

ENERGETYKA JĄDROWA

PERSPEKTYWY ROZWOJU
W POLSCE



Niniejszy raport został przygotowany przez **MDI Strategic Solutions** pod kierownictwem naukowym **Polskiego Towarzystwa Nukleonowego**.

Raport powstał na bazie danych i opinii publicznie dostępnych, a także informacji udzielonych przez **Polskie Towarzystwo Nukleonowe**.

Prace nad stworzeniem raportu realizowane były w okresie od września 2008 do stycznia 2009 r.

STRESZCZENIE

Aktualna sytuacja energetyczna w Polsce i perspektywy rozwoju

- Zużycie energii elektrycznej na mieszkańca w Polsce wynosi 3900 kWh/rok brutto, natomiast średnia dla krajów starej piętnastki UE wynosi 8500 kWh/rok.
- Prognozy Ministerstwa Gospodarki przewidują, że do roku 2030 roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną wyniesie około 270 TWh¹, natomiast moc w systemie energetycznym kraju powinna być na poziomie 45 GWe², natomiast prognozowana moc zainstalowana wyniesie 20 GWe.
- 93% energii elektrycznej w Polsce pozyskuje się z elektrowni spalających węgiel.
- W UE głównym źródłem pozyskiwania energii elektrycznej jest węgiel i energia jądrowa (po 30% udziału).
- Od 2016 roku planowane są znaczne redukcje ilości wydobywanego węgla brunatnego.

Korzyści wynikające z wprowadzenia energetyki jądrowej w Polsce

- Energetyka jądrowa poprawi bezpieczeństwo energetyczne Polski.
- Koszt wytworzenia energii elektrycznej ze źródeł jądrowych jest najniższy z obecnie dostępnych metod.
- Koszty zewnętrzne pozyskiwania energii elektrycznej ze źródeł jądrowych są równie niskie jak te ze źródeł energii odnawialnej.
- Uran może być pozyskiwany z regionów, które są politycznie stabilne.
- Paliwo do elektrowni jądrowych nie podlega takim wahaniom ceny jak gaz i ropa, co pozwala na przewidywalne rachunki ekonomiczne.
- Ze względu na ogromną wartość energetyczną transport paliwa jądrowego nie jest kapitałochłonny.
- Energetyka jądrowa będzie pomocna w spełnieniu zobowiązań względem UE, takich jak *Pakiet Energetyczno-Klimatyczny*.
- Energetyka jądrowa stworzy nowe płaszczyzny kontaktów międzynarodowych.
- Energetyka jądrowa wpłynie na przyspieszenie rozwoju cywilizacyjnego Polski.
- Energetyka jądrowa poza produkcją energii elektrycznej może być również wykorzystywana do produkcji wodoru i konwersji węgla na paliwa ciekłe i gazowe.

Istotne aspekty związane z wprowadzeniem energetyki jądrowej w Polsce

- Okres od podjęcia działań w kierunku budowy elektrowni jądrowej do jej uruchomienia ocenia się na 15 lat.
- Średni koszt wybudowania elektrowni jądrowej z nowoczesnym reaktorem o mocy 1600 MW to ok. 3,5 mld euro.
- W krajach unijnych budową elektrowni jądrowych zajmują się prywatne koncerny, biorąc w bankach kredyty, których spłaty rozłożone są średnio na 30 lat.
- Po dokonaniu inwestycji początkowe koszty eksploatacji są dużo niższe niż w przypadku jednostek na paliwa kopalne, co skutkuje niższymi kosztami wytworzonej energii elektrycznej.

¹ TWh – miliard kWh.

² GW – 1000 MW, GWe – oznacza 1000 MW mocy elektrycznej.

- Obecnie odsetek ludzi sprzeciwiających się budowie elektrowni jądrowej spada, przy jednoczesnym wzroście odsetka ludzi opowiadających się za jej budową, jednakże w dalszym ciągu jest więcej przeciwników niż zwolenników budowy (w 2008 roku średnio 45% „za”, a 46% „przeciw”).
- Wraz z uruchomieniem programu wdrażania energetyki jądrowej niezmiernie istotne stają się kampanie edukacyjne mające na celu zaznajomienie społeczeństwa z aspektami energii jądrowej.
- Każda elektrownia jądrowa, aby pracować, musi spełniać szereg zaleceń ustalonych przez organizacje międzynarodowe i powszechnie akceptowane przez krajowe urzędy dozoru jądrowego.
- Od czasów awarii w Czarnobylu (1986 rok) w żadnej z elektrowni jądrowej na świecie nie wystąpiła poważna awaria jądrowa.
- Groźba poważnej awarii skutkującej skażeniem środowiska jest minimalna dzięki kilkustopniowym systemom bezpieczeństwa, a konsekwencje ewentualnej awarii są ograniczone do terenu elektrowni.
- W nowoczesnych elektrowniach jądrowych o mocy 1000 MWe rocznie powstaje średnio około 20 ton wypalonego paliwa zajmującego objętość około 10 m³ oraz około 150 ton (pojemność około 100 m³) nisko aktywnych odpadów promieniotwórczych.
- Partycypacja Polski w budowie elektrowni jądrowej w Ignalinie na Litwie pozytywnie wpłynie na zasób kadrowy specjalistów w tej dziedzinie.

