singh of India*, White House, 8<sup>th</sup> November 2010, <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2010/11/08/joint-statement-president-obama-and-prime-minister-singh-india> (dostęp: 20.09.2015).

<sup>58</sup> *Global Centre for Nuclear Energy Partnership* (GCNEP), <http://www.gcnep.gov.in> (dostęp: 10.10.2015); *DOE/NNSA visits Mumbai in support of India's Global Center for Nuclear Energy Partnership*, National Nuclear Security Administration, <http://www.nnsa.energy.gov/blog/doennsa-visits-mumbai-support-india%E2%80%99s-global-center-nuclear-energy-partnership> (dostęp: 10.10.2015).

<sup>59</sup> T. Młynarski, *Geopolityka surowcowa Indii...*, s. 424.

<sup>60</sup> P. Hosur, *op. cit.*, s. 436.

<sup>61</sup> *India*, CAB, EIA 2009.

<sup>62</sup> *Sarkozy Pushes Nuclear Deals in India*, Nuclear Power Daily, 4<sup>th</sup> December 2010, [http://www.nuclearpowerdaily.com/reports/Sarkozy\\_pushes\\_nuclear\\_deals\\_in\\_India\\_999.html](http://www.nuclearpowerdaily.com/reports/Sarkozy_pushes_nuclear_deals_in_India_999.html) (dostęp: 22.09.2015).

Francja była pierwszym krajem z grupy NSG, która zawarła umowę w zakresie handlu technologiami jądrowymi i paliwem nuklearnym po zniesieniu międzynarodowych ograniczeń. Francusko-indyjskie porozumienie w sprawie rozwoju pokojowego wykorzystania energii jądrowej objęło różne obszary współpracy z zakresu całego cyklu paliwowego, od dostaw reaktorów i paliwa jądrowego do gospodarowania odpadami jądrowymi i współpracy naukowej<sup>63</sup>.

Indie planują zbudowanie 20 reaktorów, by sprostać zapotrzebowaniu na energię. Na skutek kolejnej wizyty prezydenta Francji w tym kraju w grudniu 2010 roku podpisano umowy na dostarczenie dwóch reaktorów III generacji EPR o mocy po 1650 MW każdy (elektrownia Jaitapur w zachodnim stanie Maharasztra – jednym z najbardziej uprzemysłowionych regionów Indii)<sup>64</sup>. Ponadto zawarto umowę o współpracy naukowej między Indyjskim Departamentem Energii Atomowej (Department of Atomic Energy, DAE) i francuską CEA<sup>65</sup>.

Polityka Sarkozy'ego – otwarta na eksport cywilnych technologii jądrowych do kraju spoza NPT – spotyka się z zarzutami, że przyczynia się do stopniowej erozji międzynarodowych regulacji o nieproliferaacji. Działania w zakresie współpracy jądrowej z Indiami podjęło jednak wiele państw, między innymi Rosja (o dostawach uranu i transferze technologii) czy też bogate w zasoby uranu Australia i Kazachstan<sup>66</sup>. W czerwcu 2010 roku Indie zawarły także porozumienie z Kanadą o współpracy cywilnej w sektorze energii atomowej. Wśród pozostałych dostawców jądrowych znajdują się również: Mongolia, Argentyna, Namibia i Wielka Brytania.

Indie przez odstępstwo NSG mogą uczestniczyć w globalnym handlu cywilnymi technologiami jądrowymi. W zamian New Delhi wyraziło zgodę na weryfikację wybranej liczby obiektów jądrowych, sklasyfikowanych jako cywilne. Pozostałe wojskowe obiekty wciąż pozostaną niedostępne dla międzynarodowych inspektorów. Rozszerzenie klubu nuklearnego o członka, który odmawia podpisania traktatu NPT, potwierdza selektywną postawę dostawców jądrowych, co prowadzi do dwuznacznej oceny polityki mocarstw atomowych.

---

<sup>63</sup> *Coopération civile nucléaire entre Inde et France – Communiqué de l'Ambassadeur de France en Inde*, Ambassade de la France à New Delhi, 5 juillet 2011, <http://ambafrance-in.org/Cooperation-civile-nucleaire-entre> (dostęp: 20.09.2015). W ramach zawartej umowy francuska Areva w marcu 2009 r. dostarczyła indyjskiej Nuclear Fuel Complex (NFC) pierwszą partię 60 ton uranu (z 300 ton).

<sup>64</sup> *Sarkozy Pushes...*

<sup>65</sup> *Indo-French Strategic Partnership, French Embassy in New Delhi*, 23<sup>rd</sup> June 2011, <http://ambafrance-in.org/Civil-nuclear-energy> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>66</sup> T. Młynarski, *Geopolityka surowcowa Indii...*, s. 421.



## 11.4. Pakistański program atomowy

Cywilny program jądrowy w Pakistanie został zainicjowany w 1950 roku. Opierał się na pomocy zagranicznej. W sierpniu 1955 roku Stany Zjednoczone podpisały porozumienie o współpracy z Pakistanem, co zaowocowało budową małego reaktora badawczego w Pakistańskim Instytucie Nauki i Techniki Jądrowej (PINSTECH) i dostawami wzbogaconego uranu. Reaktor ten rozpoczął pracę w 1963 roku i służył do szkolenia pakistańskich inżynierów, produkcji izotopów oraz prowadzenia doświadczeń fizyki neutronowej<sup>67</sup>.

W latach 60. ubiegłego wieku Kanada podpisała porozumienie o współpracy i zbudowała elektrownię jądrową w Karaczi, a także dostarczyła ciężką wodę i paliwo uranowe dla reaktora. W elektrowni KANUPP (Karachi Nuclear Power Plant) w Paradise Point w prowincji Sindh, około 25 km na zachód od Karaczi, reaktor o mocy 125 MWe typu CANDU został podłączony do sieci w 1971 roku i jest jedną z najstarszych jednostek pracujących na świecie<sup>68</sup>. Kanada również pomogła Pakistanowi w budowie zakładu produkcji paliwa jądrowego w Chaszmie pod koniec lat 70. XX wieku. Po testach jądrowych Indii Kanada chciała, by Pakistan obiecał, że nigdy nie zbuduje bomby, używając plutonu z kanadyjskich reaktorów, ale Pakistan, który znalazł się w stanie wojny z Indiami w 1965 roku, odmówił takiej deklaracji. Inne kraje zachodnioeuropejskie również zaangażowały się w znaczącą pomoc dla Pakistanu. Na przykład Wielka Brytania dostarczyła urządzenia do wydzielenia plutonu w skali laboratoryjnej<sup>69</sup>. Francja i Belgia pomogły w rozwoju „nowych laboratoriów” w Instytucie PINSTECH. Belgia umożliwiła budowę zakładu produkcji ciężkiej wody w Multanie, uruchomionego w 1980 roku, a Paryż w 1976 roku zgodził się na dostawy paliwa na dużą skalę dla zakładu w Chaszmie (choć później zawiesił tę umowę w 1978 r.). Pakistańskich naukowców szkoliły także Wielka Brytania i Belgia.

W latach 60. XX wieku, kiedy stało się jasne, że Indie prowadzą prace nad bombą atomową, Pakistańczycy zaczęli swój program nuklearny. Klęska w wojnie indyjsko-pakistańskiej w 1971 roku stała się motywem podjęcia decyzji o rozpoczęciu tajnego programu wojskowego. Premier Zulfikar Ali Bhutto powiedział: „Jeśli Indie zbudują bombę, będziemy jeść trawę, a nawet głodować, ale Pakistan zbuduje bombę, by przeciwstawić się zagrożeniu indyjskiemu”<sup>70</sup>.

<sup>67</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 20.

<sup>68</sup> M. Schneider, A. Froggatt et al., *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris-London-Washington, D.C., July 2014, s. 115.

<sup>69</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 20.

<sup>70</sup> P. Swami, *India, Pakistan and the Secret Jihad: The Covert War in Kashmir, 1947–2004*, Routledge, London 2007, s. 150.

Projekt „Kahuta” dotyczący wzbogacania uranu do produkcji ładunku atomowego został uruchomiony w 1972 roku<sup>71</sup>. Był on usprawiedliwiany i uzasadniany koniecznością odpowiedzi na indyjską próbę nuklearną. Program pakistański opierał się na zakładach wzbogacania uranu metodą wirówkową, w których wykorzystano technologie wykradzione z europejskiego konsorcjum Urenco.

W rozwoju pakistańskiej bomby atomowej ważną rolę odegrał Abdul Qadeer Khan, pracownik europejskiej firmy Ultra-Centrifuge Nederland (UCN), holenderskiego partnera w konsorcjum Urenco, zajmującym się wzbogacaniem uranu<sup>72</sup>. Khan w pierwszej połowie lat 70. XX wieku w trakcie pracy w UCN wykradł tajne informacje i wydruki wirówek, zawierające dane 100 firm, z których usług korzystano w łańcuchu dostaw na potrzeby wzbogacania uranu<sup>73</sup>. Używając tych informacji, Pakistan dokonał gwałtownego skoku w pracach nad produkcją izotopu U-235. W 1980 roku Pakistan rozwinął system nielegalnego dostępu do komponentów służących do budowy broni i dysponował już dużą liczbą wirówek (produkcję wysokowzbogaconego uranu rozpoczęto prawdopodobnie w 1986 r.)<sup>74</sup>. Po zakupieniu komponentów uruchomiono zakłady wzbogacania uranu (metodą wirówkową) w Sihali i Kahucie, które dostarczyły materiał do budowy bomby atomowej (co najmniej jednej do 1987 r.)<sup>75</sup>. Dzięki otrzymywaniu cywilnej pomocy nuklearnej Pakistan był w stanie zbudować własną bombę jądrową ze wzbogaconego uranu<sup>76</sup>. Pakistańscy naukowcy zostali przeszkoleni z metalurgii uranu, co było istotne w opanowaniu technologii wzbogacania i rozwoju programu wojskowego.

W latach 1981–1986 Pakistan otrzymywał także wsparcie od Chin, które przekazały mu wrażliwe technologie nuklearne, aczkolwiek chińska pomoc miała wyraźnie militarny charakter, gdyż dotyczyła materiałów i technologii

---

<sup>71</sup> Projekt-706, znany również jako Projekt-726, był kryptonimem projektu do opracowania pierwszej bomby atomowej z użyciem uranu przez Pakistan.

<sup>72</sup> Za ojca pakistańskiego programu atomowego uznaje się dra Abdula Qadeera Khana. Wyształcony w Europie, nawiązał kontakt i zaferował swoją trudno dostępną wiedzę premierowi Pakistanu Zulfikarowi Alemu Bhutto. W 1974 r. UNC nakazała przekazać Khanowi dokumenty tajnych projektów, z którymi uciekł, opuszczając Europę. Udało mu się skopiować w oczywistej europejską technologię wzbogacania uranu. W uznaniu zasług Khana prezydent Muhammad Zia ul-Haq w 1981 r. zmienił nazwę ILN na Naukowe Laboratoria im. A.Q. Khana.

<sup>73</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 20.

<sup>74</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 115.

<sup>75</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 22. Kahuta Research Laboratories, obecnie Khan Research Laboratories.

<sup>76</sup> Pakistan wiedział, że może użyć instalacji zbudowanych do celów pokojowych do budowy bomby plutonowej, ale zdecydował się ostatecznie pójść inną drogą, budując bombę uranową. Wytworzenie broni jądrowej nastąpiło w Pakistanie niezależnie od cywilnego cyklu paliwa jądrowego, przy użyciu rodzimego uranu. Program pakistański opiera się na zakładach wzbogacania uranu metodą wirówkową, w których wykorzystano technologie wykradzione z europejskiego konsorcjum wzbogacania uranu Urenco.

stosowanych wyłącznie do celów wojskowych (Państwo Środka pomogło zbudować i uruchomić zakład wzbogacania uranu)<sup>77</sup>. Dzięki tym transferom wiedzy i materiałów (cywilnej i wojskowej) udane próby jądrowe zostały przeprowadzone w maju 1998 roku, tuż po przeprowadzeniu testów przez Indie<sup>78</sup>.

Dzięki działaniom A.Q. Khana (którego wspierał ówczesny rząd pakistański) plany konstrukcji wirówek i broni jądrowej zostały dostarczone potajemnie do Libii pomiędzy 1987 a 2003 rokiem, aby tam uruchomić nuklearny program wojskowy<sup>79</sup>. Khan przekazał także plany technologii wirówek do Korei Północnej w 1990 roku i do Iranu<sup>80</sup>. Fakt, że Pakistan przy pomocy A.Q. Khana eksportował wrażliwe technologie jądrowe i materiały do Iranu, Libii i Korei Północnej, przekazując tym krajom komponenty dla zakładów wzbogacania uranu, a także projekty broni jądrowej, jest głównym powodem, dla którego NSG odmawia Pakistanowi zniesienia ograniczeń w handlu materiałami jądrowymi, w przeciwieństwie do Indii, gdzie embargo zostało zniesione<sup>81</sup>. Jedynym państwem działającym wbrew sankcjom handlowym są Chiny, które pogłębiają współpracę z Pakistanem (wobec amerykańsko-indyjskiej umowy o współpracy jądrowej). Przemawiając podczas trzeciego szczytu bezpieczeństwa nuklearnego (*Nuclear Security Summit*) w Hadze w marcu 2014 roku, premier Pakistanu stwierdził, że kraj ten od czterech dekad prowadzi bezpieczny program nuklearny dla produkcji energii jądrowej, i zaapelował o włączenie Pakistanu do międzynarodowego obrotu materiałami jądrowymi w ramach systemu NSG (tak jak uczyniono to dla Indii)<sup>82</sup>.

Kraj ten nie jest stroną traktatu NPT, a reaktory – energetyczne i dwa badawcze – są poza kontrolą MAEA<sup>83</sup>. Pakistan nie przystąpił także do *Traktatu o całkowitym zakazie prób z bronią jądrową* (CTBT), uzależniając swoją decyzję od Indii (które odmówiły jego podpisania). Pakistan, wbrew obowiązującemu reżimowi międzynarodowemu o nieprolifracji, osiągał cel atomowy, toteż można uznać, że aktywnie łamał postanowienia obu tych traktatów. Pakistan

---

<sup>77</sup> Chiny przekazały wzbogacony uran dla dwóch pocisków wojskowych oraz projekty broni jądrowej. Motywacją współpracy były czynniki strategiczne: przekazanie technologii broni jądrowej nie ograniczyło pozycji mocarstwowej Chin, obydwa zaś państwa miały wspólnego wroga – Indie. Chiny chciały ograniczyć rozwój Indii jako potencjalnego rywala w regionie, za: M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 111–112, 115.

<sup>78</sup> Uważa się, że Chiny w latach 70. i 80. XX w. pomogły w rozbudowie pakistańskiego programu nuklearnego.

<sup>79</sup> Zrzucanie odpowiedzialności za te transfery na Khana jest bardzo wygodne i dla Pakistanu, i dla Stanów Zjednoczonych, które mogą współpracować z Pakistanem w wojnie z terroryzmem.

<sup>80</sup> *Nuclear Power in Pakistan*, WNA, August 2015, wna.org <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Pakistan> (dostęp: 20.09.2015).

<sup>81</sup> M. Kroenig, *Exporting the Bomb...*, s. 134–135.

<sup>82</sup> *Nuclear Power in Pakistan*, WNA, April 2015.

<sup>83</sup> Pakistan od 1957 r. jest członkiem MAEA, choć pozostaje poza NPT.

blokował także zawarcie porozumienia traktatu o zakazie produkcji materiałów rozszczepialnych do celów wojskowych (*Fissile Material Cutoff Treaty*, FMCT).

Pakistan systematycznie odmawia międzynarodowych inspekcji mających na celu kontrolę procesu działalności wzbogacania. W konsekwencji kraj ten jest w dużym stopniu wyłączony z handlu technologiami i materiałami jądrowymi, co utrudnia mu rozwój cywilnej EJ<sup>84</sup>. Mimo to w 2015 roku Pakistan utrzymywał trzy reaktory, które dostarczały 4,3% (725 MWe mocy) zapotrzebowania na energię elektryczną tego kraju<sup>85</sup>. Głównym partnerem technologicznym we współpracy nuklearnej dla Pakistanu są Chiny. W 2000 roku dzięki chińskiemu wsparciu uruchomiono drugą jednostkę – reaktor typu PWR Chaszma-1 (325 MWe znany również jako CHASNUPP 1) w prowincji Pendżab na północy kraju, dostarczony przez Chiny, respektując wytyczne MAEA. W 2011 roku – trzy dni po katastrofie w Fukushima – uruchomiono bliźniaczy reaktor Chaszma-2, którego budowa rozpoczęła się w 2005 roku<sup>86</sup>.

Pakistan zmierza do znacznego zwiększenia zainstalowanej mocy (dwa reaktory są w budowie). PAEC (Pakistan Atomic Energy Commission), która jest odpowiedzialna za energetyczne (projektowanie, budowę i zarządzanie) i badawcze zastosowanie energii jądrowej w kraju, zamierza osiągnąć cel 8,8 GW z 10 reaktorów do 2030 roku<sup>87</sup>. W 2011 roku rozpoczęła się budowa dwóch jednostek o mocy 315 MWe przez chińskie przedsiębiorstwo China Zo China Zhongyuan Engineering. 26 listopada 2013 roku rozpoczęto budowę dwóch dodatkowych reaktorów ACP-1000 o mocy 110 MWe każdy, dostarczonych przez China National Nuclear Corporation<sup>88</sup>. Projekt spowodował gwałtowny sprzeciw lokalnych polityków i urzędników oraz niezależnych naukowców ze względu na nieprzetestowanie technologii. Region i miasto Karaczi to jeden z najgęściej zaludnionych obszarów na świecie (21 mln mieszkańców), co powoduje, że masowa ewakuacja w przypadku większej awarii jest niemożliwa<sup>89</sup>.

## 11.5. Wysiłki atomowe KRLD

Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna (KRLD) dysponuje kilkoma podejrzanymi instalacjami jądrowymi zlokalizowanymi w większości w Jongbion (ang. Yangbyon). Obejmują one: mały reaktor badawczy (o mocy 5 MWe),

---

<sup>84</sup> *Nuclear Power in Pakistan*, WNA, April 2015.

<sup>85</sup> *Ibidem*.

<sup>86</sup> W grudniu 2010 r. ogłoszono, że Chiny mogą zbudować kolejne dwa reaktory o mocy 650 MWe.

<sup>87</sup> M. Schneider, A. Froggatt *et al.*, *op. cit.*, s. 115.

<sup>88</sup> *Ibidem*, s. 115.

<sup>89</sup> *Ibidem*.

niedokończony reaktor 50 MWe, zakłady składowania odpadów i zakład przetwarzania zużytego paliwa. Mają też jednostkę testową w Punggye i niedokończoną elektrownię (2000 MWe) w Taechon. Kraj ten, wykorzystując reaktor badawczy, przez lata wytwarzał pluton do celów wojskowych. KRLD otrzymała technologie niezbędne do budowy elektrowni atomowej od ZSRR pod warunkiem przystąpienia do NPT, co nastąpiło w 1985 roku. Korea Północna stała się stroną traktatu jako państwo nieposiadające broni jądrowej, ale nigdy nie wprowadziła w życie jego wymogów, opóźniła zawarcie umowy dotyczącej gwarancji realizacji nadzoru i kontroli (*Safeguards Agreement*), mimo że od 1974 roku była członkiem MAEA. Do wykrycia naruszeń zobowiązań NPT dotyczących nierozprzestrzeniania technologii jądrowych w celach innych niż pokojowe doprowadził nadzór MAEA. KRLD w kwietniu 2003 roku wystąpiła z NPT i był to pierwszy tego rodzaju przypadek w dotychczasowej historii traktatu. Mimo nacisku dyplomatycznego RB ONZ i społeczności międzynarodowej Korea Północna przeprowadziła kilkakrotne (2006, 2009, 2013) próby z bronią jądrową<sup>90</sup>.

Program jądrowy KRLD został zainicjowany w drugiej połowie lat 50. XX wieku, gdy ZSRR przeszkolił północnokoreańskich naukowców w Instytucie Badań Nuklearnych pod Moskwą. W 1964 roku, przy wydatnym wsparciu ZSRR, powstało Centrum Badań nad Energią Jądrową w Jongbion na zachodnim wybrzeżu, 55 km na północ od Phenianu, w którym uruchomiono niewielki radziecki reaktor badawczy (IRT-2000, o mocy 5 MWe)<sup>91</sup>. Budowa reaktora zaczęła się w 1963 roku i została zakończona w 1965 roku pod nadzorem radzieckich naukowców. Służył on do produkcji izotopów i szkolenia personelu. Sowiecka pomoc techniczna dostarczyła podstawowej wiedzy w sprawach nuklearnych, wystarczającej, by Korea Północna zbudowała eksperymentalną instalację nuklearną w latach 80. XX wieku<sup>92</sup>. Na początku lat 70. ubiegłego wieku Korea Północna rozbudowała reaktor IRT-2000, i nabyła od ZSRR technologię przetwarzania plutonu<sup>93</sup>. W lipcu 1977 roku podpisała trójstronne porozumienie z MAEA i ZSRR, oddając reaktor IRT-2000 pod nadzór międzynarodowy, dzięki czemu otrzymała od ZSRR dostawy paliwa do reaktora<sup>94</sup>.

W latach 80. XX wieku Korea Północna zainicjowała program budowy broni jądrowej, uruchamiając zakłady przetwarzania uranu i produkcji prętów paliwowych, a także instytuty badawcze. Korea zgodziła się podpisać NPT jako państwo bez broni w grudniu 1985 roku w zamian za pomoc sowiecką

---

<sup>90</sup> *North Korea Overview*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/country-profiles/north-korea> (dostęp: 22.09.2015).

<sup>91</sup> Korea Północna posiada także małe laboratoria radiochemiczne zbudowane przez Rosjan w latach 70. XX w.

<sup>92</sup> M. Fuhrmann, *Spreading Temptation...*, s. 17.

<sup>93</sup> Reaktor został rozszerzony do 4 MWt w 1974 r., a następnie do 8 MWt pod koniec 1980 r.

<sup>94</sup> *North Korea Overview...*

w budowie czterech reaktorów lekkowodnych. Opóźniała jednak zawarcie umowy o zabezpieczeniach z MAEA (proces, który powinien trwać 18 miesięcy, został odroczonej do kwietnia 1992 r.)<sup>95</sup>.

W 1979 roku Korea Północna rozpoczęła budowę reaktora w Jongbion. Został on uruchomiony pod koniec 1985 roku. Był to mały chłodzony gazem (CO<sub>2</sub>), moderowany grafitem i zasilany naturalnym uranem „reaktor badawczy”<sup>96</sup>. Mimo zapewnień północnokoreańskich władz, że jednostka ta służy do produkcji prądu elektrycznego, w rzeczywistości reaktor ten był stosowany przede wszystkim do wytwarzania plutonu klasy wojskowej jako materiału do produkcji broni i tylko jako produkt uboczny generował około 5 MWe energii elektrycznej<sup>97</sup>. Reaktor ten miał wszystkie cechy reaktora wykorzystywanego do produkcji plutonu dla celów militarnych, gdyż nadawał się do produkcji plutonu klasy wojskowej<sup>98</sup>.