Inne źródła pozyskiwania energii

- Paliwa kopalne ze względu na emisję CO₂ oraz inwazyjność w środowisko naturalne nie powinny być jedynym źródłem pozyskiwania energii elektrycznej w Polsce.
- Przyjęty unijny *Pakiet Energetyczno-Klimatyczny* oznacza, że od 2013 roku wszystkie państwa Unii będą zmuszone do kupowania pełnych praw do emisji CO₂, Polskę może to kosztować nawet 5 mld euro rocznie.
- Źródła odnawialne powinny mieć jak największy udział w produkcji energii elektrycznej w Polsce, natomiast ze względu na ich charakterystykę będzie je można traktować jedynie jako źródło komplementarne, a nie podstawowe.

Charakterystyka energetyki jądrowej na świecie

- Reaktory jądrowe są wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej od 1954 roku. Obecnie na świecie eksploatowanych jest 439 w 31 krajach, o łącznej mocy 372,2 GWe, i dostarcza około 16% wytwarzanej w świecie energii elektrycznej. W budowie jest 39 jądrowych bloków energetycznych, o mocy 33 GWe.
- Energetyka jądrowa od kilku lat znów jest uważana za strategiczny element polityki bezpieczeństwa energetycznego wielu państw. Wynika to z nawarstwienia się kilku zjawisk:
 - gwałtownych wahań cen ropy i gazu;
 - niestabilnej sytuacji w ważnych dla rynków surowcowych krajach;
 - coraz częstszego wykorzystywania surowców jako instrumentu nacisku w stosunkach międzypaństwowych;
 - wzrastającego uzależnienia największych konsumentów (UE, USA, Japonia, Chiny, Indie) od importu nośników energii.

Charakterystyka energetyki jądrowej w krajach graniczących z Polską

- W odległości około 300 kilometrów od granic Polski pracuje 26 reaktorów jądrowych w 10 elektrowniach.

- Jedynym państwem sąsiadującym z Polską, które nie posiada pracującego reaktora jądrowego, jest Białoruś, jednakże i ona na początku 2009 roku rozpocznie budowę pierwszej elektrowni jądrowej. W sąsiadującym z Polską obwodzie kaliningradzkim również przewiduje się budowę elektrowni jądrowej.

Uwarunkowania prawne rozwoju energetyki jądrowej w Polsce

- Aktualnie obowiązuje ustawa z dnia 29 listopada 2000 roku – prawo atomowe.
- Budowa, uruchomienie i eksploatacja elektrowni jądrowych będzie się wiązać z wieloma obszarami regulacji prawnej, normowanych obecnie przez kilkanaście rodzajów aktów prawnych (prawo atomowe, prawo energetyczne, prawo budowlane, prawo ochrony środowiska).
- Naturalną konsekwencją rozproszenia regulacji prawnych mogących mieć zastosowanie przy inwestycjach w energetykę jądrową jest wielość organów właściwych w sprawie różnych aspektów takiej inwestycji.
- Konieczne są zmiany w ustawodawstwie krajowym w celu jednoznacznego, spójnego i kompleksowego uregulowania zagadnień związanych z lokalizacją, projektowaniem, budową oraz eksploatacją elektrowni jądrowych.
- Wydaje się, iż dobrym rozwiązaniem byłoby uchwalenie ustawy o „specjalnym” charakterze, której zasadnicza część wespół z dostosowanymi przepisami innych ustaw kompleksowo normowałaby wszystkie kwestie.
- Godna rozważenia wydaje się możliwość zastosowania funkcjonującego w Stanach Zjednoczonych, tzw. pozwolenia kompleksowego, obejmującego od razu wszystkie etapy inwestycji – od projektowania po eksploatację już gotowej instalacji. Takie rozwiązanie powoduje, iż wykonanie inwestycji zgodnie z warunkami zezwoleń na jej realizację uniemożliwiłoby odmowę jej uruchomienia.

SPIS TREŚCI

Streszczenie	3
Uwagi wstępne	7
1. Aktualna sytuacja energetyczna w Polsce i perspektywy rozwoju	9
2. Korzyści wynikające z wprowadzenia energetyki jądrowej w Polsce.....	12
3. Istotne aspekty związane z wprowadzeniem energetyki jądrowej w Polsce	18
4. Inne źródła pozyskiwania energii	27
5. Charakterystyka energetyki jądrowej na świecie	30
6. Charakterystyka energetyki jądrowej w krajach graniczących z Polską	33
6.1. Białoruś.....	34
6.2. Czechy	34
6.3. Litwa.....	36
6.4. Niemcy.....	37
6.5. Rosja	40
6.6. Słowacja	43
6.7. Ukraina.....	45
7. Uwarunkowania prawne rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.....	48
8. Podsumowanie	51
DODATEK 1: Technologie reaktorów.....	53
DODATEK 2: <i>CASE STUDY</i> – Elektrownia Jądrowa Żarnowiec.....	61
DODATEK 3: Polskie organizacje związane z energetyką jądrową.....	68
DODATEK 4: Największe światowe przedsiębiorstwa energetyki jądrowej	69
DODATEK 5: Lista rysunków, tabel i map zawartych w raporcie.....	70
Autorzy.....	71

UWAGI WSTĘPNE

Kwestia wprowadzenia w Polsce energetyki jądrowej stała się ostatnio bardzo aktualna. Istniejące w społeczeństwie obawy związane z tą technologią muszą być obecnie skonfrontowane z rosnącymi problemami dalszego wykorzystywania do produkcji energii elektrycznej paliw kopalnych, a zwłaszcza węgla. Produkcja energii w elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych będzie bowiem w coraz większym stopniu obciążana kosztami szkód wyrządzanych środowisku przez emisję zanieczyszczeń – głównie CO₂ – do atmosfery. W dłuższej perspektywie należy również brać pod uwagę wyczerpujące się zasoby paliw kopalnych i wzrost ich cen na rynkach światowych, co jest dodatkowym czynnikiem potencjalnego wzrostu kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach klasycznych.

Jednocześnie okazuje się, że ambitne plany wykorzystania odnawialnych źródeł energii są mało realne, zarówno ze względu na ich niewielkie zasoby, jak i z powodu bardzo wysokich kosztów, przy zastosowaniu bardziej zaawansowanych technologii. Metody te mogą również, wbrew pozorom, generować problemy ekologiczne i eksploatacyjne. Ta sytuacja zmusza do ponownego rozpatrzenia aspektów wdrażania energetyki jądrowej w tych państwach, w których jeszcze nie rozpoczęto jej wykorzystywania lub je wstrzymano. Następuje obecnie przewartościowanie wielu ocen, które dotychczas były podstawą negatywnego stosunku do tej technologii, postrzeganej przez pryzmat zagrożenia jądrowego, często wyolbrzymianego w świetle zdarzeń z Hiroszimy, Nagasaki i Czarnobyla. W światowej energetyce jądrowej zebrano już dostatecznie dużo doświadczeń, aby patrzeć na bezpieczeństwo działania elektrowni jądrowych z mniejszymi emocjami i oceniać tę technologię w oparciu o racjonalne kryteria naukowe. Należy mieć nadzieję, że takie podejście będzie miało miejsce również w Polsce, aczkolwiek należy zdawać sobie sprawę z olbrzymiego ładunku emocjonalnego związanego z tą technologią, co może być negatywnie wykorzystane na arenie politycznej.

Na świecie już rozpoczął się renesans energii jądrowej. W dokumencie *Polityka energetyczna Polski do 2025 roku*, przyjętym przez Radę Ministrów 4 stycznia 2005 roku, czytamy, że „ze względu na konieczność dywersyfikacji nośników energii pierwotnej oraz potrzebę ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery uzasadnionym staje się wprowadzanie do krajowego systemu energetyki jądrowej”³. Kwestia ta została ponownie poruszona w projekcie *Polityka energetyczna Polski do roku 2030*⁴, gdzie podany jest szacunkowy udział energii jądrowej w całkowitej ilości wyprodukowanej energii elektrycznej w wysokości 15% do 2030 roku.

Średni okres potrzebny do wybudowania pierwszej w kraju elektrowni atomowej, a więc od podjęcia decyzji, realizacji prac wstępnych, prac koncepcyjnych, budowy, do momentu uruchomienia – wynosi około 15 lat. Dlatego, jeżeli chcemy wykorzystać energetykę jądrową, strategiczną decyzję należy podjąć już teraz.

³ Ministerstwo Gospodarki RP, *Polityka Energetyczna Polski do 2025 roku*, z dn. 4 stycznia 2005.

⁴ Ministerstwo Gospodarki RP, Projekt *Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku*, z września 2008.