Korea Północna dokonała także znaczącego postępu w budowie dwóch większych reaktorów zaprojektowanych głównie także w celu produkcji plutonu: w Jongbion (50 MWe z planowaną produkcją 55 kg plutonu rocznie), którego budowa rozpoczęła się 1985 roku, oraz drugiego w Taechon, 25 km na północ od Jongbion (200 MWe z produkcją planowaną 220 kg plutonu rocznie), którego budowa rozpoczęła się w 1989 roku<sup>99</sup>. Budowy obydwu jednostek zostały wstrzymane w wyniku porozumień z 1994 roku<sup>100</sup>.

Korea Północna dodatkowo zbudowała zakład przetwarzania zużytego paliwa jądrowego, co pozwoliło na ekstrakcję plutonu ze zużytego paliwa reaktora. Istnienie zakładu zostało odkryte przez inspektorów MAEA. Mimo że zakłady w Jongbion były objęte środkami zabezpieczającymi MAEA, istniało ryzyko, że Korea w pewnym momencie wycofa się z NPT pod jakimś pretekstem i skorzysta z plutonu do produkcji broni.

Wobec podpisania porozumień o środkach zapobiegawczych przez Koreę Północną w maju 1992 roku rozpoczęły się inspekcje MAEA, które wykazały nieprawidłowości w deklaracji Pjongjangu w sprawie posiadanych zasobów

---

<sup>95</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies*, Appendix to Safeguards Information Paper, WNA, May 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Non-Proliferation/Appendices/Nuclear-Proliferation-Case-Studies> (dostęp: 20.09.2015); *Safeguards Legal Framework*, <https://www.iaea.org/safeguards/safeguards-legal-framework> (dostęp: 22.09.2015). Częściowe porozumienia o środkach zapobiegawczych z MAEA zostały podpisane w 1977 r., ponieważ wiązało się to z obecnością amerykańskiej broni nuklearnej w Korei Południowej, która została wycofana do końca 1991 r.

<sup>96</sup> Moc termiczna ok. 25 MWt. A.H. Cordesman, A. Lin, *The Changing Military Balance in the Koreas and Northeast Asia*, Center for Strategic and International Studies, June 2015, s. 262.

<sup>97</sup> *Emerging Nuclear Energy Countries...*

<sup>98</sup> A.H. Cordesman, A. Lin, *op. cit.*, s. 263.

<sup>99</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>100</sup> A.H. Cordesman, A. Lin, *op. cit.*, s. 263–264.

nuklearnych. Jednym z pierwszych kroków podejmowanych przez MAEA jest weryfikacja początkowego zapasu uranu i plutonu, oraz uzyskanie zapewnienia, że cały materiał rozszczepialny został zadeklarowany. Podczas inspekcji w 1992 roku inspektorzy MAEA stwierdzili, że zakłady przerobu paliwa były używane częściej, niż KRLD deklarowała, co sugerowało, że reżim może posiadać pluton klasy wojskowej, który nie został zadeklarowany agencji. Kolejne informacje przekazywane do MAEA przez Koreę Północną potwierdziły te przypuszczenia, władze północnokoreańskie wskazały bowiem, że dysponują dwoma dodatkowymi nierejestrowanymi miejscami składowania odpadów jądrowych, w tym zużytego paliwa. W lutym 1993 roku MAEA zawnioskowała do RB ONZ o zgodę na inspekcję *ad hoc* w tych dwóch obiektach, tak aby zweryfikować początkowe zapasy materiałów jądrowych. Korea Północna odmówiła i przyznała, że są to obiekty wojskowe, a 12 marca 1993 roku ogłosiła zamiar wycofania się z NPT w ciągu 90 dni<sup>101</sup>. W kwietniu 1993 roku Rada MAEA stwierdziła, że KRLD nie przestrzega swoich zobowiązań, i zwróciła się do RB ONZ. W konsekwencji intensywnych dwustronnych negocjacji amerykańsko-północnokoreańskich w czerwcu 1993 roku KRLD wydała oświadczenie, że zawiesza wycofanie się z NPT, ale ogłosiła „specjalny status” w odniesieniu do własnych zobowiązań o środkach zabezpieczających, co zostało odrzucone przez MAEA. Gdy niezgodność działań KRLD zgłoszono do RB ONZ, główna część misji MAEA została zakończona. Inspekcje w KRLD nadal kontynuowano, aczkolwiek inspektorzy byli w coraz większym stopniu ograniczani w dostępie do instalacji i informacji. Mimo to aż 8 tys. zużytych prętów paliwowych z reaktora eksperymentalnego pozostało pod ścisłym nadzorem i jakiegokolwiek plany pozyskania z nich plutonu zostały odroczone. Na dzień przed upływem dziewięćdziesięciodniowego terminu Korea Północna zgodziła się zawiesić swoją decyzję i wznowić rozmowy z MAEA w sprawie inspekcji własnych instalacji nuklearnych. Drastyczne pogorszenie się sytuacji ekonomicznej skłoniło władze KRLD do przyjęcia zobowiązania o powstrzymaniu się od rozwijania wojskowych technologii nuklearnych, w tym przetwarzania zużytego paliwa jądrowego w zamian za pomoc ekonomiczną.

W czerwcu 1994 roku były prezydent USA Jimmy Carter wynegocjował w Pjongjangu zasady porozumienia ramowego rozwiązującego kryzys, które podpisano 21 października 1994 roku w Genewie<sup>102</sup>. Wymagało ono zamrożenia funkcjonowania i budowy reaktorów do produkcji plutonu i powiązanych zakładów, a MAEA była odpowiedzialna za monitorowanie obiektów do czasu ich demontażu. KRLD została przekonana do wstrzymania programu broni nuklearnej w zamian za pomoc w wysokości 5 mld USD na rzecz rozwoju

<sup>101</sup> Jak przewiduje traktat – w okresie trzymiesięcznego wypowiedzenia.

<sup>102</sup> *Waging Peace: North Korea*, The Carter Center, <http://www.cartercenter.org/countries/north-korea-peace.html> (dostęp: 22.09.2015).

cywilnej EJ. Umowa obejmowała budowę pod nadzorem MAEA dwóch reaktorów (lekkowodnych) o mocy 1000 MWe. Pojawiła się także perspektywa rozwoju stosunków dyplomatycznych i gospodarczych ze Stanami Zjednoczonymi<sup>103</sup>. Korea Północna zgodziła się wstrzymać swój program nuklearny w zamian za pomoc finansową, a większość z tych funduszy miała zapewnić Japonia<sup>104</sup>. Umowa wymagała od KRLD zamknięcia wszystkich reaktorów i zakładów separacji, przekazania napromieniowanego paliwa kontrolerom MAEA oraz rozbiórki reaktorów. Budowę reaktorów energetycznych miało się zająć międzynarodowe konsorcjum Koreańska Organizacja Rozwoju Energetyki (Korean Energy Development Organisation, KEDO) powołane w 1995 roku, w skład którego weszły: Japonia, Korea Południowa (KEPCO) i Stany Zjednoczone<sup>105</sup>. W 1999 roku został podpisany kontrakt na budowę dwóch reaktorów na lekką wodę (1000 MWe) do produkcji prądu elektrycznego w ramach międzynarodowego porozumienia mającego odwieść Koreę Północną od programu budowy broni jądrowej<sup>106</sup>. W połowie 2002 roku rozpoczęła się budowa tych jednostek w prowincji Hamgyeongnam, ale prace zostały przerwane w 2003 roku wobec podejrzeń o wzbogacanie uranu i usunięcie inspektorów MAEA (projekt zrealizowano w 35%)<sup>107</sup>.

Dzięki zręcznej polityce Kimów północnokoreański reżim, posługując się agresywną retoryką i pojedynczymi gestami, nie został poddany żadnym innym dodatkowym środkom nadzorczym ani sankcjom handlowym. Nowe napięcia i obawy przyniósł niezapowiedziany test rakiety balistycznej Taepodong-1 nad terytorium Japonii 31 sierpnia 1998 roku<sup>108</sup>. Spowodowało to opóźnienie prac KEDO i podpisanie dopiero w grudniu 1999 roku umowy w sprawie budowy obiecanych dwóch lekkowodnych reaktorów. Zmiana administracji w Stanach Zjednoczonych ochłodziła stosunki z reżimem północnokoreańskim. W styczniu 2002 roku w swoim pierwszym orędziu do narodu G.W. Bush zaliczył Koreę Północną do „sieci zła” zagrażającej pokojowi światowemu<sup>109</sup>. Stany Zjednoczone oświadczyły, że Korea Północna musi najpierw porzucić swój

---

<sup>103</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>104</sup> Korea Południowa zobowiązała się do pomocy w kwocie 3,2 mld USD, Japonia – 1 mld USD, a UE wpłaciła pozostałą kwotę z 4,6 mld USD, za: *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>105</sup> KEDO miała dostarczyć technologię do budowy elektrowni jądrowej „odporną” na proliferację, a także olej opałowy – do czasu uruchomienia elektrowni.

<sup>106</sup> W 2005 r. Korea Południowa zaoferowała 2000 MWe zasilenia do sieci dla Korei Północnej.

<sup>107</sup> A.H. Cordesman, A. Lin, *op. cit.*, s. 263.

<sup>108</sup> T.-H. Kwak, S.-H. Joo (red.), *North Korea and Security Cooperation in Northeast Asia*, Ashgate Publishing Company, Burlington, USA 2014, s. 176.

<sup>109</sup> *The President's State of the Union Address*, Washington, D.C., Office of the Press Secretary, 29<sup>th</sup> January 2002, <http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2002/01/20020129-11.html> (dostęp: 22.09.2015).



program broni nuklearnej, w tym ogłosić moratorium na testy nuklearne i rakietowe, a potem Stany Zjednoczone będą gotowe dyskutować nad ewentualnym zawarciem traktatu pokojowego. W grudniu 2002 roku Korea Północna usunęła plomby MAEA ze swoich obiektów w Jongbion i nakazała inspektorom MAEA monitorującym instalacje opuszczenie kraju<sup>110</sup>. Następnie ponownie uruchomiła swój mały reaktor i rozpoczęła przetworzenie 8 tys. prętów paliwowych, by odzyskać pluton do celów wojskowych. Ponowne uruchomienie reaktora w Yongbyon, którego działanie zamrożono w 1994 roku, było preludem do ogłoszenia w styczniu 2003 roku decyzji o wycofaniu się z traktatu NPT, co nastąpiło w kwietniu 2003 roku (KRLD to pierwszy kraj, który się zdecydował na taki krok). W rezultacie MAEA przekazała sprawę północnokoreańskiego programu nuklearnego RB ONZ w lutym 2003 roku.

W następstwie tych wydarzeń budowa reaktorów pod nadzorem KEDO została zawieszona w 2003 roku, a projekt ostatecznie zarzucono w maju 2006 roku. Większość wyposażenia należącego do KEPCO (w tym wytwornice pary, zbiorniki ciśnieniowe i inne urządzenia dla obu reaktorów były gotowe) sprzedano w ramach innych projektów<sup>111</sup>.

Od 2003 roku z przerwami trwały rozmowy na temat porozumienia w sprawie zawieszenia programu broni jądrowej w Korei Północnej. W dniach 23–25 kwietnia 2003 roku w Pekinie rozpoczęły się wielostronne negocjacje. Początkowo uczestniczyły w nich tylko Chiny, Stany Zjednoczone i Korea Północna, ale wkrótce przyjęto format negocjacji sześciostronnych, z udziałem Korei Południowej, Japonii i Rosji. Pierwsze takie rozmowy odbyły się w Pekinie 27–29 sierpnia 2003 roku, gdzie strony nalegały na całkowite, weryfikowalne i ostateczne zakończenie programu zbrojeń oraz demontaż instalacji w Korei Północnej. 10 lutego 2005 roku Pjongjang po raz pierwszy oświadczył, że posiada broń atomową<sup>112</sup>.

Nieoczekiwanie w październiku 2006 roku KRLD przeprowadziła testy podziemne broni atomowej w pobliżu Gilju w północno-wschodniej części kraju, a cała sprawa została skierowana do RB ONZ<sup>113</sup>. 14 października 2006 roku RB ONZ jednomyślnie uchwaliła rezolucję nr 1718 nakładającą sankcje w zakresie obrotu bronią (zakazano sprzedaży materiałów mogących

---

<sup>110</sup> Raport CIA z lipca 2002 r. ujawnił, że Korea Północna otrzymała od Pakistanu technologię wzbogacania uranu i materiał rozszczepialny, w zamian Pakistan dostał dane konstrukcyjne północnokoreańskich pocisków balistycznych.

<sup>111</sup> KEDO wstrzymała dostawy ropy naftowej obiecanej w porozumieniu z 1994 r.

<sup>112</sup> W październiku 2002 r. KRLD przyznała, że posiada tajny program wzbogacania uranu metodą wirówkową. W 2005 r. władze Pakistanu potwierdziły, że istniało powiązanie z siecią Khana, który dostarczył wirówki P-2 do Korei Północnej w 1990 r.

<sup>113</sup> Korea Północna opublikowała oświadczenie potwierdzające przeprowadzenie udanej detonacji jądrowej.

mieć zastosowanie w programach broni masowej zagłady i raketowym oraz broni ciężkiej) i sankcje finansowe (zamrożono aktywa powiązane z powyższymi programami), oraz zezwoliła wszystkim państwom na inspekcje towarów importowanych i eksportowanych przez Koreę Północną celem udaremnienia transferów broni<sup>114</sup>.

Szybko jednak powrócono do działań dyplomatycznych. 13 lutego 2007 roku osiągnięto przełomowe porozumienie w formie rozmów sześciopartnych o demontażu programu nuklearnego Korei Północnej<sup>115</sup>. Reżim Kimów zgodził się zamknąć reaktor w Jongbion oraz zakład przetwarzania paliwa w ciągu 60 dni i dopuścić inspekcje MAEA w zamian za pomoc w wypełnieniu potrzeb energetycznych kraju. Dalsze wsparcie miało nastąpić po całkowitym i nieodwracalnym wyłączeniu reaktora i wszystkich innych obiektów jądrowych. Wiązało się to z zamknięciem oraz zabezpieczeniem przez KRLD reaktora w Jongbion i powiązanych zakładów, włącznie z zakładem przetwarzania paliwa, w ciągu 60 dni (do połowy kwietnia) i rozpoczęcia procesu monitorowania instalacji przez MAEA. Reaktor zamknięto w połowie lipca 2007 roku, co potwierdziła MAEA. Dodatkowo inne obiekty jądrowe, które zostały zamknięte, objęto ciągłym nadzorem agencji. Zużyte paliwo miało być przesłane do utylizacji w zakładach: Majak w Rosji oraz Sellafield w Anglii<sup>116</sup>. W ramach porozumienia w lipcu 2007 roku do portu Sonbong dotarł pierwszy transport oleju napędowego z Korei Południowej<sup>117</sup>. Do Korei Północnej przybyli też inspektorzy MAEA.

Korea Północna zgodziła się ujawnić wszystkie działania związane z programem nuklearnym i go dezaktywować (w szczególności chodziło o 5-megawatowy reaktor eksperymentalny, zakład przetwarzania paliwa i zakład produkcji prętów paliwowych). We wrześniu 2007 roku Korea Północna zaprosiła amerykańskich, chińskich i rosyjskich ekspertów nuklearnych do wizji lokalnej w instalacjach jądrowych. Drugi etap działań w ramach umowy z lutego 2007 roku obejmował ustanowienie pełnej inwentaryzacji materiałów jądrowych i faktyczne wstrzymanie prac do czerwca 2008 roku. W fazie trzeciej KRLD miała przekazać materiały rozszczepialne na cele wojskowe. Korea Północna poruszyła kwestię wznowienia projektu KEDO na

---

<sup>114</sup> *Resolution 1718 (2006) Adopted by the Security Council at Its 5551<sup>st</sup> Meeting*, 14<sup>th</sup> October 2006, S/RES/1718 (2006), 14<sup>th</sup> October 2006, [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=S/RES/1718\(2006\)](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1718(2006)) (dostęp: 25.09.2015).

<sup>115</sup> *Joint Statement: Six-Party Talks on N. Korea Disarmament*, 13<sup>th</sup> February 2007, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/02/13/AR2007021300508.html> (dostęp: 25.09.2015); K.E. Gause, *North Korea under Kim Chong-il: Power, Politics, and Prospects for Change*, Praeger, Santa Barbara, CA 2011.

<sup>116</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>117</sup> Ch. Sang-Hun, *Oil Is Shipped to North Korea under Nuclear Shutdown Pact*, [http://www.nytimes.com/2007/07/13/world/asia/13korea.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2007/07/13/world/asia/13korea.html?_r=0) (dostęp: 22.09.2015).

budowę reaktora lekkowodnego. W połowie 2008 roku w symbolicznym geście wysadziła w powietrze wieżę chłodniczą reaktora jądrowego w Jongbion (5 MWe, uruchomiony w 1985 r.)<sup>118</sup>. We wrześniu 2008 roku odmówiła jednak przyjęcia procedur weryfikacji i zagroziła wznowieniem działania zakładów wzbogacania w Jongbion. Strony spotkały się w grudniu 2008 roku, ale nie osiągnęły porozumienia w sprawie weryfikacji, mimo że usuwanie prętów paliwowych z reaktora Jongbion było kontynuowane. Od tego czasu Korea Północna wydalila inspektorów MAEA, ponownie uruchomiła przetwarzanie paliwa z zakładach w Jongbion, a 25 maja 2009 roku przeprowadziła pod ziemią drugą próbną eksplozję ładunku atomowego o mocy większej niż ten z 2006 roku (ok. 2 kiloton); dla porównania bomba zrzucona na Hiroshimę miała moc 15 kiloton<sup>119</sup>. 12 czerwca 2009 roku RB ONZ jednomyślnie uchwaliła rezolucję nr 1874, która znacznie poszerzała sankcje wobec KRLD, zakazując eksportu wszelkiej broni z Korei Północnej i eksportu broni innej niż lekka do tego kraju, upoważniając państwa do inspekcji podejrzanych transportów lądowych, morskich i powietrznych do/z Korei Północnej oraz zakazując wszelkich transakcji finansowych mogących służyć do programów nuklearnych i raketowych KRLD<sup>120</sup>.

W 2010 roku Korea Północna rozpoczęła budowę reaktora eksperymentalnego LWR (25–30 MWe) w Jongbion. Reaktor ma być zasilany wzbogaczonym uranem (4,5%), a paliwo ma być wytwarzane w KRLD. Amerykańskie satelitarne zdjęcia zwiadowcze z 2013 roku wskazywały, że reaktor wkrótce zostanie ukończony. Korea twierdzi, że będzie to reaktor do wytwarzania energii elektrycznej<sup>121</sup>.

Korea Północna kontynuowała swoje programy nuklearne (i raketowe), pracując nad uruchomieniem drugiej ścieżki do produkcji bomb atomowych<sup>122</sup>. Kolejne przełomowe wydarzenia nastąpiły po śmierci Kim Dzong Ila w grudniu 2011 roku i przejęciu władzy przez jego syna Kim Dzong Una<sup>123</sup>. W lutym 2013 roku Korea Północna przeprowadziła podziemny trzeci test bomby

---

<sup>118</sup> Wydawało się, że reaktor został ostatecznie zamknięty, ale był on regularnie konserwowany, i w kwietniu 2013 r. Korea Północna zagroziła, że ponownie go uruchomi.

<sup>119</sup> W kwietniu 2009 r. mimo silnej presji międzynarodowej Korea Północna wystrzeliła raketę Taepodong-2, co zostało potępione przez RB ONZ i zakończyło się nałożeniem sankcji ekonomicznych na firmy północnokoreańskie. W testach jądrowych przeprowadzonych przez KRLD w 2006 i 2009 r. wykorzystano pluton odseparowany w ośrodku w Jongbion. Eksplozja spowodowała wstrząs sejsmiczny o sile 4,5 st. w skali Richtera.

<sup>120</sup> *Resolution 1874 (2009) Adopted by the Security Council at Its 6141<sup>st</sup> Meeting*, on 12<sup>th</sup> June 2009, S/RES/1874 (2009), 12<sup>th</sup> June 2009, [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=S/RES/1874\(2009\)](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1874(2009)) (dostęp: 20.09.2015).

<sup>121</sup> A.H. Cordesman, A. Lin, *op. cit.*, s. 263.

<sup>122</sup> Korea Północna ma stosunkowo duże zasoby naturalnego uranu.

<sup>123</sup> W grudniu 2012 r. wystrzelono raketę dalekiego zasięgu Unha-3.

atomowej o wyraźnie większej mocy niż dwie poprzednie<sup>124</sup>. Nie jest jasne, czy użyto wówczas uranu, czy plutonu. W maju 2013 roku okazało się, że reaktor w Jongbion (25 MWt) jest przygotowywany do ponownego uruchomienia na początku 2014 roku. Nie wiadomo, ile uranu może wzbogacać Korea Północna, ale w listopadzie 2010 roku potwierdzono, że około 2 tys. wirówek było zainstalowanych w Jongbion na terenie zakładu wytwarzania paliwa<sup>125</sup>. Prawdopodobnie są to wirówki pakistańskiego typu P-2, chociaż Korea Północna twierdzi, że mają one zdolność produkcji uranu niskowzbożonego<sup>126</sup>.

MAEA nieustannie wzywa KRLD do pełnego przestrzegania swoich zobowiązań wynikających z odpowiednich rezolucji Rady Bezpieczeństwa oraz do niezwłocznego podjęcia współpracy z MAEA w wypełnianiu jej zobowiązań wynikających z NPT i rozwiązania wszystkich nierozstrzygniętych kwestii. Korea Północna obecnie nie ma rzeczywistych intencji wdrożenia cywilnej EJ służącej celom pokojowym (produkcji energii elektrycznej), a jej program jądrowy ma przede wszystkim wymiar strategiczny (wojskowy). Wysoce niepokojącym elementem problemu proliferacyjnego są natomiast uzasadnione podejrzenia, że Korea Północna brała bądź bierze udział w transferach materiałów, sprzętu i technologii nuklearnych oraz środków przenoszenia do innych krajów. Dotyczyło to Libii (która zrezygnowała z programu broni masowego rażenia w 2003 r.), Syrii (gdzie lotnictwo izraelskie zniszczyło instalacje przygotowywane pod tajny reaktor nuklearny we wrześniu 2007 r.), Birmy (z którą KRLD prawdopodobnie dzieliła się technologią nuklearną) oraz Iranu (gdzie dostawy nastąpiły za pośrednictwem krajów trzecich).

Rozwój umiejętności wzbogacania paliwa przez północnokoreańskich inżynierów zwiększa zagrożenie ze strony nieprzewidywalnego reżimu KRLD. Szacuje się, że Korea Północna jest zdolna do produkcji około 6 kilogramów plutonu rocznie oraz nieznaney ilości wzbogaconego uranu. Znaczący wzrost koreańskiego arsenału będzie możliwy tylko wtedy, gdy zostaną uruchomione większe reaktory<sup>127</sup>.

---

<sup>124</sup> D.E. Sanger, Ch. Sang-Hunfeb, *North Korea Confirms It Conducted 3<sup>rd</sup> Nuclear Test*, NYT, 11<sup>th</sup> February 2013, [http://www.nytimes.com/2013/02/12/world/asia/north-korea-nuclear-test.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/02/12/world/asia/north-korea-nuclear-test.html?_r=0) (dostęp: 25.09.2015).

<sup>125</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>126</sup> *Ibidem*.

<sup>127</sup> A.H. Cordesman, A. Lin, *op. cit.*, s. 264.

## 11.6. Irański program atomowy

W 2015 roku Iran dysponował jednym działającym reaktorem w Buszehr, wytwarzającym 1,5% energii elektrycznej w tym kraju, a w planach jest uruchomienie kolejnych dwóch jednostek. Organizacja Energii Atomowej Iranu (AEOI) zajmuje się całym cyklem – od wydobycia uranu, konwersji, wytwarzania paliwa do budowy reaktorów (w tym badawczych i komercyjnych) – oraz procesem wzbogacania uranu.