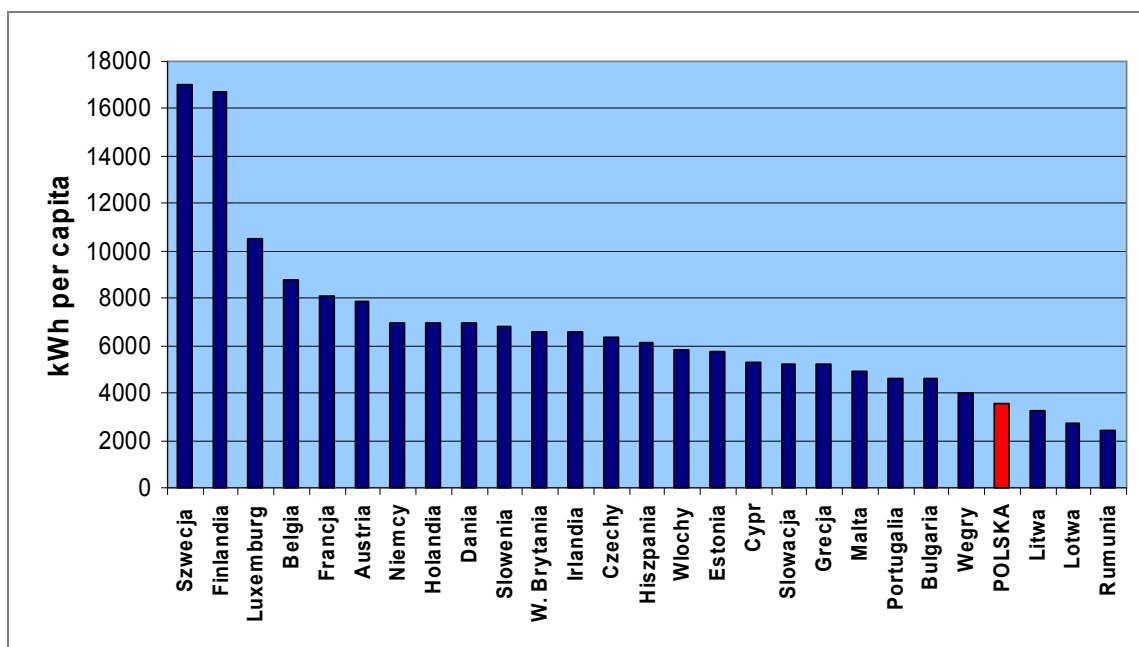
Jak podkreśla **Lesław Kuzaj, dyrektor generalny General Electric na Europę Środkową**, „przekładanie decyzji o budowie takiej [jądrowej] elektrowni przez Polskę może spowodować, że moce produkcyjne firm, które dostarczają reaktory jądrowe, będą niewystarczające wobec rosnącego popytu na całym świecie. W efekcie, złożenia zamówienia w 2010 czy 2015 roku może skutkować realizacją zlecenia na przykład na rok 2050”⁵.

⁵ H. Tobolska, *Dziś już nie uciekniemy od energii jądrowej – rozmowa z Lesławem Kuzajem*, „Dziennik”, z dn. 1 sierpnia 2008.

1. AKTUALNA SYTUACJA ENERGETYCZNA W POLSCE I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Zużycie energii elektrycznej na jednego mieszkańca w Polsce wynosi brutto 3900 kWh/rok (Rys. 1), natomiast średnia dla krajów „starej piętnastki UE” wynosi 8500 kWh/rok na mieszkańca. Praktyka wskazuje na fakt, **iż wraz z rozwojem gospodarczym i cywilizacyjnym średnie zużycie energii elektrycznej w Polsce musi wzrosnąć**. Obecnie w Polsce występuje – niezbędna do zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej – nadwyżka dostępnych mocy (Rys. 2).