Iran był jednym z państw beneficjentów programu „Atom dla pokoju”. Reaktor badawczy przekazany przez Stany Zjednoczone w latach 60. XX wieku pomógł w szkoleniu naukowców, którzy później pracowali nad programem wojskowym. Waszyngton od 1967 roku, od momentu włączenia teherańskiego reaktora, aż do roku 1979 dostarczał Irańczykom paliwo jądrowe i wyposażenie niezbędne do prowadzenia badań nad rozwojem energetyki atomowej. Było to możliwe dzięki utrzymywaniu dobrych stosunków z większością krajów zachodnich przez ostatniego szacha Iranu Mohammada Rezę Pahlawiego, którego rządy charakteryzowały się dużą postępowością w stosunku do tradycyjnych islamskich wartości społeczeństwa Iranu. Ryzyko nieprolifracji miało marginalne znaczenie w podejmowaniu decyzji o współpracy jądrowej z tym krajem. Istniały pewne obawy, że może on wykorzystać cywilne technologie do budowy broni, dlatego Amerykanie początkowo odmówili przekazania technologii reprocessowania paliwa.

Nuklearna współpraca stanowiła próbę wzmocnienia dwustronnego sojuszu ze względu na: (1) strategiczną lokalizację Iranu (w kraju tym znajdowały się instalacje wywiadu wojskowego, a jego przestrzeń powietrzna była wykorzystywana przez amerykańskie samoloty wojskowe – to, poza Egiptem i Izraelem, jedyna droga do Oceanu Indyjskiego i Azji Południowej); (2) olbrzymie zasoby ropy; (3) ograniczanie wpływów ZSRR w regionie<sup>128</sup>.

Platformą współpracy w latach 1955–1979 stał się między innymi Pakt Bagdadzki zawiązany w ramach doktryny powstrzymywania komunizmu<sup>129</sup>. 5 marca 1959 roku Stany Zjednoczone podpisały dwustronne porozumienie o współpracy z Iranem, obejmujące pomoc w przypadku agresji przeciwko temu państwu. Porozumienie o współpracy jądrowej zostało podpisane wkrótce potem i weszło w życie 27 kwietnia 1959 roku.

Warto podkreślić, że w erze postzimnowojennej – gdy Iran nie był sojusznikiem Stanów Zjednoczonych – USA podjęły wielki wysiłek, by zapobiec

<sup>128</sup> M. Fuhrmann, *Atomic Assistance...*, s. 85.

<sup>129</sup> W 1955 r. Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Iran, Irak, Pakistan i Turcja (jako członek stowarzyszony) utworzyły Pakt Bagdadzki, później nazwany CENTO (Pakt Centralny). W 1979 r. przestał istnieć po wystąpieniu z niego Iranu, Pakistanu i Turcji.

zakupowi przez Teheran tej samej technologii, jaką otwarcie mu sprzedawały w latach 70. XX wieku.

Iran przystąpił do reżimu nieprolifracji, a od 1959 roku był członkiem MAEA (ratyfikował NPT w 1970 r.), dzięki czemu uzyskał prawo realizowania prac badawczych i rozwojowych, a także produkowania i wykorzystywania energii atomowej w celach pokojowych<sup>130</sup>. Ponadto w 1973 roku Iran podpisał porozumienie o zabezpieczeniach (weszło w życie 15 maja 1974 r.), które regulowało kontrolę materiałów rozszczepialnych, dostarczanie informacji do MAEA oraz niepozyskiwanie materiałów jądrowych niemających zastosowania cywilnego<sup>131</sup>. Oznaczało to zgodę na inspekcje funkcjonariuszy MAEA, mające wykluczyć ewentualne przetwarzanie materiałów nuklearnych do użytku militarnego. MAEA powinna być informowana o każdym przywozie lub wywozie materiału rozszczepialnego.

Podczas gdy Amerykanie skupili się głównie na szkoleniu specjalistów z dziedziny atomistyki, francuskie i niemieckie przedsiębiorstwa podjęły się budowy elektrowni. W 1974 roku podpisano umowy wstępne na budowę czterech reaktorów jądrowych z Siemens-KWU (Buszehr) i Framatome (Darkhovin/Ahwaz). W latach 1975–1976 rozpoczęły się prace przygotowawcze do budowy dwóch reaktorów jądrowych (1293 MWe) w elektrowni, 18 km na południe od Buszehr, na wybrzeżu Zatoki Perskiej. Umowa została podpisana w połowie 1976 roku, a kwota 3 mld USD zapłacona<sup>132</sup>. Paliwo jądrowe płynęło na Bliski Wschód nie tylko ze Stanów Zjednoczonych i Niemiec, ale także z Francji. W Darkhovin – 70 km na południe od miasta Ahwaz – na rzece Karun, niedaleko granicy z Irakiem, w styczniu 1979 roku rozpoczęto budowę dwóch francuskich jednostek (910 MWe każda) na podstawie kontraktu zawartego w październiku 1977 roku z Framatome (o wartości 2 mld USD)<sup>133</sup>.

Rozwój irańskiego programu atomowego na dobre wstrzymała rewolucja islamska ajatollaha Chomeiniego, który nie chciał żadnych kontaktów z Zachodem i był niechętny kontynuacji programów i badań mających na celu rozwijanie i zwiększanie potencjału militarnego kraju, uzależniającego go *de facto* od zachodniej technologii i atomowego *know-how*. Niechęć Chomeiniego do nowoczesnych, zaawansowanych technologii, w tym EJ, wynikała z zastrzeżeń natury religijnej – nie sprzyjały one purytańskiemu stylowi życia muzułmanina.

---

<sup>130</sup> E. Pan, *Iran: Curtailing the Nuclear Program*, 13<sup>th</sup> May 2004, Council on Foreign Relations, <http://www.cfr.org/iran/iran-curtailing-nuclear-program/p7821> (dostęp: 26.09.2015).

<sup>131</sup> *The Text of the Agreement between Iran and the Agency for the Application of Safeguards in Connection with the Treaty on the Non-proliferatio of Nuclear Weapons*, INFCIRC/214, 13<sup>th</sup> December 1974.

<sup>132</sup> *Nuclear Power in Iran*, WNA, August 2015.

<sup>133</sup> W Iranie rozpoczęto też budowę kilku innych jednostek, m.in. w Isfahan, Saveh, na podstawie planu rozwoju EJ z 1974 r.

Odsunięcie szacha od władzy w styczniu 1979 roku spowodowało zawieszenie programu nuklearnego i późniejszy brak zainteresowania nowego reżimu dalszym rozwojem tej technologii. Stąd też jego decyzje o zakończeniu programu nuklearnego i wielu innych prac naukowo-badawczych w zakresie technologii militarnych. W kwietniu 1979 roku anulowano umowę z francuskim Framatome'em budującym reaktory w elektrowni Darkhovin/Ahwaz, a niewypłacenie należności dla niemieckiego Siemensu spowodowało wstrzymanie prac wykończeniowych w Buszehr<sup>134</sup>. Islamska rewolucja w 1979 roku definitywnie zakończyła też zagraniczną pomoc jądrową w tamtym czasie<sup>135</sup>.

W związku z planami zabezpieczenia dostaw wzbogaconego paliwa do programu nuklearnego w 1974 i 1977 roku Iran przekazał 1,18 mld USD francuskiej Komisji Energii Atomowej (CEA), nabywając 10% udziałów w zakładzie wzbogacania paliwa uranowego Eurodif w Tricastin i pośrednio dostęp do technologii (uprawniające do wykorzystania 10% produkcji zakładu)<sup>136</sup>. Elektrownia nigdy nie dostarczyła wzbogaconego uranu do Iranu. W 1991 roku kraj ten zażądał dostaw przysługującego mu uranu (według umowy), ale spotkało się to z odmową Francji ze względu na obowiązujące sankcje polityczno-gospodarcze. Dla Iranu był to dowód, że nie może on polegać na zewnętrznych dostawcach paliwa, i by osiągnąć niezależność energetyczną, musi mieć pełną kontrolę nad cyklem paliwowym.

W trakcie wojny w latach 1984–1988 lotnictwo irackie uszkodziło wiele irańskich obiektów, w tym reaktory w Buszehr. Doświadczenia z czasów wojny z Irakiem sprawiły, że władze irańskie zmieniły swe pierwotne stanowisko w kwestii technologii jądrowych (militarnych i cywilnych). Iran powrócił do programu jądrowego pod koniec lat 80. XX wieku. W 1992 roku podpisano umowę z Chinami na budowę dwóch reaktorów (300 MWe każdy) w Darkhovin (wzorowany na elektrowniach w Qinshan w Chinach i Chaszma w Pakistanie), ale Chiny jeszcze przed rozpoczęciem budowy wycofały się z tego kontraktu na skutek presji Stanów Zjednoczonych.

W 1994 roku Rosja podjęła prace dokończenia budowy jednostki w Buszehr (typ WWER-1000). Wiązało się to z dużymi zmianami, włącznie z budową

---

<sup>134</sup> Elementy techniczne elektrowni Darkhovin/Ahwaz zostały zachowane we Francji i wykorzystane do budowy elektrowni Gravelines C (bloki 5 i 6) uruchomionej w 1985 r.

<sup>135</sup> Na początku lat 80. XX w. Iran zakupił 450 ton rud uranu z RPA, z czego większość została przetworzona w zakładzie w Isfahanie.

<sup>136</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...* Po wystąpieniu Szwecji z konsorcjum Eurodif (1974) w 1975 r. 10% szwedzkich udziałów zostało przekazanych Iranowi w wyniku porozumienia między Francją a Iranem. Francuska spółka rządowa Cogema i irański rząd ustanowiły przedsiębiorstwo Sofidif (*Société franco-iranienne pour l'enrichissement de l'uranu par diffusion gazeuse*) z udziałami odpowiednio 60% i 40%. Sofidif nabyło z kolei 25% udziałów w Eurodifie, przez które Iran uzyskał 10% udziałów w Eurodifie. Iran pozostaje akcjonariuszem Eurodifu, ale odmawia mu się prawa do nabycia wzbogaconego uranu.

wszystkich komponentów reaktora w Rosji (kontrakt z Atomstrojexportem). Reaktor w końcu rozpoczął pracę w maju 2011 roku, a we wrześniu 2011 roku został podłączony do sieci (do komercyjnej eksploatacji przekazano go na początku 2012 r.). Paliwo do reaktora jest dostarczane przez Rosję, która ma również odbierać zużyte paliwo, co powinno wyeliminować jego wykorzystanie w celach innych niż pokojowe, a także przekonać Iran o braku konieczności budowy własnych zakładów przetwarzania w Iranie. Wszystkie prace były prowadzone pod nadzorem MAEA, która nadzoruje także funkcjonowanie reaktora.

Iran ogłosił, że rozpoczęto prace nad studium wykonalności dla kolejnej jednostki o mocy 5000 MW. Uruchomienie reaktora w Buszehr pozwala na eksport około 1,6 mln ton (tj. 11 mln baryłek) ropy rocznie lub około 1,8 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego, co daje Iranowi znaczące dochody do budżetu<sup>137</sup>.

Od 2002 roku społeczność międzynarodowa koncentrowała się na dyplomatycznych próbach skłonienia Iranu do zaprzestania dalszego wzbogacania uranu. Iran przyciągnął uwagę świata po kontrolach MAEA w nierejestrowanych obiektach jądrowych. W ich trakcie MAEA wykazała niespójność w deklaracjach Iranu, co zrodziło wątpliwości dotyczące przestrzegania zobowiązań NPT, do którego kraj ten przystąpił w 1970 roku, oraz środków zabezpieczających (przyjętych przez Iran w 1974 r.). Iran dysponuje reaktorem badawczym (5 MW) w Teheranie, działającym od 1967 roku w Teherańskim Centrum Badań Naukowych (w jego skład wchodzi centrum badań nuklearnych w Isfahanie, monitorowane i kontrolowane przez MAEA, gdzie można rozwijać technologię plutonową na laboratoryjną skalę). Reaktor ten wymaga uranu wzbogaconego do 19,75% (116 kg takiego paliwa zostało dostarczonych przez Argentynę w 1993 r., co wystarczało na 10–20 lat pracy reaktora)<sup>138</sup>. W 2000 roku Iran zadeklarował zamiar zbudowania zakładu konwersji uranu w Centrum Technologii Jądrowych w Isfahanie. W tym samym czasie rozpoczął budowę w Natanz zaawansowanego podziemnego zakładu wzbogacania paliwa uranowego, który został zadeklarowany MAEA w 2002 roku. W 2002 roku obiekty jądrowe stały się przedmiotem kontroli śledczej MAEA, która ustaliła, że ich działanie narusza postanowienia NPT. Inspektorzy MAEA znaleźli ślady wysokowzbogaconego uranu w innym zakładzie w Kalaye Electric Co. w Teheranie. Stało się to podstawą do międzynarodowego śledztwa oraz obaw o niezgodność działań Iranu z umowami o środkach zabezpieczających z MAEA. Wątpliwości odnośnie do intencji Iranu zostały dodatkowo podsycone przez odkrycie w 2009 roku podziemnego zakładu wzbogacania Fordow (Fordow Enrichment Plant). W 1991 roku Iran sprowadził 1,8 ton rud uranu z Chin, ale nie zadeklarował tego aż do

<sup>137</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>138</sup> Zapas ten został wyczerpany w 2009 r. W 2009 r. wydawało się prawdopodobne, że Rosja może dostarczyć paliwo do reaktora badawczego. W lutym 2010 r. rząd nakazał AEOI rozpocząć wzbogacanie irańskiego uranu do 19,75%.



2002 roku<sup>139</sup>. Kraj ma bardzo małe rezerwy uranu, niewystarczające do własnego programu jądrowego. Iran dysponuje centrum badań jądrowych w Isfahanie (małe, badawcze reaktory jądrowe dostarczane przez Chiny)<sup>140</sup>. W zakładzie dokonuje się konwersji uranu potrzebnego między innymi do obsługi reaktora IR-40 i potencjalnie reaktora w Buszehr<sup>141</sup>. Iran twierdził, że wzbogaca uran na potrzeby energetyczne, używał jednak ulepszonych wirówek, które pozwalały uzyskać uran z dużą procentową zawartością rozszczepialnego izotopu U-235 – taką, jaka jest potrzebna do budowy bomby atomowej.

Współpraca agencji z Iranem była ograniczona ze względu na utrudniony dostęp do niektórych obiektów związanych z programem nuklearnym, toteż w raporcie Dyrektora Generalnego MAEA z 6 czerwca 2003 roku (*Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran*) podkreślono kwestię niewypełniania przez Iran zobowiązań umowy o zabezpieczeniach, w tym między innymi niepoinformowania agencji o imporcie rudy uranu i jej przetwarzaniu, o ośrodkach, w których jest składowany i przetwarzany, oraz o zakładach przechowywania odpadów radioaktywnych w Anaraku i Isfahanie<sup>142</sup>. Raport MAEA z 10 listopada 2003 roku jednoznacznie wskazywał zaś, że Iran naruszał umowę dotyczącą środków zapobiegawczych od ponad 22 lat, systematycznie ukrywając rozwój własnych technologii niezbędnych do produkcji broni jądrowej. Wskazywał też, że Iran dąży do przeprowadzenia pełnego cyklu paliwowego – włączając w to wydobycie, przetworzenie i wzbogacenie uranu, produkcję ciężkiej wody oraz wykorzystywanie reaktora na lekką wodę – a także planuje budowę reaktora na ciężką wodę<sup>143</sup>. Iran przyznał się do działań, jakie mu zarzucano, ale stwierdził, że były one nieistotne, a wzbogacenie uranu i odzyskiwanie plutonu ze zużytego paliwa przeprowadzono w skali laboratoryjnej. Do maja 2015 roku wyprodukowano w sumie 102 tony paliwa uranowego, a także 6 ton wzbogaconego uranu (3,4%)<sup>144</sup>. Raport MAEA 2003 stwierdzał, że choć nie znaleziono dowodów na

---

<sup>139</sup> Iran posiada małą maszynę separacji elektromagnetycznej zakupioną od Chin, nienadającą się do programu wojskowego, aczkolwiek wystarczającą, by zdobyć wiedzę techniczną potrzebną do wytworzenia własnych zakładów tego typu. Chiny podpisały z Iranem także umowę dotyczącą procesów obróbki uranu i projektowania zakładów.

<sup>140</sup> Zakład przetwarzania paliwa w Isfahanie przetwarzał blisko 20% wzbogacony uran. Zakład Kalaye i zakład produkcji ciężkiej wody w Araku nie podlegały nadzorowi MAEA.

<sup>141</sup> Iran buduje jednostkę IR-40 (40 MW), moderowany ciężką wodą reaktor w Araku zasilany uranem, który ma zastąpić stary reaktor w Teheranie i jest bardzo podobny do tych stosowanych przez Indie i Izrael w celu wytwarzania plutonu do celów militarnych.

<sup>142</sup> R. Fiedler, *op. cit.*, s. 106–107.

<sup>143</sup> *Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran*, GOV/2003/75, 10<sup>th</sup> November 2003, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gov2003-75.pdf> (dostęp: 30.09.2015).

<sup>144</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

istnienie programu konstrukcji broni jądrowej, to nie można zakładać, że irański program jądrowy był wykorzystywany wyłącznie w celach pokojowych<sup>145</sup>.

Iran posiadał program wzbogacania uranu rozwijany w ukryciu przez wiele lat, twierdząc, że ma prawo do posiadania energii atomowej ze względu na szybko rosnącą populację i zapotrzebowanie na energię. Były prezydent Mahmud Ahmadineżad ogłosił wznowienie programu wzbogacania uranu, stwierdzając, że kraj ma „niezwykłe prawo” do produkcji paliwa jądrowego. Wkrótce po tym Iran wznowił wzbogacanie uranu, za co był kilkakrotnie karany sankcjami RB ONZ.

Jesienią 2004 roku społeczność międzynarodowa dała wyraz zaniepokojeniu działalnością jądrową Iranu, a MAEA zażądała szczegółowych informacji, krytykując go za brak współpracy w śledztwie i testowanie ulepszonych wirówek do wzbogacania uranu. Francja, Niemcy i Wielka Brytania podjęły działania dyplomatyczne, próbując zweryfikować charakter badań nad energią atomową prowadzonych przez Teheran. 21 października 2003 roku w Teheranie władze Iranu oraz ministrowie spraw zagranicznych trzech państw zachodnich podpisali dokument znany jako deklaracja teherańska<sup>146</sup>. Gwarantował on zgodę Iranu na pełną współpracę z MAEA oraz podpisanie dodatkowego protokołu do traktatu NPT w sprawie niezapowiedzianych inspekcji oraz wstrzymanie wzbogacania uranu „na okres przejściowy”<sup>147</sup>. Przedstawiciele Iranu tylko werbalnie zadeklarowali, że zaakceptują dodatkowy protokół do umowy o środkach zabezpieczających i zawieszają wszelkie działania związane ze wzbogacaniem i ponownym przetwarzaniem uranu (w szczególności w Natanz). W rzeczywistości – mimo że w sierpniu 2005 roku rada MAEA wezwała Teheran do wstrzymania prac związanych ze wzbogacaniem uranu – Iran ogłosił, że będzie je kontynuował<sup>148</sup>. 24 września 2005 roku agencja uchwaliła rezolucję uznającą, że Iran nie stosuje się do zobowiązań wynikających z traktatu NPT i że zaniechania te są podstawą do skierowania sprawy do RB ONZ<sup>149</sup>. W lutym 2006 roku MAEA uchwaliła rezolucję w sprawie poddania kwestii irańskiego programu nuklearnego pod obrady RB ONZ (co nastąpiło w marcu 2006 r.),

---

<sup>145</sup> *Ibidem*.

<sup>146</sup> *Iran Declaration*, BBC, 21<sup>st</sup> October 2003, [http://news.bbc.co.uk/2/hi/middle\\_east/3211036.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/middle_east/3211036.stm) (dostęp: 30.09.2015).

<sup>147</sup> W lutym 2004 r. ujawnione zostało, że ojciec pakistańskiego programu atomowego Abdul Qadeer Khan od końca lat 80. zaopatrywał w sprzęt do produkcji broni atomowej Iran, Libię i Koreę Północną. To pogłębiło podejrzenia państw zachodnich co do intencji Iranu.

<sup>148</sup> Uruchomiono zakład w Isfahan o wydajności 200 ton paliwa jądrowego rocznie. Uran pochodzący z irańskich kopalni ma jednak dużą zawartość molibdenu i innych zanieczyszczeń, które stwarzają trudności we wzbogaceniu, a w szczególności w wysokim wzbogaceniu.

<sup>149</sup> *Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran Resolution Adopted on 24<sup>th</sup> September 2005*, GOV/2005/77, IAEA, 24<sup>th</sup> September 2005, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gov2005-77.pdf> (dostęp: 30.09.2015).

a za przyjęciem rezolucji po raz pierwszy wraz ze Stanami Zjednoczonymi i UE głosowały Rosja i Chiny<sup>150</sup>. W rezultacie Iran zawiesił dobrowolną współpracę z MAEA i potwierdził wznowienie wzbogacania uranu. 10 stycznia 2006 roku Iran nakazał inspektorom MAEA usunięcie plomb w zakładzie wzbogacania uranu w Natanz i ogłosił wznowienie badań nad paliwem jądrowym. 29 marca 2006 roku RB ONZ wydała oświadczenie wzywające ten kraj do zakończenia wzbogacania uranu w ciągu 30 dni pod groźbą izolacji międzynarodowej, ale 11 kwietnia 2006 roku prezydent Mahmud Ahmadineżad ogłosił, że Iran opłynał cykl paliwa jądrowego, osiągnął pożądany poziom wzbogacania uranu dla elektrowni atomowych i tym samym dołączył do „państw atomowych na świecie”<sup>151</sup>. W czerwcu 2006 roku zakłady wzbogacania paliwa w Natanz dysponowały 164 wirówkami, które wytworzyły wzbogacony materiał paliwowy (3,6%). Budowa podziemnego zakładu wzbogacania paliwa była w toku. Instalacje podlegały ograniczonej kontroli MAEA. Po trzech latach śledztwa agencja nie uzyskała koniecznych informacji pozwalających jednoznacznie wykluczyć fakt, że Iran potajemnie wykorzystuje instalacje cywilne na cele wojskowe. W marcu 2007 roku rząd rosyjski postawił nawet ultimatum, że dopóki Iran całkowicie nie zawiesi swojego programu wzbogacania uranu, Rosja nie dostarczy paliwa do niemal ukończonego reaktora w Buszehr<sup>152</sup>.

W dniu 24 marca 2007 roku RB ONZ jednogłośnie uchwaliła rezolucję nakładającą dalsze sankcje na Iran, potwierdzając, że musi on wdrożyć zalecenia wydane przez MAEA, a w szczególności zawiesić program wzbogacania uranu<sup>153</sup>. 9 kwietnia 2007 roku Mahmud Ahmadineżad w przemówieniu w głównym ośrodku atomowym Natanz powiedział, że Iran posiadał zdolność wzbogacania uranu na skalę przemysłową<sup>154</sup>. W połowie maja 2007 roku MAEA ogłosiła, że irańskie wirówki wzbogacają uran do 4,8%, a kolejne są budowane w Natanz wbrew zaleceniom ONZ. MAEA stwierdziła, że Iran wciąż doskonali swoją wiedzę na temat wzbogacania uranu i zwiększa zdolności wzbogacania w swoich zakładach. Skutkowało to przyjęciem 3 marca 2008 roku przez

---

<sup>150</sup> *Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran Resolution Adopted on 4<sup>th</sup> February 2006*, GOV/2006/14, IAEA, 4<sup>th</sup> February 2006, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gov2006-14.pdf> (dostęp: 30.09.2015).

<sup>151</sup> *Iran Says It Joins Countries with Nuclear Technology*, CNN International, 12<sup>th</sup> April 2006, <http://edition.cnn.com/2006/WORLD/meast/04/11/iran.nuclear> (dostęp: 15.09.2015).

<sup>152</sup> Ostatecznie 82 tony paliwa jądrowego zostały dostarczone do zakładu w Buszehr na początku 2008 r.

<sup>153</sup> *Resolution 1747 (2007) Adopted by the Security Council at its 5647<sup>th</sup> Meeting on 24<sup>th</sup> March 2007*, S/RES/1747 (2007), Security Council United Nations.

<sup>154</sup> *Iran Raises Stakes with Claim of Nuclear Leap*, 10<sup>th</sup> April 2007, „The Guardian”, <http://www.theguardian.com/world/2007/apr/10/iran.topstories3> (dostęp: 22.09.2015); K.-U. Schroggl, Ch. Mathieu, N. Peter (red.), *Yearbook on Space Policy 2006/2007: New Impetus for Europe*, Springer, Vienna 2010, s. 8.

RB ONZ rezolucji nr 1803, nakładającej na Iran trzecią serię sankcji, obejmującą rozszerzenie listy osób i firm podlegających zamrożeniu aktywów i zakazowi podróży oraz zakaz eksportu do Iranu towarów podwójnego zastosowania<sup>155</sup>.

MAEA w sierpniu 2008 roku przedstawiła Iranowi materiały wskazujące, że w tamtejszych jednostkach badawczych mogą być prowadzone badania nad bronią jądrową. Agencja zainteresowała się także spotkaniami Irańczyków z członkami tajnej sieci zorganizowanej przez pakistańskiego inżyniera Abdula Qadeera Khana. Pomimo nacisków RB ONZ Iran nie zawiesił działalności związanej ze wzbogacaniem ani prac nad projektami dotyczącymi ciężkiej wody. W obliczu odmowy współpracy i nieuściępliwości władz irańskich w lutym 2010 roku francuski senator Jean-Pierre Chevènement zaznaczył w swoim raporcie, że po uzyskaniu przez Iran broni jądrowej może nastąpić „kaskada proliferacji”, co wymaga wzmocnienia międzynarodowej mobilizacji i kontroli wobec irańskiego (a także północnokoreańskiego) programu atomowego<sup>156</sup>. Odpowiedź społeczności międzynarodowej i kontrola proliferacji stały się konieczne, by powstrzymać inne kraje przed prowadzeniem działań nuklearnych w celach innych niż pokojowe.

MAEA stwierdziła w listopadzie 2007 roku, że dopóki protokół dodatkowy nie zostanie ratyfikowany i wdrożony, dopóty nie jest możliwe zweryfikowanie istnienia niezadeklarowanych materiałów jądrowych. Tymczasem wzbogacanie było kontynuowane wbrew rezolucji RB ONZ. W listopadzie 2007 roku Iran ogłosił, że cel uruchomienia 3 tys. wirówek został osiągnięty. W lipcu 2008 roku stwierdził, że pracuje 6 tys. wirówek, a do maja 2015 roku uruchomiono już 15 420 urządzeń<sup>157</sup>.

Iran grał na czas od 2002 roku, gdy odkryto jego działania sprzeczne z regułami NPT, i w tym czasie rozwijał własne zdolności do wzbogacania paliwa do wysokiego poziomu. We wrześniu 2009 roku Iran ujawnił, że budował kolejny zakład wzbogacania uranu – zakład Fordow – około 20 km na północ od Kom w dobrze chronionym przed atakiem wojskowym kompleksie tuneli. MAEA przeprowadziła pierwszą inspekcję zakładu w październiku 2009 roku. W lutym 2013 roku zakład wytwarzał uran wzbogacony do 19,75% w tempie 10,25 kg/miesiąc (do stycznia 2014 r. zakład wytworzył 246 kg tego materiału)<sup>158</sup>. Istnienie zakładu Fordow miało szczególne znaczenie, gdyż

---

<sup>155</sup> *Resolution 1803 (2008) Adopted by the Security Council at Its 5848<sup>th</sup> Meeting on 3<sup>rd</sup> March 2008, /RES/1803 (2008)*, [https://www.iaea.org/sites/default/files/unsc\\_res1803-2008.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/unsc_res1803-2008.pdf) (dostęp: 30.09.2015).

<sup>156</sup> *Désarmement, non-prolifération nucléaires et sécurité de la France, Rapport d'information n 332 (2009–2010) de M. J.-P. Chevènement fait au nom de la commission des affaires.*

<sup>157</sup> Do maja 2015 r. całkowita produkcja niskowzbogaconego uranu w irańskich zakładach wzbogacania wyniosła ponad 14 ton, za: *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>158</sup> *Ibidem.*

dawało Iranowi wystarczające zdolności do wytworzenia materiału rozszczepialnego klasy wojskowej<sup>159</sup>.

W czerwcu 2010 roku Iran ogłosił, że planuje odbudowę czterech reaktorów badawczych do produkcji izotopów medycznych. Plan ten byłby uzasadnieniem produkcji większej ilości uranu wzbogaconego do poziomu 20%, co wzbudziło znów międzynarodowe obawy. Co więcej, Iran ogłosił, że może zbudować okręt podwodny o napędzie atomowym, gdyż to potencjalnie legitymizowałoby posiadanie przez kraj wysoko wzbogaconego paliwa uranowego. Na całym świecie uznano to jako pretekst do produkcji uranu klasy wojskowej<sup>160</sup>.

Program atomowy Iranu postrzegany był jako wzmocnienie hegemonicznych aspiracji tego państwa oraz zachęcenie innych państw do posiadania broni jądrowej i osłabienie międzynarodowego reżimu nieprolifracji. Powstrzymanie Iranu stało się tym bardziej istotne, że Arabia Saudyjska po nuklearyzacji Iranu w krótkim czasie mogłaby pozyskać od Pakistanu technologie niezbędne do wyprodukowania broni jądrowej, zwłaszcza jeśli uznałaby, że gwarancje bezpieczeństwa ze strony amerykańskiej są niewystarczające i konieczny jest własny parasol nuklearny<sup>161</sup>.

Po 2011 roku kryzys wokół irańskiego programu się pogłębił, a państwa zachodnie poszły w kierunku jednostronnych sankcji wymierzonych w Iran, po tym jak rezolucja Rady Gubernatorów MAEA z listopada 2011 roku – w wyniku zabiegów Rosji, Chin i kilku państw ruchu niezaangażowanych – nie skrytykowała bezpośrednio Iranu i nie uchwaliła środków karnych. Skłoniło to Stany Zjednoczone, Wielką Brytanię, Francję i Kanadę oraz inne państwa zachodnie do nałożenia jednostronnych sankcji na irański sektor energetyczny i finansowy. W ślad za tym poszła UE<sup>162</sup>. Sankcje te okazały się dewastujące dla irańskiej gospodarki, gdyż ograniczenie eksportu ropy naftowej spowodowało olbrzymie straty.

Rosnąca izolacja i problemy gospodarcze przyczyniły się w 2013 roku, po wyborze Hasana Rouhaniego na prezydenta, do wznowienia negocjacji Iranu z grupą P-5+1 (stali członkowie RB ONZ i Niemcy), jak również zwiększenia transparentności zamierzeń Teheranu w odniesieniu do oczekiwań MAEA.

---

<sup>159</sup> Posiadając uran wzbogacony do ok. 20% U-235, można stosunkowo niewielkim nakładem środków przetworzyć go w materiał klasy wojskowej.

<sup>160</sup> W latach 2009–2010 irański program wzbogacania paliwa został sparaliżowany przez wirus komputerowy Stuxnet, który zainfekował systemy sterowania irańskich wirówek (IR-1). Około tysięcy wirówek zostało zlikwidowanych, gdyż wirus powodował fizyczne zniszczenie urządzeń przez nadmierny wzrost prędkości obrotowej silników.

<sup>161</sup> R. Fiedler, *op. cit.*, s. 102.

<sup>162</sup> M. Landlernov, *United States and Its Allies Expand Sanctions on Iran*, NYT, 21<sup>st</sup> November 2011; *EU Significantly Extends Sanctions against Iran*, Reuters, 23<sup>rd</sup> May 2011; A.H. Cordesman, B. Bosserman, S. Khazai, *U.S. and Iranian Strategic Competition: The Sanctions Game: Energy, Arms Control, and Regime Change*, Center for Strategic and International Studie, April 2012.

W wyniku rozmów obie strony podpisały w listopadzie 2013 roku wstępne porozumienie i zarysowały dalszy plan wspólnych działań mających na celu uregulowanie sporu (tzw. *Joint Plan of Action*, JPOA)<sup>163</sup>. Przedłużone w listopadzie 2014 roku rozmowy nuklearne P-5+1 z Iranem przewidywały wydłużenie czasu obowiązywania JPOA i zakładały wypracowanie kompleksowego porozumienia do 30 czerwca 2015 roku. W kwietniu 2015 roku, po kilkudziesięciu miesiącach międzynarodowych negocjacji, MAEA podpisała mapę drogową z Iranem, dotyczącą jego programu nuklearnego. Główne elementy wstępnego porozumienia to ograniczenie irańskich zdolności wzbogacania uranu w zamian za stopniowe uchylanie sankcji nałożonych na Teheran przez Stany Zjednoczone i UE – po zweryfikowaniu przez MAEA, że Iran wypełnia swoje zobowiązania. Oddzielna kwestia to porozumienie dotyczące dostępu oenztetowskich inspektorów do irańskiej bazy wojskowej Parczin niedaleko stolicy<sup>164</sup>. Iran zgodził się też nie budować nowych obiektów służących do wzbogacania uranu przez 15 lat, a także przez co najmniej 15 lat nie wzbogacać uranu powyżej poziomu 3,67%. W ramach przyszłego porozumienia przez 25 lat mają być prowadzone inspekcje irańskiego łańcucha dostaw uranu. Iran ma dysponować około 6 tys. aktywnych wirówek (wobec 19 tys. w 2015 r.). Iran zadeklarował, że zamknie reaktor, który mógłby produkować pluton. Irańczycy będą mogli prowadzić proces wzbogacania uranu tylko w jednym ośrodku – w Natanz. Drugi ośrodek w Fordow (przez długi okres niezadeklarowany) ma zostać przekształcony w ośrodek dla naukowców. Iran zgodził się też przekazać za granicę znaczącą część zapasów wzbogaconego uranu. W zamian zniesione zostaną wszystkie sankcje nałożone na kraj w związku z irańskim programem nuklearnym. Irański parlament przegłosował w październiku 2015 roku ustawę zatwierdzającą porozumienie ze światowymi mocarstwami<sup>165</sup>. Do końca 2015 roku mają zostać uzgodnione wszelkie kwestie sporne i rozbieżności, które dotyczą między innymi terminu i tempa, w jakim mają być cofnięte międzynarodowe sankcje nałożone na Iran. Sporną kwestią pozostały zasady kontroli irańskich instalacji i mechanizmów monitorowania<sup>166</sup>.

---

<sup>163</sup> *Joint Plan of Action*, Geneva, 24<sup>th</sup> November 2013, European External Action Service, [http://eeas.europa.eu/statements/docs/2013/131124\\_03\\_en.pdf](http://eeas.europa.eu/statements/docs/2013/131124_03_en.pdf) (dostęp: 22.09.2015).

<sup>164</sup> MAEA podejrzewa, że w obiekcie Parczin przeprowadzane były testy detonatorów mogących służyć do rozwoju militarnego programu atomowego, za: R. Fiedler, *op. cit.*, s. 121.

<sup>165</sup> Decyzję parlamentu musi zatwierdzić Rada Strażników, która nadzoruje prace posłów. Parlamentarzyści zastrzegli, że międzynarodowi inspektorzy będą mieć ograniczony dostęp do irańskich obiektów wojskowych.

<sup>166</sup> We wrześniu 2015 r. republikanom nie udało się w Senacie zablokować przyjęcia porozumienia z Teheranem w sprawie irańskiego programu nuklearnego.

## 11.7. Irak, Libia, Syria

**Irak.** Do NPT Irak dołączył w 1969 roku, a jego umowa o środkach zabezpieczających z MAEA została zawarta w 1972 roku. Do 1991 roku kraj ten próbował jednak wzbogacić rodzimy uran, by uzyskać materiał klasy wojskowej z naruszeniem założeń NPT i środków przeciwdziałania.

W listopadzie 1975 roku Francja podpisała umowę dotyczącą współpracy z Irakiem w zakresie pomocy technicznej w budowie dużego reaktora badawczego w Osiraku (reaktor na lekką wodę używający wysokowzbożonego paliwa uranowego), mimo że Saddam Husajn nie krył swoich intencji i tuż przed jej zawarciem mówił w arabskich mediach, że „jego kraj jest zaangażowany w pierwszą arabską próbę uzbrojenia armii w broń jądrową”<sup>167</sup>. Irak zakupił od Francji dwa reaktory jądrowe typu Ozyrys, a w styczniu 1976 roku ruszyły pierwsze prace przygotowawcze przy budowie elektrowni atomowej<sup>168</sup>. Umowa między Francją a Irakiem wykluczała jego wykorzystanie w celach wojskowych i ograniczała jego stosowanie wyłącznie na cele badawcze.

Ponieważ Irak prowadził badania nad bombą jądrową, toteż w 1980 roku elektrownię najpierw ostrzelali Irańczycy, a rok później – w czerwcu 1981 roku – izraelskie siły powietrzne zbombardowały cywilny iracki reaktor badawczy Tammuz-1 w Osiraku będący w zaawansowanej fazie budowy w celu wyeliminowania możliwości zdolności Bagdadu do budowy bomby<sup>169</sup>. Atak (operacja Opera, znana także jako operacja Babilon) spowodował zniszczenie kopuły

---

<sup>167</sup> M. Schneider, *Nuclear France Abroad...*, s. 16. Nazwa reaktora została jednak oficjalnie zmieniona z Osiris na Osirak. Wkrótce potem Irakijczycy zmienili nazwę 70 MW reaktora na Tammuz-1 i Tammuz-2.

<sup>168</sup> Irak starał się na początku o zakup dużych reaktorów zdolnych do znacznej produkcji plutonu. Bagdad chciał kupić reaktor o mocy 500 MW chłodzony gazem. Ten typ reaktora, przy użyciu grafitu jako moderatora i naturalnego uranu jako paliwa, był przestarzałym źródłem zasilania, ale służył kiedyś za trzon brytyjskich i francuskich nuklearnych programów zbrojeniowych. Po nieudanych zabiegach mających przekonać rząd francuski do sprzedaży reaktora gazowo-grafitowego (AGR) rząd iracki zgodził się na kupno reaktora badawczego typu Ozyrys wraz z towarzyszącymi mu laboratoriami. W kwietniu 1975 r. francuskie władze zgodziły się sprzedać Irakowi reaktor o mocy 70 MW typu Ozyrys (reaktor ten miał nominalną moc pracy wynoszącą 40 MW, ale w rzeczywistości w stanie ciągłej pracy osiągał 70 MW) do badania materiałów radioaktywnych i mniejszych reaktor typu Isis o mocy 1 MW. Był to sprytny plan Iraku, gdyż reaktora chciano używać do naświetlania uranu w celu wyprodukowania specjalnego izotopu Pu-239 (podstawowego izotopu rozszczepialnego).

<sup>169</sup> Już w styczniu 1976 r. izraelski Kneset uznał projekt za zagrożenie dla izraelskiego społeczeństwa. *When Iran Bombed Iraq's Nuclear Reactor*, <http://nsarchive.wordpress.com/2012/03/09/document-friday-when-iran-bombed-iraqs-nuclear-reactor> (dostęp: 9.03.2012); *1981: Israel Bombs Baghdad Nuclear Reactor*, [http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid\\_3014000/3014623.stm](http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid_3014000/3014623.stm) (dostęp: 11.04.2012).

reaktora, zanim jeszcze ten rozpoczął pracę<sup>170</sup>. Był to pierwszy światowy atak na reaktor atomowy. Zgromadzenie Ogólne ONZ przyjęło rezolucję określającą operację jako bezprecedensowy akt agresji, zobowiązując Izrael do szybkiej i właściwej wypłaty odszkodowania za szkody i spowodowane straty (rezolucja stanowczo wzywała Izrael do powstrzymania się od podejmowania takich działań w przyszłości)<sup>171</sup>.

Irak kontynuował prace nad EJ, a główną częścią programu był rozwój umiejętności wzbogacania uranu. Irakijczycy wykonali podstawowe prace w zakładzie badań jądrowych w miejscowości Tuwaitha koło Bagdadu i wybudowali dwa kolejne zakłady w Tarmiyi i Ash Shargat na północ od stolicy. Prace zostały wstrzymane, gdy wybuchła I wojna w Zatoce Perskiej. Po zwycięskiej operacji Pustynna Burza (1991) dotychczasowy program nuklearny został w dużej mierze ujawniony i wstrzymany<sup>172</sup>. Odkrycia poczynione po wojnie zaskoczyły agentów wywiadów i analityków na całym świecie i wywołały dyskusję, jak efektywnie monitorować programy jądrowe. Nuklearny kompleks w Al-Atheer, 40 km na południe od Bagdadu, został wysadzony w powietrze pod dozorem ONZ w kwietniu 1992 roku<sup>173</sup>. Irak potajemnie kontynuował swoje ambitne plany nuklearne, ale pod ciągłymi restrykcjami ONZ i MAEA, co doprowadziło do zniszczenia lub unieszkodliwienia irackich zdolności budowy broni jądrowej do połowy 1998 roku, kiedy to zawiesił współpracę z ONZ. Operacja militarna przeciwko Irakowi w 2003 roku potwierdziła, że tamtejszy reżim nie był zdolny wytworzyć broni masowej zagłady.

**Libia.** Zainicjowała cywilny program badań jądrowych, ale jego celem nie było wyłącznie pokojowe wykorzystanie. Wbrew postanowieniom NTP

---

<sup>170</sup> Według izraelskiego wywiadu wojskowego instalacja jądrowa została zakupiona w celu produkcji plutonu dla irackiego programu broni jądrowej. Izrael podjął też szeroko zakrojoną akcję propagandową skierowaną przeciwko irackiemu projektowi atomowemu, ostrzegając Europę i świat przed iracką bronią atomową. Irak zawarł też umowę z Brazylią w październiku 1979 r., która zakładała współpracę w zakresie wzbogacania materiałów promieniotwórczych przez technikę odwirowania.

<sup>171</sup> *Resolution 487 (1981) Adopted by the Security Council at Its 2288<sup>th</sup> Meeting on 19<sup>th</sup> June 1981*, <http://unispal.un.org/UNISPAL.NSF/0/6C57312CC8BD93CA852560DF00653995> (dostęp: 15.09.2015).

<sup>172</sup> Głównym komponentem irackiego programu nuklearnego było wzbogacanie uranu oparte na technologii separacji elektromagnetycznej. Opanowanie tej technologii było największym zaskoczeniem, ponieważ nic o nich nie wiedziały żadne inspekcje międzynarodowe sprzed Pustynnej Burzy. Irak aktywnie rozwija także technologię separacji wirówkowej. Nad technologią separacji plutonu pracowano w elektrowni Tuwaitha w latach 70. Ta część programu została zawieszona, gdy Izrael zbombardował ten ośrodek w 1981 r.

<sup>173</sup> *ISIS Reports Photos of the Destruction of al-Atheer*, 15<sup>th</sup> June 1992, Institute for Science and International Security, <http://isis-online.org/isis-reports/detail/photos-of-the-destruction-of-al-atheer/9> (dostęp: 22.09.2015).



podpisanego w 1995 roku pułkownik Kaddafi nie ukrywał chęci zbudowania broni jądrowej. Libia posiadała od 1983 roku radziecki reaktor badawczy (10 MW) chłodzony wodą i zasilany wysoko wzbogaconym uranem w Centrum Badań Naukowych w Tajourze (wykorzystujący 80% wzbogacony uran; urządzenie znajdowało się pod nadzorem MAEA). Planowano nawet adaptację tego reaktora na potrzeby zakładu odsalania wody. W latach 1970–2003 Libia próbowała zakupić technologię konieczną do budowy broni, ale nie mogła tego zrobić (w 2001 r. Libia otrzymała m.in. niskowzbogacony uran z Korei Północnej za sprawą sieci Khana)<sup>174</sup>. Przez ponad dekadę Libia była zaangażowana w prace nad rozwojem wzbogacania uranu przy użyciu importowanego uranu wraz z wirówkami i urządzeniami do przetwarzania paliwa. Libia nie powiadomiła MAEA o prowadzonych działaniach, co było niezgodne z umową z 1980 roku o środkach zapobiegawczych, aczkolwiek libijski program wzbogacania uranu znajdował się we wczesnym stadium i nie osiągnął skali przemysłowej<sup>175</sup>. Po kilku miesiącach negocjacji, w 2003 roku Libia wstrzymała program nuklearny, w tym tajne prace wzbogacania uranu, otwierając się na inspekcje MAEA i podpisując protokół dodatkowy do umowy o zabezpieczeniach NPT (wszedł w życie w 2006 r.). Dało to agencji szersze uprawnienia kontrolne. Libia podejmowała starania, aby uzyskać pomoc w zakresie budowy elektrowni jądrowej na potrzeby produkcji energii elektrycznej i odsalania. W 2006 roku podpisała umowę z Francją o pokojowym wykorzystaniu energii atomowej, a w połowie 2007 roku – protokół ustaleń związany z budową średniej wielkości elektrowni jądrowej do odsalania wody morskiej (dostawcą miała być francuska Areva TA). W 2008 roku podpisano także umowę cywilnej współpracy nuklearnej z Rosją. Na początku 2010 roku libijski Instytut Energii Atomowej przygotowywał ustawę jądrową mającą ułatwić budowę elektrowni jądrowej, dla której wstępnie wybrano nawet lokalizację, lecz arabska wiosna w 2011 roku, a w jej następstwie wojna domowa w Libii, przekreśliły plany rozwoju EJ w tym kraju.

**Syria.** W latach 80. XX wieku Syria miała plany zbudowania reaktora WWER-440, ale porzuciła je po awarii w Czarnobylu<sup>176</sup>. Pomiędzy 2001 a 2007 rokiem Syria skonstruowała reaktor jądrowy moderowany grafitem i chłodzony gazem w Dair Alzour nad rzeką Eufrat w pobliżu Al-Kibar, łamiąc swoje zobowiązania wobec NPT. Był on bardzo podobny do reaktora produkującego pluton w Korei Północnej w Jongbion, który wykorzystywał naturalny uran i moderator grafitowy (25 MWt). Uran pochodził z krajowych złóż, a cały projekt instalacji został utajniony. Instalacje te zostały zniszczone przez izraelski

---

<sup>174</sup> M. Kroenig, s. 134–135.