Rys. 1. Zużycie energii elektrycznej w Polsce na tle Europy⁶

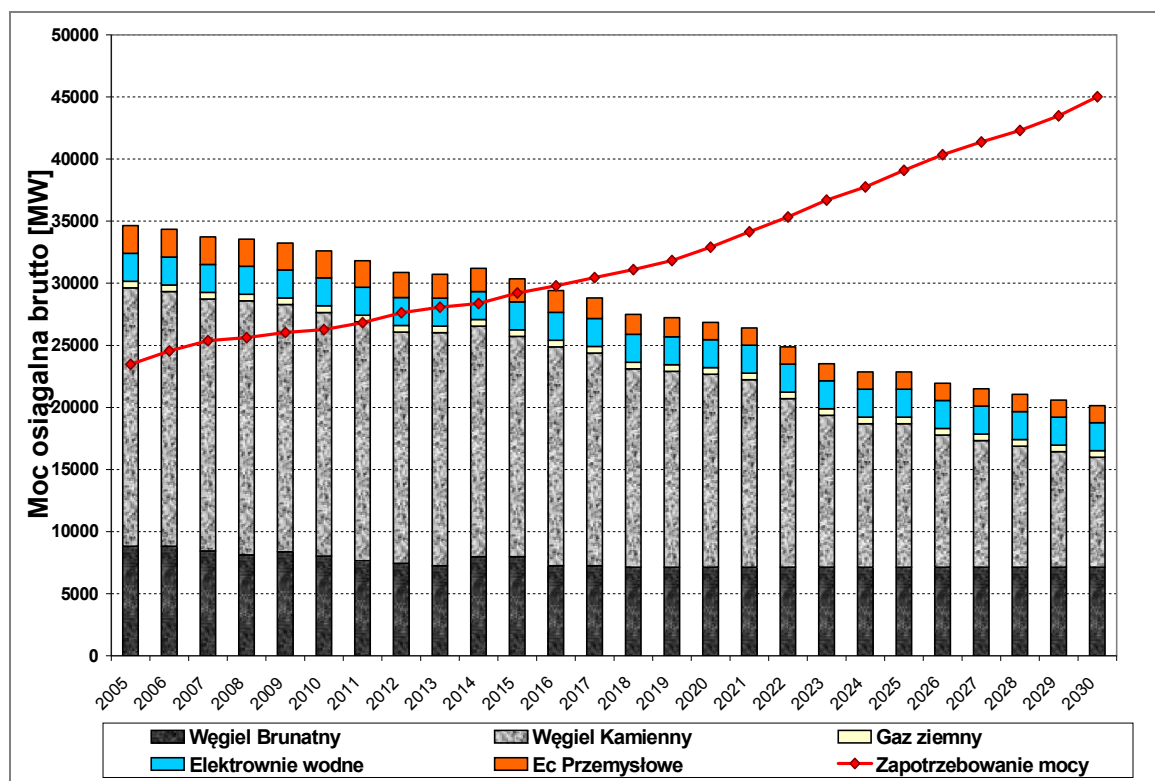


źródło: United Nations Development Programme

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że poziom rocznego zużycia energii elektrycznej na jednego mieszkańca stawia Polskę na jednym z ostatnich miejsc w Europie. Prognozy⁷ Ministerstwa Gospodarki przewidują, że w ciągu 25 lat zapotrzebowanie na energię elektryczną w naszym kraju powinno ulec podwojeniu, pomimo niemal dwukrotnego zmniejszenia energochłonności naszej gospodarki w przeliczeniu na jednostkę PKB. Do roku 2030 roczne zapotrzebowanie na zainstalowaną moc w systemie elektroenergetycznym wzrośnie do około 45 GW. Natomiast prognozowana moc obecnie eksploatowanych elektrowni po wycofaniu przestarzałych, niespełniających norm ochrony środowiska bloków energetycznych – wyniesie około 20 GW.

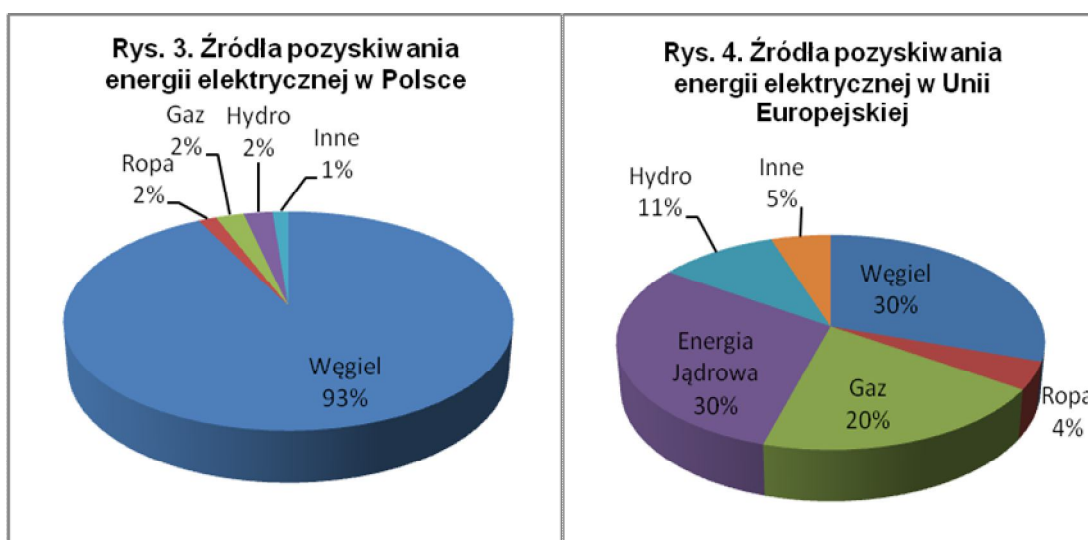
⁶ United Nations Development Programme, *Human Development Report 2005*, United Nations Development Programme.

⁷ Ministerstwo Gospodarki RP, *Prezentacja Energetyka jądrowa w Polityce energetycznej Polski do 2030 roku*, Warszawa 26 maja 2008.