<sup>175</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...*

<sup>176</sup> *Emerging Nuclear Energy Countries...*

nalot powietrzny we wrześniu 2007 roku<sup>177</sup>. Wysiłki ukierunkowane na produkcję plutonu na cele wojskowe naruszały zobowiązania Syrii wynikające z NPT. Dowody wskazywały również na zaangażowanie Korei Północnej w dostarczanie urządzeń jądrowych<sup>178</sup>. W czerwcu 2008 roku inspektorzy MAEA znaleźli wzbogacony uran, ale Syria odmówiła dalszego dostępu do instalacji. W raporcie z listopada 2010 roku agencja stwierdziła, że strona syryjska prze-rwała współpracę z nią, a inspektorzy nie mają dostępu do badanych lokalizacji<sup>179</sup>. MAEA wezwała Syrię do podpisania i pełnego wdrożenia protokołu dodatkowego o zabezpieczeniach oraz do usunięcia niezgodności z już zawartymi porozumieniami NPT (zawartymi w 1980 r.). W czerwcu 2011 roku rada MAEA zgłosiła do RB ONZ i ZO ONZ nieprzestrzeganie przez Syrię zobowiązań. Syryjska Komisja Energii Atomowej w 2011 roku opublikowała projekt budowy elektrowni jądrowej do 2020 roku, ale w obliczu wojny domowej plan ten legł w gruzach<sup>180</sup>.

---

<sup>177</sup> *Nuclear Proliferation Case Studies...* Izrael twierdzi, że obiekt był reaktorem chłodzonym gazem o mocy 25 MWt, wykorzystywanym w celach wojskowych. Operacja Orchard, podczas której izraelskie lotnictwo przeprowadziło atak powietrzny na syryjski reaktor jądrowy Al-Kibar, unicestwiła syryjski program jądrowy. We wstępnym raporcie MAEA poinformowano o braku dowodów na wykorzystywanie obiektu w celach wskazanych przez USA i Izrael. Według późniejszego raportu w strefie ataku odkryto jednak ślady przetworzonego uranu, lecz podkreślono, że poszlaki te są niewystarczające, aby udowodnić istnienie reaktora.

<sup>178</sup> *Ibidem*, s. 1.

<sup>179</sup> *Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Syrian Arab Republic*, IAEA, GOV/2010/63, 23<sup>rd</sup> November 2010.

<sup>180</sup> W 1978 r. Argentyna znajdująca się pod rządami armii (1973–1983) rozpoczęła program jądrowy mający na celu budowę broni jądrowej (zbudowano eksperymentalny zakład separacji plutonu w Ezeizie). W tym samym okresie w Brazylii, w czasie trwania rządów wojskowych, także rozpoczęto program rozwoju broni jądrowej. Przez prawie całe lata 80. Brazylia pracowała nad własnym projektem separacji metodą wirówkową i w 1987 r. ogłosiła, że wybudowała eksperymentalny zakład. Brazylia posiadała więc zdolność wzbogacania uranu do poziomu wykorzystywanego w wojsku, ale wstrzymała program w 1990 r. Tajwan zaczął budowę zakładów separacji plutonu na skalę laboratoryjną w 1987 r., ale prace wstrzymano rok później pod naciskiem Stanów Zjednoczonych. O rozwój programu broni nuklearnej podejrzewano m.in. Birmę, której władze odmawiały współpracy z MAEA, jednak we wrześniu 2013 r. podpisano protokół dodatkowy do środków zabezpieczających, za: J. Ullom, *op. cit.*, s. 8–9.

## Wnioski końcowe

Współczesna cywilizacja stoi przed dwoma wielkimi wyzwaniami: zmianami klimatycznymi związanymi z działalnością człowieka oraz szybkim wyczerpywaniem się zasobów paliw kopalnych. Te uwarunkowania stwarzają szansę dla rozwoju nieemisyjnych źródeł energii, szczególnie dla EJ. Energia jądrowa stanowi bowiem niskoemisyjną alternatywę dla paliw kopalnych i jest zasadniczym składnikiem koszyka energetycznego wielu państw. Istotnym warunkiem rozwoju EJ będzie jednak zapewnienie fizycznego bezpieczeństwa eksploatacji obiektów oraz bezpieczeństwa technologii przez gwarancję nieprolifracji w celach innych niż pokojowe.

Wiek XXI będzie stuleciem dynamicznego wzrostu konsumpcji energii w warunkach coraz bardziej ograniczonego dostępu do zasobów konwencjonalnych źródeł energii. Wyczerpywalność oraz wysokie ceny paliw kopalnych stwarzają szansę dla rozwoju alternatywnych źródeł energii, takich jak zielona energia oraz energetyka atomowa. Dla wielu krajów skala wzrostu potrzeb energetycznych (powodowana dynamiką rozwoju gospodarczego) powoduje konieczność sięgnięcia do cywilnych technologii jądrowych. Aby jednak utrzymać dotychczasowy kilkunastoprocentowy udział EJ w światowym miksie, konieczny jest gwałtowny wzrost inwestycji w tym sektorze, którego nie obserwuje się poza Azją. Poszukując odpowiedzi, czy EJ czeka scenariusz stagnacji, umiarkowanego rozwoju, czy renesansu w XXI wieku, należy zauważyć, iż rozbudowę potencjału EJ planują kraje, które już nią dysponują (Chiny, Rosja, Korea Południowa), tylko zaś mała liczba nowych krajów aspirujących uruchomić w rzeczywistości program EJ. Można więc oczekiwać, że światowy sektor EJ czeka najprawdopodobniej stagnacja lub być może niewielki wzrost oparty głównie na utrzymaniu dotychczasowych mocy i przedłużaniu żywotności istniejącej floty reaktorów, a nie intensywny rozwój, jaki obserwowano w latach 70.–80. XX wieku.

Energia jądrowa ma wiele zalet, wśród których na czoło wysuwają się te natury ekologicznej i ekonomicznej: poprawia dywersyfikację źródeł energii i ogranicza zależność od nieodnawialnych surowców energetycznych (zwłaszcza paliw kopalnych), a także zmniejsza uciążliwość produkcji energii dla

środowiska. Przeciwdziałanie zmianom klimatu przez promocję gospodarki niskoemisyjnej musi się odbywać z równoległą harmonizacją polityki energetycznej poddanej transformacji oraz dostosowaniem polityki gospodarczej. Rozwój EJ może się przyczynić do zerwania zależności pomiędzy wzrostem światowej gospodarki a emisjami związanymi z sektorem energetycznym. Czynnikiem, które najbardziej zniechęcają do EJ, są potencjalne ryzyko wypadków jądrowych i wysokie koszty budowy elektrowni.

Przeprowadzona analiza potwierdziła stawiane hipotezy oraz dostarczyła odpowiedzi na zadane we wstępie pytania badawcze, co pozwala na sformułowanie kilku wniosków ogólnych.

I. Analizując perspektywy rozwoju EJ, należy brać pod uwagę aspekty polityczne, gospodarcze, środowiskowe, społeczne i technologiczne. Światowa flota się starzeje. Prognozy nie wskazują na utrzymanie dynamiki rozwoju z lat 60., 70. i 80. XX wieku. Najbardziej prawdopodobny scenariusz to stagnacja – czyli zastępowanie reaktorów wygaszanych nowymi, by utrzymać poziom energii jądrowej w światowym *energy mix* na dotychczasowym poziomie – lub niewielki wzrost. Skokowe zwiększenie liczby zainstalowanych mocy EJ, ze względu na brak standaryzacji modeli reaktorów, duże koszty i przekroczenia budżetów, czasu realizacji oraz obawy społeczne, jest mało realny. Katastrofa w elektrowni jądrowej w japońskiej Fukushima zdestabilizowała globalne perspektywy rozwoju EJ i odsłoniła krytyczne problemy związane z bezpieczeństwem elektrowni jądrowych. W wielu krajach polityczne wsparcie dla rozwoju EJ jako kluczowego komponentu redukcji GHG zniknęło w ciągu jednej nocy. Dodatkowe bariery ograniczające renesans EJ to spadek cen ropy naftowej i gazu ziemnego, a także stosunkowo niska akceptacja technologii jądrowej przez społeczeństwo. Przyszłość EJ zależy od wielu czynników, między innymi od wzrastającego popytu na energię elektryczną oraz od korzyści związanych z ograniczeniem emisji CO<sub>2</sub> w trosce o środowisko naturalne. Najważniejszym czynnikiem warunkującym jest jednak konkurencyjność ekonomiczna w stosunku do innych źródeł energii. Inwestycje w reaktory będą zatem dokonywane w krajach, które już nimi dysponują. Elektrownie będą też budowane najprawdopodobniej przez te kraje aspirujące, które wierzą, że wzmocni to ich bezpieczeństwo energetyczne lub ich pozycję na arenie międzynarodowej. Szczególnie dotyczy to krajów Bliskiego Wschodu, gdzie EJ może doprowadzić do uwolnienia dodatkowych zasobów ropy naftowej lub gazu ziemnego skierowanych na eksport. Kraje, które dużo zainwestowały w EJ (głównie Chiny, Indie, Rosja, Korea Południowa) jeszcze przed wypadkiem w japońskiej Fukushima, będą mniej podatne na negatywne emocje powstałe w wyniku katastrofy, kontynuując rozpoczęte inwestycje w rozwój EJ. „Efekt Fukushima” wpłynie głównie na kraje, które planowały, ale jeszcze nie zainwestowały w EJ, wiele z nich prawdopodobnie zrezygnuje z planów budowy elektrowni.

Energetyka jądrowa będzie się rozwijała w krajach niedemokratycznych (m.in. w ZEA i najprawdopodobniej w Arabii Saudyjskiej), ponieważ rządy tych państw mają większą swobodę w ignorowaniu nastrojów społeczeństwa.

II. Zmiany klimatyczne wzmacniają perspektywę rozwoju EJ. Przed Fukushima ponad 60 krajów niejądrowych deklarowało zainteresowanie włączeniem EJ do ich miksu energetycznego. W państwach, gdzie przemysł jądrowy rozwijał się gwałtownie (w Chinach, Korei Południowej, Japonii), narodowe strategie przeciwdziałania zmianom klimatu będą kołem zamachowym dalszego rozwoju EJ i innych źródeł nie-/niskoemisyjnych. Także międzynarodowe wysiłki przeciwdziałania emisjom GHG odgrywają rolę katalizatora w niektórych krajach, zachęcając do rozwoju EJ. Wiele grup interesu postrzega zmiany klimatyczne jako czynnik, który odmieni los przemysłu EJ. Wpływowe organizacje, takie jak International Energy Agency (IEA), MAEA czy WNA, uznały konieczność zwiększenia mocy elektrowni jądrowych, by skutecznie przeciwdziałać zmianom klimatu. Energetyka jądrowa jest jednak tylko częścią rozwiązania, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych wymaga bowiem szerokich zmian światowego miksu energetycznego, obejmujących zwiększenie efektywności energetycznej i wzrost wykorzystania rozproszonych źródeł energii, w tym odnawialnych, zaawansowanych technologii zgazowania węgla czy rewolucji w sektorze transportu (silniki hybrydowe).

Energia jądrowa jest często uważana za możliwe rozwiązanie w walce ze zmianami klimatu, gdyż stanowi źródło minimalnych emisji GHG na poziomie porównywalnym z OZE. Obawy związane ze zmianami klimatu mogą motywować państwa do subsydiowania EJ, ale w opinii autora nie doprowadzi to do jej renesansu. Nie uzyska ona znacznego wkładu w walkę z globalnym ociepleniem, ponieważ produkcja energii jądrowej musiałaby zostać zwiększona do znaczących rozmiarów. Ekspertki szacują, że konieczne byłoby więcej niż podwojenie zainstalowanych mocy w wytwarzaniu energii elektrycznej, by zastąpić istniejącą energetykę węglową, co jest nierealne. Rozwój EJ będzie postępował głównie w krajach, które już tę technologię posiadają. Jeśli zatem największy emitenci – Chiny i Indie – będą dynamicznie rozwijać EJ, może to w istotny sposób ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> w skali globalnej (redukując zużycie węgla w tych krajach). Tylko natomiast szeroka strategia, to znaczy działania zmierzające do upowszechnienia różnych technologii nie-/niskoemisyjnych, mogą doprowadzić do osiągnięcia celów klimatycznych. Znaczący wzrost opłat za emisję CO<sub>2</sub> niewątpliwie zwiększyłby konkurencyjność kosztową EJ wobec innych źródeł produkcji energii elektrycznej. W wielu krajach (nie tylko wśród głównych emitentów: w Stanach Zjednoczonych i Chinach) brakuje jednak politycznej woli, by wprowadzić opłaty za emisję CO<sub>2</sub>. Dopóty się to nie zmieni, dopóki obowiązek taki nie będzie wynikał z międzynarodowych porozumień traktatowych. Przyjęcie w grudniu 2015 roku w trakcie COP 21 w Paryżu

projektu globalnego porozumienia klimatycznego (w ramach UNFCCC) stanowi zapowiedź wprowadzenia nowych ram prawnych redukcji GHG w skali globalnej.

Dla wielu największych gospodarek świata rozwój EJ to jedyny sposób na utrzymanie wzrostu gospodarczego i ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>. Wiele państw dąży więc do uznania EJ za czyste źródło energii, przyjazne środowisku. Włączenie EJ w ramy CDM niewątpliwie oznaczałoby wzrost jej udziału w bilansie elektroenergetycznym świata, przyczyniając się do zmniejszenia udziału paliw kopalnych w produkcji energii elektrycznej. Takie podejście wymagałoby jednak równorzędnego uznania innych nowoczesnych technologii – na przykład tak zwanych czystych technologii węglowych – za kwalifikujące się do wsparcia. Takiemu rozwiązaniu sprzeciwiają się zwolennicy OZE, którzy przekonują, że nadmiar wolnych uprawnień do emisji podważyłby mechanizm wspierający rozwój zielonej energii. Energetyka jądrowa słusznie nie może być traktowana jako jedyna recepta na postępujące zmiany klimatu. Konieczne jest zdwersyfikowanie źródeł energii i szersza perspektywa obejmująca efektywność energetyczną i energooszczędność, a także wzrost roli zielonego przemysłu i energetyki rozproszonej. Nerozwiązany pozostaje także problem długoterminowego składowania odpadów i ryzyko wypadków jądrowych.

III. Najpoważniejsze ryzyko upowszechnienia EJ to proliferacja technologii podwójnego zastosowania na broń jądrową. Polityka „Atom dla pokoju” nie powstrzymała nuklearnej proliferacji, a wręcz ją przyspieszyła i spotęgowała. Współcześnie dominujące reaktory energetyczne (PWR, BWR) nie mogą być bezpośrednio wykorzystane do produkcji plutonu dla głowicy atomowej (wyjątkiem są typy CANDU, RBMK, PBMR). Największe ryzyko proliferacji wiąże się z transferem instalacji i technologii wzbogacania uranu i przetwarzania plutonu w połączeniu z rozwiniętym programem badawczym. Jednakże nawet jeśli nie ma bezpośredniego powiązania pomiędzy budową broni jądrowej a rozwojem cywilnych reaktorów, cywilne technologie EJ mogą znaleźć zastosowanie wojskowe. Cywilny program jądrowy może posłużyć do wspierania programu wojskowego a w skrajnym przypadku zostać w niego przekształcony (Indie, Izrael, Korea Północna, RPA). Cywilny przemysł budowy reaktorów jądrowych narodził się bowiem z wojskowych programów zbrojeń atomowych, toteż odwrócenie kierunku zastosowania tej technologii jest możliwe, czego dowodzi analiza przypadków zaprezentowana w niniejszej publikacji. W XXI wieku problem proliferacji coraz bardziej wiąże się z transferem nie tyle systemów uzbrojenia, ile wiedzy inżynierskiej w dziedzinie technologii jądrowej. Cywilne programy nuklearne wymagają znajomości właściwości materiałów radioaktywnych, procesów produkcji paliwa, działania i funkcjonowania reaktorów, a także systemów kontroli i sterowania elektronicznego. Wzmacnia to przekonanie, że kraje posiadające zaplecze cywilnych instalacji i wiedzy

eksperckiej mają wystarczające zdolności do rozwinięcia programu prowadzącego do skonstruowania broni atomowej (przeniesienia jądrowego *know-how* i budowy bazy eksperckiej w zakresie posługiwania się choćby samymi materiałami jądrowymi). Z czasem zyskują one doświadczoną kadrę inżynierów i zdolności technologiczne, dzięki którym mogą w większym stopniu polegać na własnych możliwościach niż na pomocy z zagranicy. Osobne zagrożenie stanowią materiały radioaktywne w rękach terrorystów, którzy mogą ich użyć nie tyle do budowy bomby, ile do przeprowadzenia ataku terrorystycznego.

Analiza rozwoju EJ na świecie nie wskazuje, że państwa, które rozwijają EJ, dążą do uzyskania broni jądrowej. Niemniej jednak kraj, który otrzymuje pomoc zagraniczną (*nuclear assistance*) w rozwoju pokojowego programu EJ, może rozwinąć program broni jądrowej, zwłaszcza jeśli w środowisku geopolitycznym następują zmiany wpływające na ograniczenie jego poczucia bezpieczeństwa. Wprawdzie kraje najbardziej dynamicznie rozwijające EJ dysponują już bronią atomową (Chiny i Indie), ale każde rozpowszechnienie technologii *dual use* poszerza margines ryzyka jej wykorzystania w celach militarnych. Nie można zatem całkowicie wyeliminować wszystkich ryzyk proliferacji technologii *dual use*, gdyż nie istnieje cykl paliwowy – zarówno na etapie wytwarzania paliwa, jak i przetwarzania zużytego – zupełnie odporny na zagrożenia niepożądanego wykorzystania. Analizując, czy istnieje zależność między cywilnymi a wojskowymi programami EJ, należy stwierdzić (na co wskazują badania), że krajom z rozwiniętym programem EJ jest znacznie łatwiej zbudować bombę niż tym, które nie mają programów jądrowych. Według MAEA ponad 40 państw świata (w tym m.in. Japonia czy Korea Południowa) dysponuje wiedzą techniczną do budowy bomby atomowej, a zdaniem ekspertów do spraw bezpieczeństwa jądrowego te z nich, które kontrolują pełny cykl paliwowy, są „wirtualnymi” posiadaczami broni jądrowej („*virtual Nuclear Weapon States*, NWS), gdyż opanowały podstawy energetyki jądrowej w takim stopniu, by móc odwrócić pokojowy program nuklearny i rozwijać go w kierunku budowy broni jądrowej<sup>1</sup>. W przyszłości część z nich może w większym niż dotychczas stopniu okazać się skłonna, by odrzucić restrykcje dotyczące proliferacji. Korea Północna jest przykładem fiaska polityki nieprolifracji, a wraz z rozwojem cywilnych programów EJ na Bliskim Wschodzie ryzyko przeniesienia zastosowań technologii jądrowej na cele wojskowe będzie wzrastać.

Wspólnota międzynarodowa musi wypracować skuteczne mechanizmy związane z wyeliminowaniem ryzyka proliferacji na cele militarne. Założeniem NPT było ograniczenie rozprzestrzeniania *nuclear assistance* w zakresie budowy broni jądrowej, nie zaś współpracy pokojowej. Niemniej dwoistość

---

<sup>1</sup> N. Hynek, M. Smetana, *Global Nuclear Disarmament: Strategic, Political, and Regional Perspectives*, Routledge Global Security Studies, 2016, s. 34–35.

zastosowań technologii jądrowych wymaga, by opracować efektywne mechanizmy i ramy instytucjonalne na poziomie międzynarodowym, łączące cel rozwoju cywilnej EJ i kontrolowanej proliferacji oraz przeciwdziałanie nielegalnym transferom. Jednym z rozwiązań są MNAs, które mogłyby wzmacniać globalną EJ, a równocześnie ograniczać proliferację technologii do celów niepokojowych. MNAs stałyby się instrumentem oddzielenia cywilnego od wojskowego wymiaru cyklu paliwowego, a także poprawiły transparentność powiązań między dostawcami technologii a krajami aspirującymi do jej rozwoju<sup>2</sup>. Rozwiązania te byłyby oparte na multilateralnych mechanizmach zapewniających międzynarodową kontrolę nad centrami wzbogacania uranu lub zakładami przetwarzania plutonu. Najskuteczniejszym rozwiązaniem jest bowiem szczelna kontrola cyklu paliwowego. Oczywiście MNAs nie będą panaceum na ryzyko proliferacji, ponieważ wprowadzają problem wiarygodnych zobowiązań uczestników. Pośrednim rozwiązaniem byłyby dostawy paliwa jądrowego przez międzynarodowe konsorcja (i odbiór paliwa wypalonego) pod ścisłą kontrolą międzynarodową. Takie globalne zarządzanie dostawami paliwa jądrowego (*Global Nuclear Fuel Governance*) ograniczyłoby ryzyko współpracy w cywilnej EJ. Największy niepokój budzi bowiem zdolność do wzbogacania paliwa jądrowego ze względu na wysokie prawdopodobieństwo proliferacji technologii podwójnego zastosowania. Potencjalnie kraj może potajemnie przekształcić istniejące zakłady na potrzeby produkcji broni. Szczególne obawy budzi rozwój EJ na Bliskim Wschodzie, gdzie przez dekady udawało się przeciwdziałać proliferacji (państwem o ambicjach jądrowych jest m.in. Arabia Saudyjska). Umieędzynarodowienie procesu produkcji paliwa jądrowego wymagałoby więc stworzenia międzynarodowego rynku dostaw paliwa jądrowego przez międzynarodowe konsorcja pełniące funkcję „banków paliwa jądrowego” (zapewniających nieprzerwane dostawy do elektrowni jądrowych oraz odbierających i zagospodarowujących zużyte paliwo), tak aby ograniczyć dostęp do pełnego cyklu paliwowego<sup>3</sup>.

Dotychczas idea utworzenia międzynarodowych „banków paliw” ograniczała się głównie do dyskursu werbalnego pozwalającego rządowi stworzyć pewną iluzję działań prewencyjnych, mających ograniczyć zdolność przetwarzania lub wzbogacania paliwa. W świecie, gdzie być może do roku 2030 będzie działać 500 lub więcej reaktorów jądrowych, byłoby niewskazane, gdyby dziesiątki krajów korzystały z programów wzbogacania. Bezpieczeństwo

---

<sup>2</sup> A.N. Stulberg, *Internationalization of Fuel Cycle and the Nuclear Energy Renaissance: Confronting the Credible Commitment Problem* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 118.

<sup>3</sup> A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 338.



nuklearne w odniesieniu do wrażliwych części cyklu paliwa jądrowego powinno być zapewnione poprzez wielostronne podejście w zakresie wzbogacania uranu i separacji plutonu, wsparte międzynarodowymi, weryfikowalnymi traktatami zakazującymi produkcji i gromadzenia zapasów materiału jądrowego klasy wojskowej. Umieędzynarodowienie cyklu paliwowego i komercyjne banki paliwa jądrowego osłabiałyby dążenia państw do kontrolowania pełnego cyklu paliwowego celem zapewnienia odpowiedniego zaopatrzenia swoich programów atomowych. Ograniczenie dostępu do przetwarzania – tak by kraje zrezygnowały z własnej możliwości przetwarzania, a jednocześnie miały gwarancję dostępu do paliwa – wymaga zarazem wiarygodności wywiązywania się z umów przez dostawców paliwa. Równocześnie powinno nastąpić zwiększenie roli i kompetencji kontrolnych MAEA ze względu na niewystarczające międzynarodowe środki kontrolne do zabezpieczenia przed ryzykiem rozwoju wojskowego programu nuklearnego.

Wiek XXI będzie stuleciem transformacji energetycznej utożsamianej z zastąpieniem paliw kopalnych nie-/niskoemisyjnymi źródłami energii. Zrównoważony rozwój oznacza wzrost znaczenia niskoemisyjnych źródeł energii w bilansie energetycznym świata. Energia jądrowa może w tym procesie pełnić funkcję „pomostową” ze względu na zapewnienie nieemisyjnych dostaw energii dużej mocy, warunkujących bezpieczeństwo energetyczne<sup>4</sup>. EJ może wypełniać lukę wobec zmniejszenia roli paliw kopalnych, zanim masowe inwestycje w OZE przyniosą oczekiwany efekt wzrostu „zielonych mocy”. EJ może być zatem ważnym elementem przebudowy systemu energetycznego jako quasi-krajowe źródło energii o konkurencyjnej cenie, nieemitujące gazów cieplarnianych. Energia jądrowa pozwoli także wypełnić lukę niedoboru energii warunkującej społeczno-gospodarczy wzrost w krajach rozwijających się. Technologii i energetyce jądrowej niewątpliwie towarzyszy wiele obaw, rezygnacja z tego źródła energii może się jednak okazać dla światowej energetyki niekorzystna. Powyższe wnioski prowadzą do ostatecznej konkluzji, że do upowszechnienia EJ niezbędne jest wzmocnienie międzynarodowej współpracy w rozwiązywaniu problemu proliferacji, w tym opracowanie międzynarodowych wytycznych dotyczących dostaw paliwa jądrowego i utylizacji odpadów promieniotwórczych.

---

<sup>4</sup> Zmniejszenie kosztów technologii alternatywnych źródeł energii będzie ograniczać perspektywy wzrostu przemysłu jądrowego.



# Spisy rysunków, tabel i map

## Spis rysunków

Rys. 1. Rozpoczęcie budowy reaktorów i przyłączenia do sieci w latach 1954–2014 .....	32
Rys. 2. Typy reaktorów na świecie [%] (2015) .....	37
Rys. 3. Całkowita liczba reaktorów(wg państw): 441 (2015) .....	37
Rys. 4. Reaktory w budowie (2015) .....	38
Rys. 5. Reaktory na stałe zamknięte: 156 (2015) .....	38
Rys. 6. Udział EJ w produkcji energii elektrycznej wybranych państw (2015) .....	39
Rys. 7. Udział EJ w produkcji energii elektrycznej [%] (2014) .....	40
Rys. 8. Reaktory funkcjonujące, wg wieku (2014) .....	40
Rys. 9. Liczba reaktorów na świecie, wg regionów: 441 (381 GW), grudzień 2015.....	41
Rys. 10. Udział poszczególnych państw w liczbie reaktorów energetycznych na świecie (2014) .....	42
Rys. 11. Udział poszczególnych państw w globalnej produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych (2014) .....	42
Rys. 12. Najwięksi producenci uranu na świecie (2012) .....	43
Rys. 13. System stopniowania rodzajów awarii wg INES .....	57
Rys. 14. Produkcja energii elektrycznej w USA [%] (2014) .....	66
Rys. 15. Produkcja energii elektrycznej w Kanadzie [%] (2014) .....	74
Rys. 16. Produkcja energii elektrycznej w Chinach [%] (2014) .....	83
Rys. 17. Produkcja energii elektrycznej w Indiach [%] (2014) .....	98
Rys. 18. Zainstalowane moce reaktorów w Indiach [MWe] (do 2011) .....	101

Rys. 19. Struktura paliw w produkcji prądu elektrycznego w Japonii (2010) ....	108
Rys. 20. Produkcja energii elektrycznej w Japonii [%] (2014) .....	108
Rys. 21. Produkcja energii elektrycznej w Korei Południowej [%] (2014).....	118
Rys. 22. Produkcja energii elektrycznej w Rosji [%] (2014) .....	133
Rys. 23. Reaktory funkcjonujące w Rosji, wg wieku [MW] (2015) .....	137
Rys. 24. Produkcja energii elektrycznej w UE [%] (2013) .....	149
Rys. 25. Produkcja energii elektrycznej w Szwecji (2012) .....	171
Rys. 26. Emisja CO <sub>2</sub> z produkcji energii, wg paliw .....	184
Rys. 27. Średnia intensywność emisji GHG, wg źródeł energii [tona CO <sub>2</sub> /GWh] .....	185

## Spis tabel

Tab. 1. Charakterystyka skali INES .....	56
Tab. 2. Źródła energii i ich wpływ na środowisko naturalne .....	183
Tab. 3. Poziom emisji, wg typów źródeł energii .....	191

## Spis map

Mapa 1. Rozmieszczenie reaktorów w USA (2015) .....	67
Mapa 2. Lokalizacja elektrowni jądrowych w Chinach .....	86
Mapa 3. Rozmieszczenie działających i planowanych reaktorów w Indiach .....	105
Mapa 4. Lokalizacja japońskich elektrowni jądrowych (2015) .....	110
Mapa 5. Planowane rozmieszczenie pływających elektrowni jądrowych w Rosji .....	139
Mapa 6. Lokalizacja elektrowni jądrowych na Ukrainie (2015) .....	145
Mapa 7. Rozlokowanie reaktorów jądrowych w UE (2014) .....	150

## Wykaz załączników

Załącznik 1. Całkowita liczba reaktorów na świecie (w tym 6 jednostek na Tajwanie) (2015).....	286
Załącznik 2. Reaktory podłączone do sieci w 2015 r., wg wieku .....	287
Załącznik 3. Podstawowe rodzaje reaktorów energetycznych .....	288
Załącznik 4. Kraje, które planują budowę pierwszej elektrowni atomowej przed 2035 r. ....	289

# Załączniki

**Zař. 1.** Całkowiła liczba reaktorów na świecie (w tym 6 jednostek na Tajwanie) (2015)

Kraj	Liczba reaktorów	Całkowiła zdolność netto [MW]	Udział energii jądrowej w krajowej produkcji energii elektrycznej [%]
Argentyna	3	1627	4
Armenia	1	375	31
Belgia	7	5921	47
Brazylia	2	1884	3
Bułgaria	2	1926	32
Kanada	19	13500	17
Chiny	31	26635	2,4
Czechy	6	3904	36
Finlandia	4	2752	35
Francja	58	63130	77
Niemcy	8	10799	16
Węgry	4	1889	53
Indie	21	5308	3,5
Iran	1	915	1,5
Japonia	43	40290	0
Korea Pd.	24	21667	30
Meksyk	2	1330	5,6
Holandia	1	482	4
Pakistan	3	690	4,3
Rumunia	2	1300	18,5
Rosja	34	24654	18,6
Słowacja	4	1814	57
Słowenia	1	688	37
RPA	2	1860	6,2
Hiszpania	7	7121	20,5
Szwecja	10	9651	41,5
Szwajcaria	5	3333	38
Ukraina	15	13107	49,5
W. Brytania	16	9373	17,5
USA	99	98708	49,5
Razem	441	381665	19,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IAEA, WNA.

**Zař. 2.** Reaktory pořlęczone do sieci w 2015 r., wg wieku

<b>Wiek reaktora zależy od jego pierwszego połączenia do sieci Reaktory pořlęczone w 2015 r. są przypisane do wieku 0 lat</b>		
<b>Wiek (w latach)</b>	<b>Liczba reaktorów</b>	<b>Całkowiła moc MW (netto)</b>
0	9	8578
1	5	4721
2	4	4039
3	3	3016
4	7	4004
5	5	3777
6	2	1068
7	0	0
8	3	1842
9	2	1480
10	4	3662
11	5	4785
12	2	1648
13	6	5156
14	3	2740
15	6	3204
16	4	2802
17	4	3097
18	3	3645
19	6	7030
20	4	3348
21	5	4251
22	9	9070
23	6	4806
24	4	3688
25	10	10693
26	11	10270
27	14	13870
28	21	21465
29	24	24546
30	32	31906
31	33	32341
32	19	14778

33	16	14081
34	21	18705
35	19	14840
36	5	4620
37	11	10110
38	12	8849
39	14	10874
40	10	7609
41	19	12938
42	12	8790
43	8	5202
44	10	5010
45	3	2226
46	6	2485
Razem	441	381665

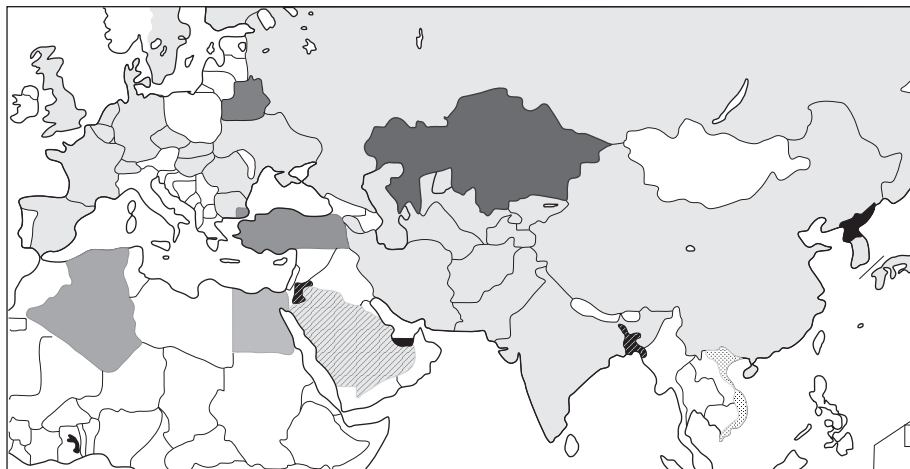
Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Operational Reactors by Age*, IAEA Power Reactor Information System (PRIS).

### Załącznik 3. Podstawowe rodzaje reaktorów energetycznych

Grupa	Typ reaktora	Chłodziwo	Moderator	Paliwo
Grafitowo-gazowe	AGR	Gaz, CO <sub>2</sub>	Grafit	UO <sub>2</sub> wzbogacony
	Magnox	Gaz, CO <sub>2</sub>		U naturalny
	HTR	Hel		UO <sub>2</sub> , UC <sub>2</sub> , ThO <sub>2</sub> , ... (U-235, U-233, Pu)
Ciężkowodne	PHWR	Ciężka woda	Ciężka woda	UO <sub>2</sub> naturalny lub wzbogacony
Lekkowodne	BWR	Lekka woda	Lekka woda	UO <sub>2</sub> wzbogacony lub UO <sub>2</sub> , wzbogacony i MOX
	PWR			
	WWER			
Wodno-grafitowe	RBMK	Lekka woda	Grafit	UO <sub>2</sub> wzbogacony
	LWGR			U naturalny lub wzbogacony
Lekko-ciężkowodne	HWLWR	Lekka woda	Ciężka woda	UO <sub>2</sub> wzbogacony – PuO <sub>2</sub>
Prędkie	FBR	Sód	Brak	UO <sub>2</sub> wzbogacony – PuO <sub>2</sub>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 328.



**Załącznik 4.** Kraje, które planują budowę pierwszej elektrowni atomowej przed 2035 r.

Źródło: opracowanie własne.



# Bibliografia

## I. Źródła

### A. Traktaty międzynarodowe

*Konwencja bazylejska o kontroli transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych*, sporządzona w Bazylei dnia 22 marca 1989 r., Dz.U. 1995 nr 19 poz. 88.

*Konwencja bezpieczeństwa jądrowego*, sporządzona w Wiedniu dnia 20 września 1994 r., Dz.U. 1997 nr 42 poz. 262.

*Konwencja o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście transgranicznym*, sporządzona w Espoo dnia 25 lutego 1991 r., Dz.U. 1999 nr 96 poz. 1110.

*Konwencja o ochronie fizycznej materiałów jądrowych wraz z załącznikami I i II*, otwarta do podpisu w Wiedniu i w Nowym Jorku w dniu 3 marca 1980 r., Dz.U. 1989 nr 17 poz. 93.

*Konwencja o pomocy w przypadku awarii jądrowej lub zagrożenia radiologicznego*, sporządzona w Wiedniu dnia 26 września 1986 r., Dz.U. 1988 nr 31 poz. 218.

*Konwencja o wczesnym powiadamianiu o awarii jądrowej*, sporządzona w Wiedniu dnia 26 września 1986 r., Dz.U. 1988 nr 31 poz. 216.

*Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (United Nations Framework Convention on Climate Change)*, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r.

*Traktat o zakazie broni jądrowej w Ameryce Łacińskiej i na Karaibach (Traktat z Tlatelolco)*, podpisany dnia 14 lutego 1967 r.

*Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons)*, sporządzony w Moskwie, Waszyngtonie i Londynie dnia 1 lipca 1968 r., Dz.U. 1970 nr 8 poz. 60.

*Wspólna konwencja bezpieczeństwa w postępowaniu z wypalonym paliwem jądrowym i bezpieczeństwa w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi*, sporządzona w Wiedniu dnia 5 września 1997 r., Dz.U. 2002 nr 202 poz. 1704.

### B. Dokumenty, raporty, deklaracje, umowy międzynarodowe

*An Energy Policy for Europe*, SEC (2007) 12, Brussels, 10<sup>th</sup> January 2007, COM (2007).

*Analysis of Possible Means to Reach Emission Reduction Targets and of Relevant Methodological Issues*, United Nations, Framework Convention of Climate Change, FCCC/TP/2008/2, 6<sup>th</sup> August 2008.

- Analysis of Possible Means to Reach Emission Reduction Targets and of Relevant Methodological Issues*, FCCC/TP/2008/2, 6<sup>th</sup> August 2008, *BP Statistical Review of World Energy*, June 2015.
- Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC.
- Coopération civile nucléaire entre Inde et France – Communiqué de l’Ambassadeur de France en Inde*, Ambassade de la France à New Delhi, 5 juillet 2011.
- Decision 16/CP.7 Guidelines for the Implementation of Article 6 of the Kyoto Protocol*.
- Decision 17/CP.7 Modalities and Procedures for a Clean Development Mechanism as Defined in Article 12 of the Kyoto Protocol*, Report of the Conference of the Parties on its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29<sup>th</sup> October to 10<sup>th</sup> November 2001, Addendum Part Two: *Action Taken by the Conference of the Parties*, FCCC/CP/2001/13/Add.2, 21<sup>st</sup> January 2002, <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a02.pdf>.
- Declaration on Atomic Bomb by President Truman and Prime Ministers Attlee and King*, Washington, 15<sup>th</sup> November 1945, Nuclear Age Peace Foundation, [http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/nuclear-energy/history/dec-truma-atlee-king\\_1945-11-15.htm](http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/nuclear-energy/history/dec-truma-atlee-king_1945-11-15.htm).
- Désarmement, non-prolifération nucléaires et sécurité de la France, Rapport d’information n 332 (2009–2010) de M. J.-P. Chevènement fait au nom de la commission des affaires*.
- Draft Decision-/CMP.5 Emissions Trading and the Project Based Mechanisms*, AWG-KP draft texts, Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol (AWG-KP), UNFCCC, 11<sup>th</sup> December 2009.
- Eisenhower D.D., *Atoms for Peace Speech*, International Atomic Energy Agency (IAEA).
- Electricity Production*, Global Energy Statistical Yearbook 2015, <https://yearbook.enerdata.net/world-electricity-production-map-graph-and-data.html>.
- Emissions Trading and the Project-Based Mechanisms*, Draft conclusions proposed by the Chair, FCCC/KP/AWG/2008/L.8, 12<sup>th</sup> June 2008.
- Energy Agency, OECD, 2014.
- Energy Climate and Change*, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency, OECD/IEA, 2015.
- Energy Policy Act (1992)*.
- EU Energy in Figures*, Statistical Pocketbook 2014, EC, 2014.
- Forty-third (1999) Regular Session Committee of the Whole Record of the Seventh Meeting*, GC (43)/COM.5/OR.7, November 1999.
- Guidelines on State Aid for Environmental Protection and Energy 2014–2020*, European Commission, Official Journal of the EU, 28<sup>th</sup> June 2014.
- Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran*, GOV/2003/75, 10<sup>th</sup> November 2003.
- Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran Resolution Adopted on 24<sup>th</sup> September 2005*, GOV/2005/77, IAEA, 24<sup>th</sup> September 2005.
- Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran Resolution Adopted on 4<sup>th</sup> February 2006*, GOV/2006/14, IAEA, 4<sup>th</sup> February 2006.

- Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Syrian Arab Republic*, IAEA, GOV/2010/63, 23<sup>rd</sup> November 2010.
- Joint Plan of Action*, Geneva, 24<sup>th</sup> November 2013, European External Action Service.
- Joint Statement between President George W. Bush and Prime Minister Manmohan Singh*, The White House, 18<sup>th</sup> July 2005.
- Joint Statement by President Obama and Prime Minister Singh of India*, White House, 8<sup>th</sup> November 2010.
- Joint Statement: Six-Party Talks on N. Korea Disarmament*, 13<sup>th</sup> February 2007.
- Kerr P.K., *U.S. Nuclear Cooperation with India: Issues for Congress*, Congressional Research Service, 14<sup>th</sup> February 2011, <http://www.fas.org/sgp/crs/nuke/RL33016.pdf>.
- Medium Term Renewable Energy Market Report 2014*, International Energy Agency, OECD/IEA, 2014.
- Modalities and Procedures for a Clean Development Mechanism as Defined in Article 12 of the Kyoto Protocol*, Report of the Conference of the Parties on its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29<sup>th</sup> October to 10<sup>th</sup> November 2001, Addendum Part Two. Action Taken by the Conference of the Parties, FCCC/CP/2001/13/Add. 2, 21<sup>th</sup> January 2002.
- Nuclear Power Reactors in the World*, IAEA, May 2015.
- Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р (projekt)*, мре. kmu.gov.ua.
- Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Resumed Fifth Session*, Held in Bonn from 2<sup>nd</sup> to 12<sup>th</sup> June 2008, Annex II, FCCC/KP/AWG/2008/3, 10<sup>th</sup> July 2008.
- Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Tenth Session*, Held in Copenhagen from 7<sup>th</sup> to 15<sup>th</sup> December 2009, FCCC/KP/AWG/2009/17, 28<sup>th</sup> January 2010.
- Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Thirteenth Session*, Held in Bonn from 2<sup>nd</sup> to 6<sup>th</sup> August 2010, FCCC/KP/AWG/2010/11.
- Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on Its Fifteenth Session*, Held in Cancun From 29<sup>th</sup> November to 10<sup>th</sup> December 2010, FCCC/KP/AWG/2010/18/Add. 1.
- Report of the Conference of the Parties Serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on Its First Session*, Held at Montreal from 28<sup>th</sup> November to 10<sup>th</sup> December 2005, FCCC/KP/CMP/2005/8/Add. 1, 30<sup>th</sup> March 2006.
- Resolution 487 (1981) Adopted by the Security Council at Its 2288<sup>th</sup> Meeting on 19<sup>th</sup> June 1981.*
- Resolution 1540 (2004) Adopted by the Security Council at its 4956<sup>th</sup> Meeting on 28<sup>th</sup> April 2004, S/RES/1540 (2004), 28<sup>th</sup> April 2004.*
- Resolution 1718 (2006) Adopted by the Security Council at Its 5551<sup>st</sup> Meeting on 14<sup>th</sup> October 2006, S/RES/1718 (2006), 14<sup>th</sup> October 2006.*
- Resolution 1747 (2007) Adopted by the Security Council at its 5647<sup>th</sup> Meeting on 24<sup>th</sup> March 2007, S/RES/1747 (2007), Security Council United Nations.*
- Resolution 1803 (2008) Adopted by the Security Council at Its 5848<sup>th</sup> Meeting on 3<sup>th</sup> March 2008, S/RES/1803 (2008).*

- Resolution 1874 (2009) Adopted by the Security Council at Its 6141<sup>st</sup> Meeting on 12<sup>th</sup> June 2009*, S/RES/1874 (2009), 12<sup>th</sup> June 2009, [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=S/RES/1874](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1874) (2009).
- Resolution 1887 (2009) Adopted by the Security Council at its 6191<sup>st</sup> Meeting on 24<sup>th</sup> September 2009*, S/RES/1887 (2009), 24<sup>th</sup> September 2009.
- Statement on Civil Nuclear Cooperation with India*, INFCIRC/734, IAEA, 19<sup>th</sup> September 2008.
- Strategic Energy Plan*, METI, April 2014, [http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic\\_plan/pdf/4th\\_strategic\\_energy\\_plan.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/4th_strategic_energy_plan.pdf).
- Strengthening of the Agency's Technical Co-Operation Activities*, GC(43)/RES/14, October 1999.
- Takagi J., Schneider M., Barnaby F., Hokimoto I., Hosokawa K., Kamisawa C., Nishio B., Rossnagel A., Sailer M., *Comprehensive Social Impact Assessment of Mox Use in Light Water Reactors*, IMA Project Citizens' Nuclear Information Center, Tokio, November 1997.
- The Baruch Plan*, Presented to the United Nations Atomic Energy Commission, 14<sup>th</sup> June 1946.
- The President's State of the Union Address*, Washington, D.C., Office of the Press Secretary, 29<sup>th</sup> January 2002, <http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2002/01/20020129-11.html>.
- Takagi J., Schneider M., Barnaby F., Hokimoto I., Hosokawa K., Kamisawa C., Nishio B., Rossnagel A., Sailer M., *Comprehensive Social Impact Assessment of Mox Use in Light Water Reactors*, IMA Project Citizens' Nuclear Information Center, Tokio, November 1997.
- The UK's Nuclear Future, Industrial Strategy: Government and Industry in Partnership*, HM Government, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/168048/bis-13-627-nuclear-industrial-strategy-the-uks-nuclear-future.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/168048/bis-13-627-nuclear-industrial-strategy-the-uks-nuclear-future.pdf).
- United States-India Nuclear Cooperation Approval and Non-proliferation Enhancement Act*, Public Law 110-369, 8<sup>th</sup> October 2008, <https://www.congress.gov/110/plaws/publ369/PLAW-110publ369.pdf>.
- World Doubles New Build Reactor Capacity in 2015*, WNA, 4 stycznia 2016.

### C. Statystyka MAEA i Eurostat

- Nuclear Energy Statistics*, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Nuclear\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Nuclear_energy_statistics).
- Nuclear Share of Electricity Generation*, IAEA PRIS; <http://www.iaea.org/aboutus/faqs/nuclear>.
- Operational & Long-Term Shutdown Reactors*, IAEA 2015, [www.iaea.org](http://www.iaea.org).
- The Database on Nuclear Power Reactors*, IAEA Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>.