Rys. 2. Moce w systemie oraz przyszłe zapotrzebowanie (Prognoza)⁸

źródło: Ministerstwo Gospodarki

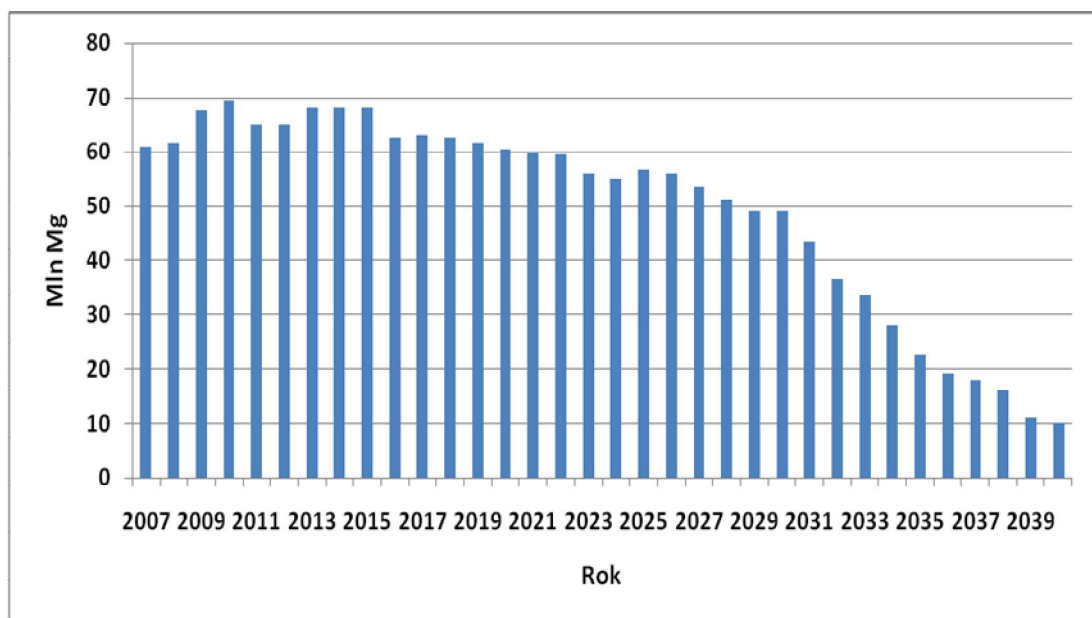
Okolo 93% energii elektrycznej w Polsce pozyskuje się z elektrowni spalających węgiel kamienny lub brunatny (Rys. 3). W UE głównym źródłem pozyskiwania energii elektrycznej jest energia jądrowa i węgiel, z których każdy pokrywa po 30% ogólnego zapotrzebowania (Rys. 4).

Opracowanie: MDI na podstawie International Energy Agency, www.iea.org (dane z 2006 roku)

⁸ Ministerstwo Gospodarki RP, Prezentacja *Energetyka jądrowa w Polityce energetycznej Polski do 2030 roku*, op. cit.

W obliczu wzrastającego zapotrzebowania na energię rząd polski musi podjąć strategiczne decyzje odnośnie źródeł jej pozyskiwania. Obecnie prawie całość (93%) energii elektrycznej pozyskuje się z węgla. Po przyjęciu protokołu z Kioto⁹ i wejściu do UE Polska zobligowana jest do znacznego zredukowania emisji CO₂ do atmosfery, co stawia pod znakiem zapytania budowę dalszych elektrowni węglowych. Dodatkowo do 2040 roku planuje się znaczne zmniejszenie ilości wydobywanego węgla brunatnego z obecnie eksploatowanych kopalni (Rys. 5). Prognozy wykonane przez Agencję Rynku Energii przy okazji opracowywania przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy nowej polityki energetycznej Polski do 2025 roku¹⁰ wskazują, że nie uda się pokryć wzrastającego zapotrzebowania kraju na energię elektryczną bez uruchomienia źródeł jądrowych nawet przy maksymalnie możliwym, ekonomicznie i ekologicznie, wykorzystaniu rodzimych zasobów węgla kamiennego i brunatnego.

Rys. 5. Prognozowane wydobycie węgla brunatnego w polskich kopalniach odkrywkowych¹¹



opracowanie: MDI

W świetle obecnie znanych faktów i prognoz związanych z sektorem energetycznym Polski rozpoczęcie długofalowego programu jądrowego jest praktycznie jedynym rozwiązaniem. Jak najszybciej należy rozpocząć prace przygotowawcze z uwagi na prawdopodobnie kilkunastoletni okres realizacji takiej inwestycji. Tyle czasu potrzeba na wykonanie wszystkich niezbędnych czynności: od przygotowania analiz i przeprowadzenia kampanii edukacji publicznej, przez podjęcie odpowiednich decyzji politycznych, administracyjnych oraz ustawodawczych, po rozpoczęcie budowy i uruchomienie pierwszych reaktorów.