## II. Opracowania

### A. Monografie

- Anceschi L., Symons, J. (red.), *Energy Security in the Era of Climate Change, The Asia-Pacific Experience*, Palgrave Macmillan, Basingstoke–New York 2012.
- Boehmer-Christiansen S., Kellow A.J., *International Environmental Policy: Interests and the Failure of the Kyoto Process*, Edward Elgar Pub., Northampton, MA 2003.
- Bryła J., *Rozwój i znaczenie reżimów międzynarodowych na przykładzie reżimu nieprolifracji broni jądrowej*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2006.
- Celiński Z., Strupczewski A., *Podstawy energetyki jądrowej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1984.
- Change Politics*, UACES, Routledge, London 2011.
- Czaplicka-Kolarz K., Pyka I. (red.), *Technologie zeroemisyjne i energooszczędność – uwarunkowania wdrażania w Polsce*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010.
- Emmott B., *Rivals: How the Power Struggle between China, India and Japan will Shape Our Next Decade*, Houghton Mifflin Harcourt Books 2008.
- Fiedler R., *Iran a reżim nieprolifracji broni jądrowej. Dylematy i wyzwania*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Nauk Politycznych i Dziennikarstwa Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 2013.
- Forcade O., Duhamel É., Vial P. (red.), *Militaires en République 1870–1962: Les officiers, le pouvoir et la vie publique en France*, Paris 1957.
- Fuhrmann M., *Atomic Assistance: How „Atoms for Peace” Programs Cause Nuclear Insecurity*, Cornell University Press, Ithaca, NY 2012.
- Gacek Ł., *Zielona energia w Chinach. Zrównoważony rozwój, ochrona środowiska, gospodarka niskoemisyjna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2015.
- Gause K.E., *North Korea under Kim Chong-il: Power, Politics, and Prospects for Change*, Praeger, Santa Barbara, CA 2011.
- Hecht G., Callon M., *Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, MIT Press, Cambridge, MA 2009.
- Hynek N., Smetana M., *Global Nuclear Disarmament: Strategic, Political, and Regional Perspectives*, Routledge Global Security Studies, 2016.
- Jezierski G., *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.
- Kenig-Witkowska M.M., *Międzynarodowe prawo środowiska. Wybrane zagadnienia systemowe*, Wolters Kluwer, Warszawa 2011.
- Kroenig M., *Exporting the Bomb: Technology Transfer and the Spread of Nuclear Weapons*, Cornell University Press, Ithaca–London 2010.
- Kubowski J., *Elektrownie jądrowe*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2015.
- Kwak T.-H., Joo S.-H. (red.), *North Korea and Security Cooperation in Northeast Asia*, Ashgate Publishing Company, Burlington, USA 2014.
- Kwiatkiewicz P. (red.), *Bezpieczeństwo energetyczne – rynki surowców i energii*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2011.
- Lankosz K., Chorośnicki M., Czubik P. (red.), *Walka z terroryzmem w świetle prawa międzynarodowego*, „Sto”, Bielsko-Biała 2004.

- Malej J., *Bezpieczeństwo energetyczne świata a ochrona ekosfery. Technologie odnawialnych źródeł energii. Technologie jądrowe, termojądrowe i wodorowe*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2009.
- Młynarski T., *Bezpieczeństwo energetyczne w pierwszej dekadzie XXI wieku. Mozaika interesów i geostrategii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2011.
- Młynarski T., *Francja w procesie uwspólnotowienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2013.
- Młynarski T., *Francja wobec głównych problemów reformy instytucjonalnej Unii Europejskiej w XXI w.*, Dante, Kraków 2006.
- Młynarski T., Tarnawski M., *Źródła energii i ich znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego w XXI wieku*, Difin, Warszawa 2016.
- Molo B., *Polityka bezpieczeństwa energetycznego Niemiec w XXI wieku*, Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne – Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków 2013.
- Nash K.L., Lumetta G.J., *Advanced Separation Techniques for Nuclear Fuel Reprocessing and Radioactive*, Woodhead Publishing, Oxford–Cambridge–Philadelphia–New Delhi 2011.
- Pietraś M., *Międzynarodowy reżim zmian klimatu*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2011.
- Saito M., Sawada T., *Advanced Nuclear Energy Systems Toward Zero Release of Radioactive Wastes*, Pergamon 2002.
- Schrogl K.-U., Mathieu Ch., Peter N. (red.), *Yearbook on Space Policy 2006/2007: New Impetus for Europe*, Springer, Vienna 2010.
- Shavit A., *My Promised Land: The Triumph and Tragedy of Israel*, Spiegel & Graum, New York 2013.
- Sokolski H.D., *Underestimated: Our Not So Peaceful Nuclear Future*, Nonproliferation Policy Education Center, 2015.
- Sovacool B.K., Valentine S.V., *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012.
- Stulberg A.N., Fuhrmann M. (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford University Press, Stanford, CA 2013.
- Swami P., *India, Pakistan and the Secret Jihad: The Covert War in Kashmir, 1947–2004*, Routledge, London 2007.
- Szyjko C.T., *Współczesne problemy bezpieczeństwa energetycznego Europy. Studium ekonomiczno-prawne*, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Warszawa–Piotrków Trybunalski 2011.
- Torres F., *Le chemin partagé. Une histoire d'EDF en Chine (1983–2011)*, François Bourin Editeur, Paris 2011.
- Westad O.A., *Brothers in Arms: The Rise and Fall of the Sino-Soviet Alliance, 1945–1963*, Stanford University Press, Stanford, CA 1998.
- Wurzel R.K.W., Connely J., *The European Union as a Leader in International Climate Change Politics*, UACES, Routledge, New York 2011.



## B. Artykuły w opracowaniach zbiorowych

- Allen P., *Criteria for a Sustainable Energy Future* [w:] D. Elliott (red.), *Nuclear or Not? Does Nuclear Power Have a Place in a Sustainable Energy Future?*, Palgrave Macmillan, Basingstoke–New York 2010.
- Busby J.W., *Vaunted Hopes: Climate Change and the Unlikely Nuclear Renaissance* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013.
- Chorośnicki M., *Terroryzm nuklearny – zagrożenie czy fikcja?* [w:] I. Stawowy-Kawka (red.), *Niemcy, Europa, świat: studia międzynarodowe. Księga pamiątkowa poświęcona Profesorowi Erhardowi Cziomerowi*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2007.
- Elliott D., *Nuclear Power and Renewables in the UK. Can We Have Both?* [w:] D. Elliott (red.), *Nuclear or Not? Does Nuclear Power Have a Place in a Sustainable Energy Future?*, Palgrave Macmillan, Basingstoke–New York 2010.
- Fuhrmann M., *Preventive War and the Spread of Nuclear Programs* [w:] H. Sokolski (red.), *Moving Beyond Pretense. Nuclear Power and Nonproliferation*, The Strategic Studies Institute Publications Office, United States Army War College, June 2014.
- Gilinsky V., *Nuclear Power, Nuclear Weapons – Clarifying the Links* [w:] H. Sokolski (red.), *Moving Beyond Pretense. Nuclear Power and Nonproliferation*, The Strategic Studies Institute Publications Office, United States Army War College, June 2014.
- Goldschmidt P., *Looking Beyond Iran and North Korea for Safeguarding the Foundations of Nuclear Nonproliferation* [w:] H.D. Sokolski (red.), *Underestimated Our Not So Peaceful Future*, Nonproliferation Policy Education Center, 2015.
- Kroenig M., *The Nuclear Renaissance, Sensitive Nuclear Assistance and Nuclear Weapons Proliferation* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, HCA 2013, s. 213.
- Madej M., *Zwalczanie proliferacji BMR jako współczesny problem bezpieczeństwa międzynarodowego* [w:] R. Kuźniar, B. Balcerowicz, A. Bieńczyk-Missala, A. Grzybek, M. Madej, K. Pronińska, M. Sułek, M. Tabor, A. Wojciuk (red.), *Bezpieczeństwo międzynarodowe*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2012.
- Malko J., Wojciechowski H., *Elektrownia jądrowa Hinkley Point C. Oczekiwane konsekwencje*, „Energetyka” 2015, nr 4.
- Mitchell C., Woodmans B., *Risk, Economics and Nuclear Power* [w:] D. Elliott (red.), *Nuclear or Not? Does Nuclear Power Have a Place in a Sustainable Energy Future?*, Palgrave Macmillan, Basingstoke–New York 2010.
- Młynarski T., *Europejski system handlu uprawnieniami do emisji. Między ekologią a ekonomią*, „Kultura i Polityka”, nr 15, *Unia Europejska*, red. W. Michnik, Wyższa Szkoła Europejska im. ks. Józefa Tischnera, Kraków 2014.
- Młynarski T., *Francja – Europa – świat. Dyplomacja energetyczna jako narzędzie budowania strategicznego partnerstwa w XXI w.* [w:] M. Chorośnicki, J.J. Węc, A. Czubik, A. Głogowski, I. Krzyżanowska-Skowronek, A. Nitszke, E. Szczepankiewicz-Rudzka, M. Tarnawski (red.), *Nowe strategie na nowy wiek – granice i możliwości*

- integracji regionalnych i globalnych*, Krakowska Oficyna Naukowa „Tekst”, Kraków 2013.
- Młynarski T., *Geopolityka surowcowa Indii. Implikacje globalne i regionalne* [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Azjatyckie życie gospodarcze na początku XXI wieku*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2012, s. 400–425.
- Młynarski T., „Nuclear Diplomacy” of France in South-East Asia: Conditions, Implementation and Implications Exemplified by Relations with China and India [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Dilemmas of Contemporary Asia: Deliberations on Economy and Security*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2013, s. 210–231.
- Młynarski T., *Nuclear Energy in China. The Political and Economic Consequences of Strategic Partnership with France* [w:] J. Marszałek-Kawa (red.), *Aspects of Contemporary Asia. Security and Economy*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2015, s. 94.
- Młynarski T., *Strategiczne partnerstwo Francji i Chin w sektorze energetyki jądrowej* [w:] K. Pająk, J. Marszałek-Kawa (red.), *Polityka energetyczna państw Azji i Pacyfiku w XXI wieku*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2015, s. 71–94.
- Roberts P.S., *How Well Will The International Atomic Energy Agency Be Able to Safeguard More Nuclear Materials in More States?* [w:] H.D. Sokolski (red.), *Underestimated Our Not So Peaceful Future*, Nonproliferation Policy Education Center, 2015.
- Sagan S.D., *Nuclear Latency and Nuclear Proliferation* [w:] W.C. Potter, G. Mukhatzhanova (red.), *Forecasting Nuclear Proliferation in the 21<sup>st</sup> Century*, Vol. 1. *The Role of Theory*, Stanford Security Studies, 2010, s. 82–83.
- Sokolski H.D., Gilinsky V., *Serious Rules for Nuclear Power Without Proliferation* [w:] H. Sokolski (red.), *Underestimated Our Not So Peaceful Future*, Nonproliferation Policy Education Center, 2015.
- Stulberg A.N., *Internationalization of Fuel Cycle and the Nuclear Energy Renaissance: Confronting the Credible Commitment Problem* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford Security Studies, an imprint of Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 118.
- The Text of the Agreement between Iran and the Agency for the Application of Safeguards in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, INFCIRC/214, 13<sup>th</sup> December 1974.
- Way Ch., *The Politics of Nuclear Renaissance: A Comment* [w:] A.N. Stulberg, M. Fuhrmann (red.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford University Press, Stanford, CA 2013, s. 157.

### C. Artykuły w czasopismach naukowych, periodykach, biuletynach

- Bratt D., *Implementing Kyoto in Canada: The Role of Nuclear Power*, „Energy Journal” 2005, vol. 26, issue 1.
- Chorośnicki M., *Dylematy energetyki jądrowej w Unii Europejskiej*, „Politeja” 2012, nr 19.
- Chorośnicki M., *Bezpieczeństwo energetyczne w dokumentach i deklaracjach naukowych*, „Prawo, Zarządzanie, Marketing”, Wyższa Szkoła Handlowa, Kraków 2010.
- Cochran T.B., Feiveson H.A., Mian Z., Ramana M.V., Schneider M., Hippel F.N. von, *It's Time to Give up on Breeder Reactors*, „Bulletin of the Atomic Scientist”, May/June 2010, s. 53–54, [http://www.princeton.edu/sgs/publications/articles/Time-to-give-up-BAS-May\\_June-2010.pdf](http://www.princeton.edu/sgs/publications/articles/Time-to-give-up-BAS-May_June-2010.pdf).

- Fuhrmann M., *Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*, „International Security” 2009 (Summer), vol. 34, no. 1.
- Hosur P., *The Indo-US Civilian Nuclear Agreement: What's the Big Deal?*, „International Journal” 2010, 45, 2 (Spring).
- IAEA turns 40, Supplement to the IAEA Bulletin, September 1997.
- Iansiti E., Niehaus F., *Impact of Energy Production on Atmospheric Concentration of Greenhouse Gases Energy Systems Must Be Restructured to Reduce Emissions of Carbon Dioxide*, IAEA Bulletin 1989, nr 2.
- Liberman P., *Israel and the South African Bomb*, „The Nonproliferation Review” 2004, vol. 11, issue 2.
- Michalak J., *Wpływ elektrowni jądrowych na środowisko*, Poznan University of Technology Academic Journals, „Electrical Engineering” 2013, no. 74.
- Młynarski T., *Geopolityczne implikacje rozwoju shale gas w Europie*, „Polityka Energetyczna” 2012, t. 15, z. 1.
- Młynarski T., *Problem reorientacji polityki energetycznej Japonii po katastrofie elektrowni jądrowej Fukushima*, „Politeja” 2011, nr 17.
- Młynarski T., *Uwarunkowania transformacji polityki energetycznej Francji. Między ekologiczną modernizacją a ekonomiczną kalkulacją*, „Rocznik Integracji Europejskiej” 2015, nr 9.
- Moatti J.-P., Fagnani J., *The Politics of French Nuclear Development*, „Journal of Policy Analysis and Management” 1984, vol. 3, no. 2.
- Motowidlak T., *Energetyka jądrowa w Unii Europejskiej*, „Polityka Energetyczna” 2009, t. 12, z. 2/1.
- Olszowiec P., *Energetyka Rosji: skutek odwrotny od zamierzonego? GOELRO, GOELRO-2...*, „Energia Gigawat” 2011, nr 11.
- Pietraś M., *Koncepcje i realia reżimów międzynarodowych*, „Stosunki Międzynarodowe – International Relations” 2002, nr 1–2.
- Richter B., *Reducing Proliferation Risk*, „Issues in Science and Technology”, The University of Texas at Dallas 2008 (Fall).
- Seed D., *NA-YGN Makes Appearance at UN Sponsored COP5*, North American Young Generation in Nuclear, 1999, <http://naygn.org>.
- Sorin F., *La France et le choix électronucléaire: Une approche géopolitique*, „La Revue Française de Géopolitique” 2004, no. 2.
- Ullom J., *Enriched Uranium Versus Plutonium: Proliferant Preferences in the Choice of Fissile Material*, „The Nonproliferation Review” 1994 (Fall).
- Zaleski P.C., *Nuclear Energy and Climate Change*, „Master of Business Administration”, 2009, 6 (101), listopad–grudzień.

#### D. Analizy, rozprawy, ekspertyzy

- Bajczuk R., *Odnawialne źródła energii w Niemczech. Obecny stan rozwoju, grupy interesu i wyzwania*, Raport OSW, Warszawa 2014.
- Borowski K., *Energetyka jądrowa – perspektywy rozwoju w Polsce*, Infos, Biuro Analiz Sejmowych, nr 10, 13 marca 2007.

- China Energy Policy, Laws and Regulation Handbook*, Vol. 1. *Strategic Information and Developments*, International Business Publications, Inc. Ibp, 2015.
- Cordesman A.H., *Chinese Strategy and Military Power in 2014: Chinese, Japanese, Korean, Taiwanese and US Perspectives*, Center for Strategic and International Studies, November 2014.
- Cordesman A.H., Lin A., *The Changing Military Balance in the Koreas and Northeast Asia*, Center for Strategic and International Studies, June 2015.
- Cordesman A.H., Bosserman B., Khazai S., *U.S. and Iranian Strategic Competition: The Sanctions Game: Energy, Arms Control, and Regime Change*, Center for Strategic and International Studie, April 2012.
- CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion*, Highlights, International Energy Agency Statistics, IEA, 2015.
- Davis L.W., *Prospects for U.S. Nuclear Power after Fukushima*, UC Center for Energy and Environmental Economics, 2011, Energy Institute at HAAS, <https://ei.haas.berkeley.edu/research/papers/WP218.pdf>.
- Dobrzyński L., Zuchowicz K., *Energetyka jądrowa: spotkanie pierwsze*, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, czerwiec 2012, <http://old.ncbj.gov.pl/sites/default/files/ej1.pdf>.
- Durkalec J., Kacprzyk A., Piotrowski M.A., *Konferencja Przeglądowa Traktatu o nierozprzestrzaniu broni jądrowej (NPT) w 2015 roku. Nowy kompromis lub ryzyko erozji*, Raport PISM, kwiecień 2015.
- Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*, Reference data series No. 1, IAEA 2013.
- Identyfikacja korzyści wynikających z realizacji programu rozwoju energetyki jądrowej w Polsce*, Raport Ernst & Young 2011.
- Japan 2008 Review, Energy Policies of IEA Countries*, International Energy Agency, OECD/IEA, 2008.
- Levell Ch., *Shale Gas in Europe: A Revolution in the Making?*, Gas Strategies, 2010.
- Morris C., Peht M., *Niemiecka transformacja energetyczna. Przyszłość oparta na odnawialnych źródłach energii*, Inicjatywa Fundacji im. Heinricha Bölla, 2014.
- Nitzsche A., *Uranium 2014 Report: Red Book Highlights Continuing Growth Trend. Supply and Demand Strong Despite Lower Prices*, IAEA Office of Public Information and Communication, <https://www.iaea.org/newscenter/news/uranium-2014-report-red-book-highlights-continuing-growth-trend>.
- Nuclear Energy's Economic Benefits – Current and Future*, White Paper, Nuclear Energy Institute, Washington, D.C., April 2014, <http://www.nei.org/corporatesite/media/filefolder/policy/papers/jobs.pdf>.
- Prognoza oddziaływania na środowisko Programu Polskiej Energetyki Jądrowej*, Ministerstwo Gospodarki/Fundeko, grudzień 2010.
- Rashad S.M., *Nuclear Power and Environment Comparative Assessment of Environmental and Health Impacts of Electricity Generating Systems*, Atomic Energy Authority National Center for Nuclear Safety and Radiation Control, International Conference on Hazardous Waste Sources, 12<sup>th</sup>–16<sup>th</sup> December 1998.
- Renewables 2015 Global Status Report*, REN 21 Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century, Paryż 2015.

- The VVER Today: Evolution, Design, Safety*, Rosatom Overseas, [http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure\\_the\\_vver\\_today.pdf](http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure_the_vver_today.pdf).
- Schneider M., *Nuclear France Abroad: History, Status and Prospects of French Nuclear Activities in Foreign Countries*, Paris 2009.
- Schneider M., Froggatt A. et al., *The World Nuclear Industry Status Report 2014*, Paris–London–Washington, D.C., July 2014.
- Schneider M., Froggatt A., Thomas S., *The World Nuclear Industry Status Report 2010–2011. Nuclear Power in a Post-Fukushima: World. 25 Years After the Chernobyl Accident*, Paris–Berlin, Worldwatch Institute, Washington, April 2011.
- Sovacool B.K., *Asia's Energy Adequacy, Environmental Sustainability, and Affordability: An Overview*, ADB Economics Working Paper Series No. 399, June 2014.
- The World Nuclear Supply Chain: Outlook 2030*, World Nuclear Association, 2014.
- Tracking Clean Energy Progress 2015. Energy Technology Perspectives 2015 Excerpt IEA Input to the Clean Energy Ministerial*, International Energy Agency, OECD/IEA, 2015.
- Transition to a Low-Emissions Economy in Poland*, The World Bank Poverty Reduction and Economic Management Unit, Europe and Central Asia Region, February 2011.
- Understanding CO<sub>2</sub> Emissions from the Global Energy Sector, Public Disclosure Authorized*, The World Bank 2014/5.
- Uranium 2014: Resources, Production and Demand*, A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf>.
- Weiss L., *The 1979 South Atlantic Flash: The Case for an Israeli Nuclear Test*, Center for International Security and Cooperation Stanford University, Stanford, CA 2011.

#### *E. Analizy World Nuclear Association (dostęp do stron internetowych w okresie 2013–2015)*

- Areva Sets Sights on China for Growth*, Nuclear Energy Insider, 8<sup>th</sup> January 2014, <http://analysis.nuclearenergyinsider.com/supply-chain/areva-sets-sights-china-growth>.
- China Starts Building First Hualong One Unit*, WNN, 7<sup>th</sup> May 2015, <http://www.world-nuclear-news.org/NN-China-starts-building-first-Hualong-One-unit-0705154.html>.
- Emerging Nuclear Energy Countries*, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx>.
- Greenhouse Gas Emissions Avoided Through Use of Nuclear Energy*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/greenhouse-gas-emissions-avoided.aspx>.
- Nuclear Power in Argentina*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Argentina>.
- Nuclear Power in Belgium*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Belgium>.
- Nuclear Power in Brazil*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Brazil>.
- Nuclear Power in Canada*, WNA, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Canada--Nuclear-Power>.

- Nuclear Power in China*, WNA, 29 July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power).
- Nuclear Power in Czech Republic*, WNA, June 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/country-profiles/countries-a-f/czech-republic/>.
- Nuclear Power in Finland*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Finland](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Finland).
- Nuclear Power in Germany*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements).
- Nuclear Power in Hungary*, WNA, April 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Hungary](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Hungary).
- Nuclear Power in India*, Updated 8<sup>th</sup> August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/India>.
- Nuclear Power in India*, WNA, May 2015, [www.world-nuclear.org/info/inf53.html](http://www.world-nuclear.org/info/inf53.html).
- Nuclear Power in Italy*, WNA, November 2014, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Italy](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Italy).
- Nuclear Power in Japan*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/inf79.html](http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html).
- Nuclear Power in Mexico*, WNA, July 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Mexico>.
- Nuclear Power in Pakistan*, WNA, August 2015, [wna.org http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Pakistan](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Pakistan).
- Nuclear Power in Romania*, WNA, October 2014, [wna.org](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Romania).
- Nuclear Power in Russia*, WNA, November 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power).
- Nuclear Power in Slovakia*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovakia>.
- Nuclear Power in Slovenia*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovenia](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovenia).
- Nuclear Power in South Africa*, WNA, June 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Africa](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Africa).
- Nuclear Power in Spain*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Spain](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Spain).
- Nuclear Power in Sweden*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Sweden](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Sweden).
- Nuclear Power in the European Union*, WNA, July 2015, [wna.org](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/EU).
- Nuclear Power in the United Kingdom*, WNA, September 2015.
- Nuclear Power in the USA*, WNA, January 2015, [www.virlab.virginia.edu/Energy\\_class/Lecture\\_notes/Next\\_Generation\\_Nuclear\\_Power\\_Supporting\\_materials/Nuclear%20Power%20in%20the%20USA%20-%20Reactor%20Listing%20-%20WNA.pdf](http://www.virlab.virginia.edu/Energy_class/Lecture_notes/Next_Generation_Nuclear_Power_Supporting_materials/Nuclear%20Power%20in%20the%20USA%20-%20Reactor%20Listing%20-%20WNA.pdf).
- Nuclear Power in Iran*, WNA, August 2015, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>.
- Nuclear Power in the USA*, WNA, August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power).
- Nuclear Power in Ukraine*, WNA, July 2015, [www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-](http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-U).

*Nuclear Share Figures, 2004–2014*, WNA, May 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Nuclear-generation-by-country](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Nuclear-generation-by-country).

*Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan*, WNA, October 2015.

*World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, WNA, June/August 2015, [www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements](http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements).

*World Uranium Mining Production*, WNA, May 2015, [www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production](http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production).

#### F. *Analyze Country Analysis Brief Energy Information Administration (www.eia.gov)* (dostęp do stron internetowych w okresie 2013–2015)

*China*, CAB, EIA, 2015.

*India*, CAB, EIA, 2015.

*Japan*, CAB, EIA, 2010.

*Japan*, CAB, EIA, 2014.

*Japan*, CAB, EIA, 2015.

*Russia*, CAB, EIA, 2015.

*Saudi Arabia*, CAB, EIA, 2015.

*South Korea*, CAB, EIA, 2014.

*United Arab Emirates*, CAB, EIA, 2015.

*United Kingdom*, CAB, EIA, 2015.

#### G. *Artykuły prasowe*

*Areva Gets Cash Injection from Kuwait*, Reuters, 10<sup>th</sup> December 2010 <http://www.reuters.com/article/idUSLDE6B90KO20101210>.

*Atomowa pomoc*, BBC, 4 sierpnia 2005, [http://www.bbc.co.uk/polish/worldnews/story/2005/08/050804\\_israel\\_nuclear.shtml](http://www.bbc.co.uk/polish/worldnews/story/2005/08/050804_israel_nuclear.shtml).

Barroso J.M., *European Nuclear Energy Forum*, Prague, 22<sup>nd</sup> May 2008, Press Release, [http://europa.eu/rapid/press-release\\_SPEECH-08-259\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-08-259_en.htm).

*China's Daya Bay Nuclear Plant Says it Suffered Leak in May*, 15<sup>th</sup> June 2010, <http://www.marketwatch.com/story/chinas-daya-bay-nuclear-plant-declares-leak-2010-06-15>.

*China Nuclear Plant Leak Poses No Environment Threat*, „Bloomberg News”, 16<sup>th</sup> November 2010, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2010-11-15/china-nuclear-plant-workers-exposed-to-radiation-south-china-post-reports>.

*EU Significantly Extends Sanctions against Iran*, Reuters, 23<sup>rd</sup> May 2011.

*French Firm Sees New Era in China*, „China Daily”, 3<sup>rd</sup> June 2014, <http://www.asianews-net.net/French-firm-sees-new-era-in-China-61050.html>.

*IAEA Predicts More Nuclear States*, 16<sup>th</sup> October 2006, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/6055984.stm>.

*India, Canada Sign Civil Nuclear Deal*, „The Times of India”, 28<sup>th</sup> June 2010, <http://timesofindia.indiatimes.com/india/India-Canada-sign-civil-nuclear-deal/article-show/6101893.cms>.

- Iran Declaration*, BBC, 21<sup>st</sup> October 2003, [http://news.bbc.co.uk/2/hi/middle\\_east/3211036.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/middle_east/3211036.stm).
- Iran's Claim that Israel Has 400 Nuclear Weapons*, 1<sup>st</sup> May 2015, <http://www.washingtonpost.com/blogs/fact-checker/wp/2015/05/01/irans-claim-that-israel-has-400-nuclear-weapons>.
- Iran Raises Stakes with Claim of Nuclear Leap*, 10<sup>th</sup> April 2007, „The Guardian”, <http://www.theguardian.com/world/2007/apr/10/iran.topstories3>.
- Iran Says It Joins Countries with Nuclear Technology*, CNN International, 12<sup>th</sup> April 2006, <http://edition.cnn.com/2006/WORLD/meast/04/11/iran.nuclear>.
- Israel Bombs Baghdad Nuclear Reactor*, [http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid\\_3014000/3014623.stm](http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid_3014000/3014623.stm).
- Japan Nuclear Power Expansion Plans Abandoned*, „The Guardian”, 11<sup>th</sup> May 2011, <http://www.guardian.co.uk/world/2011/may/11/japan-nuclear-power-expansion-plans-abandoned>.
- Landlernov M., *United States and Its Allies Expand Sanctions on Iran*, NYT, 21<sup>st</sup> November 2011.
- Lelyveld J., *South Africa Struggles to Build a Nuclear Industry*, „New York Times”, 24<sup>th</sup> June 1981, <http://www.nytimes.com/1981/06/24/world/south-africa-struggles-to-build-a-nuclear-industry.html>.
- Mccarthy M., *Climate Deal Reached by Offering 'Flexibility': Bonn Summit after Four Years and Countless Hours of Talks, the Leading Industrial Nations*, „The Independent”, 24<sup>th</sup> July 2001.
- Mogi Ch., Q + A: *What do Japan's Reactor Stress Tests Mean for Nuclear Power?*, 1<sup>st</sup> August 2011, „Reuters”, <http://www.reuters.com/article/2011/09/01/us-japan-nuclear-stress-qanda-idUSTRE7801N220110901>.
- Moore P., *Going Nuclear*, 16<sup>th</sup> April 2006, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/04/14/AR2006041401209.html>.
- Sang-Hun Ch., *Oil Is Shipped to North Korea under Nuclear Shutdown Pact*, [http://www.nytimes.com/2007/07/13/world/asia/13korea.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2007/07/13/world/asia/13korea.html?_r=0).
- Sanger D.E., Sang-Hunfeb Ch., *North Korea Confirms It Conducted 3<sup>rd</sup> Nuclear Test*, NYT, 11<sup>th</sup> February 2013, [http://www.nytimes.com/2013/02/12/world/asia/north-korea-nuclear-test.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/02/12/world/asia/north-korea-nuclear-test.html?_r=0).
- Sarkozy Pushes Nuclear Deals in India*, „Nuclear Power Daily”, 4<sup>th</sup> December 2010.
- Sino-French Nuclear Cooperation Aimed at Third-Party Market*, „Finance Daily News”, 9<sup>th</sup> December 2013, <http://www.finance-daily-news.com/2013/12/sino-french-nuclear-cooperation-aimed-at-third-party-market/sino-french-nuclear-cooperation-aimed-at-third-party-market.html>.
- S Koreans Win \$20bn UAE Nuclear Power Contract*, „Financial Times”, 28<sup>th</sup> December 2009, <http://www.ft.com/cms/s/0/1655d5c6-f2e3-11de-a888-00144feab49a.html#axzz3fj8OoxJt>.
- South Korea Awarded UAE Nuclear Power Contract*, BBC News, 27<sup>th</sup> December 2009, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8431904.stm>.
- UK Hopes to Win Carbon Credits Deal with China*, 23<sup>rd</sup> May 2000, <http://www.theguardian.com/uk/2000/may/23/nuclear.world>.
- 1981: *Israel Bombs Baghdad Nuclear Reactor*, [http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid\\_3014000/3014623.stm](http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/june/7/newsid_3014000/3014623.stm)



*H. Materiały z internetu (dostęp do stron internetowych w okresie 2012–grudzień 2015)*

- Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol (AWG-KP), <http://unfccc.int/bodies/body/6409.php>.
- Akkuyu Nuclear Power Plant in Turkey: New Options for Suppliers*, [http://www.atom-eks.ru/mediafiles/u/files/ATOMEX-Europ\\_2013/Forum%20materials/09\\_Titov\\_Atomex\\_Europe\\_2013.pdf](http://www.atom-eks.ru/mediafiles/u/files/ATOMEX-Europ_2013/Forum%20materials/09_Titov_Atomex_Europe_2013.pdf).
- Apsara Research Reactor*, <http://www.nti.org/facilities/818>.
- AREVA Signs a 300 Million Euro Contract with Eskom*, Republic of South Africa Utility, 6<sup>th</sup> September 2014, <http://www.areva.com/EN/news-10304/areva-signs-a-300-million-euro-contract-with-eskom-republic-of-south-africa-utility.html>.
- Atomic Energy Act of 1954* (P.L. 83–703), Nuclear Regulatory Legislation NUREG-0980, vol. 1, no. 10, 112<sup>th</sup> Congress; 2<sup>nd</sup> Session, UE Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC), <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1327/ML13274A489.pdf#page=23>.
- Bajoria J., *The U.S.-India Nuclear Deal*, CFR, Council on Foreign Relations, 5<sup>th</sup> November 2010, <http://www.cfr.org/india/us-india-nuclear-deal/p9663>.
- Belarus Starts Constructing Its First Nuclear Power Plant*, IAEA, <https://www.iaea.org/newscenter/news/belarus-starts-constructing-its-first-nuclear-power-plant>.
- Chmielewski A.G., *Czy istnieje technologia wytwarzania energii całkowicie przyjazna środowisku?*, Stowarzyszenie Ekologów na rzecz Energii Nuklearnej, s. 2, <http://www.seren.org.pl/baza/pliki/technologie.pdf>.
- Conclusion of Supply Contracts*, Euratom Supply Agency, <http://ec.europa.eu/euratom/procedures.html>.
- Countdown to Indian Contracts*, World Nuclear News, 13<sup>th</sup> October 2008, [http://www.world-nuclear-news.org/NP-Countdown\\_to\\_Indian\\_contracts-1310085.html](http://www.world-nuclear-news.org/NP-Countdown_to_Indian_contracts-1310085.html).
- Czy energetyka jądrowa jest bezpieczna dla środowiska?*, Ministerstwo Gospodarki, 26 kwietnia 2012, [http://poznajatom.pl/poznaj\\_atom/czy\\_energetyka\\_jadrowa\\_jest\\_be,185](http://poznajatom.pl/poznaj_atom/czy_energetyka_jadrowa_jest_be,185).
- Dhruva Research Reactor*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/facilities/837>.
- DOE/NNSA visits Mumbai in support of India's Global Center for Nuclear Energy Partnership*, National Nuclear Security Administration, <http://www.nnsa.energy.gov/blog/doenrsa-visits-mumbai-support-india%E2%80%99s-global-center-nuclear-energy-partnership>.
- Dujardin T., *Agencja Energii Nuklearnej (NEA) OECD w Paryżu – doświadczenia krajów OECD*, Senat RP, <http://ww2.senat.pl/k7/agenda/seminar/081014m/Energet/R-rozwoj.html>.
- Dujardin T., *Rozwój energii atomowej a zrównoważony rozwój – doświadczenia krajów OECD*, Agencja Energii Nuklearnej (NEA) OECD w Paryżu, Senat RP, <http://ww2.senat.pl/k7/agenda/seminar/081014m/Energet/R-rozwoj.html>.
- Economic Growth & Job Creation*, Nuclear Energy Institute, <http://www.nei.org/Why-Nuclear-Energy/Economic-Growth-Job-Creation>, [http://www.ciis.org.cn/english/2014-03/11/content\\_6733156.htm](http://www.ciis.org.cn/english/2014-03/11/content_6733156.htm).
- Electricity Process*, Eurostat, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/a/a1/Half\\_yearly\\_electricity\\_and\\_gas\\_prices\\_EUR\\_new.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/a/a1/Half_yearly_electricity_and_gas_prices_EUR_new.png).

- France and Saudi Arabia Sign Contracts Worth 10 Billion Euros*, RFI, 13<sup>th</sup> October 2015.
- Indo-French Strategic Partnership, French Embassy in New Delhi*, 23<sup>rd</sup> June 2011, <http://ambafrance-in.org/Civil-nuclear-energy>.
- IAEA and Kazakhstan Agree to Create Nuclear Fuel Bank*, World Nuclear News, 27<sup>th</sup> August 2015, <http://www.world-nuclear-news.org/UF-IAEA-and-Kazakhstan-agree-to-create-nuclear-fuel-bank-27081501.html>.
- ISIS Reports Photos of the Destruction of al-Atheer*, 15<sup>th</sup> June 1992, Institute for Science and International Security, <http://isis-online.org/isis-reports/detail/photos-of-the-destruction-of-al-atheer/9>.
- Jak działa elektrownia jądrowa?*, Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), <http://ncbj.edu.pl/en-jadrowa/jak-dziala-elektrownia-jadrowa>.
- JFK on Nuclear Weapons and Non-Proliferation, Proliferation Analysis November 17, 2003*, <http://carnegieendowment.org/2003/11/17/jfk-on-nuclear-weapons-and-non-proliferation>.
- Koszty realizacji „zielonej” polityki energetycznej w Niemczech, Świadomie o atomie, „Energia Jądrowa w Polsce”*, PGE EJ, 23 stycznia 2012.
- La coopération nucléaire franco-chinoise*, 9 juillet 2012, <http://www.ambafrance-cn.org/La-cooperation-nucleaire-franco-chinoise.html>.
- La coopération nucléaire franco-chinoise, Ambassade et section consulaire à Pékin – La France en Chine*, 9 février 2010, <http://www.ambafrance-cn.org/La-cooperation-nucleaire-franco-chinoise.html>.
- Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte*, <http://www.legifrance.gouv.fr>.
- Menkiszak M., *Rosja zamraża budowę elektrowni jądrowej w Kaliningradzie*, OSW, 12 czerwca 2013, <http://www.osw.waw.pl/pl/publikacje/analizy/2013-06-12/rosja-zamraza-budowe-elektrowni-jadrowej-w-kaliningradzie>.
- North Korea Overview*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/country-profiles/north-korea>.
- NSG Guidelines*, <http://www.nuclearsuppliersgroup.org/en/guidelines>.
- Nuclear Energy, Climate Change and IAEA Assistance to Interested Member States*, IAEA, <https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/CoP14.html>.
- Nuclear Energy between China and France*, „France and China Partnership”, 14<sup>th</sup> April 2011, <http://www.franceenchine.org/page/2>.
- Nuclear Proliferation Case Studies*, Appendix to Safeguards Information Paper, WNA, May 2015, <http://www.world-nuclear.org>.
- Nuclear, South Africa*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), <http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/nuclear>.
- Operating Reactors*, The U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), <http://www.nrc.gov/reactors/operating.html>.
- Pan E., *Iran: Curtailing the Nuclear Program*, 13<sup>th</sup> May 2004, Council on Foreign Relations, <http://www.cfr.org/iran/iran-curtailing-nuclear-program/p7821>.
- Polityka energetyczna*, Ambasada RP w Tokio, <http://www.tokio.polemb.net/index.php?document=394>.
- Power Generation*, Germany, Euronuclear, <https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/p/pow-gen-ger.htm>.

- Program jądrowy w Republice Korei*, 4 września 2013, <http://poznajatom.pl>.
- Raport o oddziaływaniu elektrowni na środowisko*, <http://elektrownia-jadrowa.pl/191.html>.
- Rauf R., *From 'Atoms for Peace' to an IAEA Nuclear Fuel Bank*, Arms Control Association, October 2015, [https://www.armscontrol.org/ACT/2015\\_10/Features/From-Atoms-for-Peace-to-an-IAEA-Nuclear-Fuel-Bank](https://www.armscontrol.org/ACT/2015_10/Features/From-Atoms-for-Peace-to-an-IAEA-Nuclear-Fuel-Bank).
- Role of Nuclear Power Key in Combating Climate Change*, IAEA Director General Says, 27<sup>th</sup> May 2015, <https://www.iaea.org/newscenter/news/role-nuclear-power-key-combating-climate-change-iaea-director-general-says>.
- Safeguards Legal Framework*, <https://www.iaea.org/safeguards/safeguards-legal-frame-work>.
- Sarkozy N., *Allocution lors du Dîner d'Etat en l'honneur de M. HU Jintao*, Palais de l'Élysée, 4 novembre 2010, <http://www.archives.elysee.fr/president/les-actualites/discours/2010/allocution-lors-du-diner-d-etat-en-l-honneur-de-m.9974.html>.
- Smog w Chinach zabił 1,2 miliona ludzi w ciągu roku*, 2 kwietnia 2013, <http://www.polskieradio.pl/5/3/Artykul/814480,Smog-w-Chinach-zabil-12-miliona-ludzi-w-ciagu-rok>.
- South Africa Nuclear*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), September 2015, <http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/nuclear>.
- Strupczewski A., *Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych dawniej i dzisiaj*, Instytut Energii Atomowej POLATOM, <http://www.if.pw.edu.pl>.
- Strupczewski A., *Komentarz dla Narodowego Centrum Badań Jądrowych*, „Wysokie Napięcie”, <http://wysokienapiecie.pl/atom/216-francusko-chinski-atom-w-wielkiej-brytanii-co-to-oznacza-dla-polski>.
- Sweden*, World Energy Council, <http://www.worldenergy.org/data/trilemma-index/country/sweden/2013>.
- Swiss Federal Office of Energy*, SFOE, <http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/?lang=en>.
- The Clean Development Mechanism: An Instrument for Sustainable Development or a New Nuclear Subsidy?*, Nuclear Information and Resource Service, 2000, <http://www.nirs.org/factsheets/cleandevmechanism.htm>.
- The IAEA LEU Bank, Assuring a Supply of Low Enriched Uranium (LEU) for Member States*, IAEA 2015.
- The IAEA LEU Bank*, MAEA, <https://www.iaea.org/ourwork/leubank>.
- The International Nuclear and Radiological Event Scale*, <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp>.
- The President's State of the Union Address*, Washington, D.C., Office of the Press Secretary, 29<sup>th</sup> January 2002, <http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2002/01/20020129-11.html>.
- The Sino-French Connection*, [http://www.bjreview.com.cn/special/2014-01/20/content\\_591820\\_4.htm](http://www.bjreview.com.cn/special/2014-01/20/content_591820_4.htm).
- The VVER Today: Evolution, Design, Safety*, Rosatom Overseas, [http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure\\_the\\_vver\\_today.pdf](http://www.rosatom.ru/en/resources/b6724a80447c36958cface920d36ab1/brochure_the_vver_today.pdf).
- Unclear Over Nuclear*, 25<sup>th</sup> October 2000, Centre for Science and Environment, <http://www.cseindia.org/content/unclear-over-nuclear>.

- U.S.-Chinese Agreement Provides Path to Further Expansion of Nuclear Energy in China*, Department of Energy, <http://energy.gov/articles/us-chinese-agreement-provides-path-further-expansion-nuclear-energy-china>.
- Wędrowki uranu*, „Poznaj Atom”, 28 stycznia 2013, [http://poznajatom.pl/poznaj\\_atom/wedrowki\\_uranu,436](http://poznajatom.pl/poznaj_atom/wedrowki_uranu,436).
- Waging Peace: North Korea*, The Carter Center, <http://www.cartercenter.org/countries/north-korea-peace.html>.
- What is U.S. Electricity Generation by Energy Source?*, U.S. EIA, <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=427&t=3>.
- When Iran Bombed Iraq's Nuclear Reactor*, <http://nsarchive.wordpress.com/2012/03/09/document-friday-when-iran-bombed-iraqs-nuclear-reactor>.
- Yi J., *Five Decades of Sino-French Relations: Foundations for a New Relationship*, CIIS, 11<sup>th</sup> March 2014, China International Studies January/February 2014.
- Zmiany postaw społecznych wobec energetyki jądrowej*, <http://www.atomistyka.pl/energetyka/postawy.html>.
- 1974: Canada Blamed for India's 'Peaceful' Bomb*, <http://www.cbc.ca/archives/categories/science-technology/energy-production/candu-the-canadian-nuclear-reactor/indias-peaceful-bomb.html>.

### *I. Strony internetowe*

- Euratom Supply Agency – <http://ec.europa.eu/euratom/>.
- FORATOM – [www.foratom.org](http://www.foratom.org).
- Global Centre for Nuclear Energy Partnership (GCNEP) – <http://www.gcnep.gov.in>.
- Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GINC) – <http://www.gicnt.org>.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) – <https://www.iaea.org>.
- International Atomic Energy Agency PRIS – <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>.
- International Energy Agency – <http://www.iea.org>.
- International Framework for Nuclear Energy Cooperation – <http://www.ifnec.org/Home.aspx>.
- International Renewable Energy Agency – [www.irena.org](http://www.irena.org).
- Institute for Science and International Security – <http://isis-online.org/advena-2>.
- MAEA – [www.iaea.org](http://www.iaea.org).
- Nuclear Energy Institute – [www.nei.org](http://www.nei.org).
- Nuclear Suppliers Group (NSG) – <http://www.nuclearsuppliersgroup.org/Leng/default.htm>.
- Tata Institute of Fundamental Research – <http://www.tifr.res.in>.
- Turboatom*, [www.turboatom.com.ua](http://www.turboatom.com.ua).
- U.S. Energy Information Administration (EIA) – <http://www.eia.gov>.
- World Energy Council – <https://www.worldenergy.org>.
- World Nuclear Association – [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org).
- [www.iaea.org/pris](http://www.iaea.org/pris)

## Summary

The nowadays importance of the nuclear energy as an electricity source is growing up, especially that access to conventional energy sources (hydrocarbons) is getting reduced. Additionally, nuclear energy can play a key role in an energy transformation process being an intermediate solution in the passage from hydrocarbons to renewable energy sources, as it is capable of providing carbon free high power electricity supplies.

The book “*Nuclear energy towards the global challenges of energy security and non-proliferation regime in the climate change era*”, discusses the impact of nuclear power on the three sectors of security:

- *energy* – nuclear energy is a source of stable high power electricity supplies,
- *ecological* – nuclear energy reduces CO<sub>2</sub> emissions by supporting the climate policy goals, although it is not completely free from the influence of the environment and the health and lives of people,
- *military* – civilian nuclear technologies are dual-use technologies that can be implemented to military nuclear programs.

The intention of the research is to highlight the role of nuclear energy in the energy balance of the world and the importance of this source of energy in reducing CO<sub>2</sub> emissions and combating the global climate change. Another problem is the dilemma of cooperation in civil nuclear power, which can lead to the unintended proliferation of for purposes other than peaceful.

The future of nuclear power depends on many factors, among others, growing demand for electricity and the benefits associated with the reduction of CO<sub>2</sub> emissions for the sake of the environment. The most important factor is its economic competitiveness in relation to other energy sources. Therefore, investments in the reactors will be made in countries that already have nuclear power plants, and among the countries aspiring to the development of nuclear energy – plants will be built most probably by those who believe that this will strengthen their energy security or their positions in the international arena. This is particularly true for the Middle East region, where nuclear energy could lead to a release of additional reserves of oil or natural gas targeted for exports.

Nuclear energy has many advantages, among which the fore the nature of ecological and economic: improves the diversification of energy sources and reduces dependence on non-renewable energy resources (especially fossil fuels), and also reduces the nuisance of energy production on the environment. Tackling climate change through the promotion of low-carbon economy must take place in parallel with the harmonization of energy policies subjected to transformation and adjustment of economic policy. Development of nuclear energy may contribute to break of a relationship between the growth of the global economy and GHG emissions associated with the energy sector. The factor that discourages most to nuclear power is a potential risk of nuclear accidents and the high investment cost of power plant construction. Unfortunately, nuclear energy cannot make a significant contribution to the fight against global warming, because to do so, nuclear energy production would have to be increased to a significant size. Experts estimate that would need to more than double the installed capacity of electricity generation to replace existing coal-fired energy, which is unrealistic.

The impetus for the development of nuclear power in the world was the US President Dwight David Eisenhower initiative, announced on December 8<sup>th</sup>, 1953 at the UN General Assembly meeting. President Eisenhower believed that building of nuclear reactors for electricity production should be conducted within the framework of international cooperation in order to address needs of those parts of the world where conventional energy sources were lacking. Unfortunately, one of the most serious threats of spreading nuclear power is a risk of proliferation of dual-use technologies for nuclear weapons.

It is widely believed that civilian nuclear cooperation should not lead to proliferation because there is no direct link between the construction of nuclear weapons and the development of civilian reactors. However, some types of civilian nuclear cooperation facilitate the construction of the nuclear weapon. This is because all forms of civilian nuclear assistance, whether they include training of researchers and supplies of research reactors or building fuel processing plants increase the knowledge base and technical capabilities of the country, which may increase the likelihood of the spread of nuclear technologies for purposes other than intended. The author attempts to answer the question of whether the cooperation in the field of civil nuclear power, raises the risk of proliferation of dual-use technology for military purposes and undermines international security? How to strengthen and reform the IAEA and enhanced its nuclear safeguards system? The international community must improve existing mechanisms directed to eliminate the risk of nuclear technologies proliferation for military purposes. Another issue that requires further support of all IAEA member countries is the need to increase the Agency control and supervision power.

REDAKCJA

Jadwiga Makowiec

KOREKTA

Barbara Górską

SKŁAD I ŁAMANIE

Hanna Wiechecka

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego  
Redakcja: ul. Michałowskiego 9/2, 31-126 Kraków  
tel. 12-663-18-80, tel./fax 12-663-18-83