⁹ Protokół podpisany w 1997 roku w Kioto, w którym 39 państw uprzemysłowionych zobowiązało się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 5,2% poniżej poziomu z 1990 roku w okresie 2008-2012.

¹⁰ Ministerstwo Gospodarki RP, *Polityka Energetyczna Polski do 2025 roku*, z dn. 4 stycznia 2005 roku

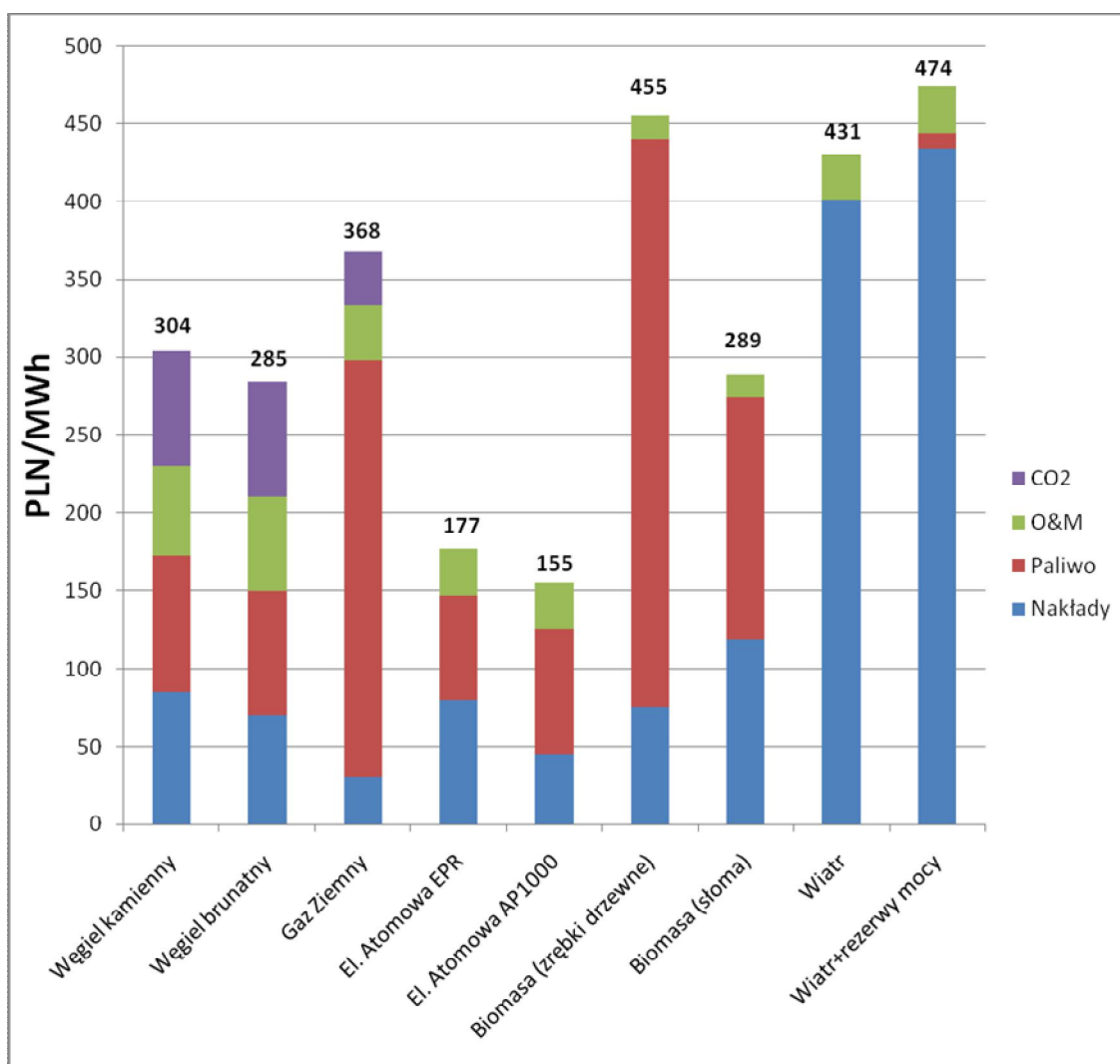
¹¹ Ministerstwo Gospodarki RP, *Prezentacja Energetyka jądrowa w Polityce energetycznej Polski do 2030 roku*, op. cit.

2.KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z WPROWADZENIA ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE

Koszt wytworzenia energii elektrycznej ze źródeł jądrowych jest najniższy z obecnie dostępnych technologii.

Porównując koszty wytwarzania energii elektrycznej przy użyciu rozmaitych technologii – biorąc pod uwagę nakłady inwestycyjne, koszty paliwa, koszty eksploatacji i remontów (O&M – *Operations & Maintenance*) oraz emisję gazów cieplarnianych – energetyka jądrowa jest zdecydowanie najbardziej ekonomicznym wyborem (Rys. 6), dlatego w większości krajów uprzemysłowionych nowe elektrownie jądrowe stwarzają możliwość wytwarzania energii elektrycznej potrzebnej do pokrycia obciążenia podstawowego po najniższych cenach.

Rys. 6. Jednostkowy koszt wytworzenia energii elektrycznej netto¹²



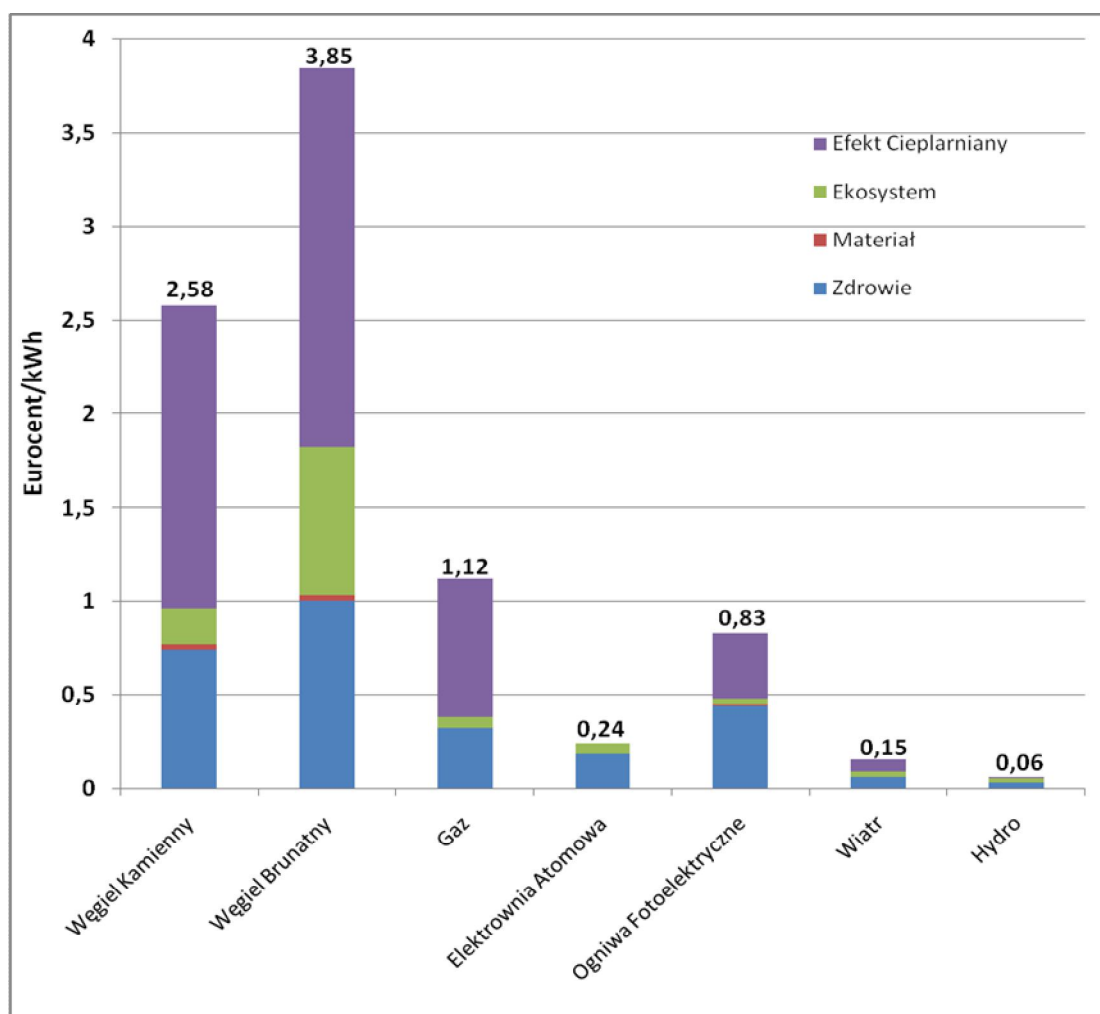
opracowanie: MDI

¹² K. Musiał, *Porównanie Technologii Wytwarzania Energii Elektrycznej w Polsce*, Energoprojekt Katowice S.A.,

Koszty zewnętrzne pozyskiwania energii ze źródeł jądrowych są równie niskie jak w przypadku źródeł energii odnawialnej.

Unia Europejska gra główną rolę we wprowadzaniu ograniczeń emisji gazów cieplarnianych w ramach realizacji postanowień traktatu z Kioto. Energetyka jądrowa jest w tym przypadku najlepszym rozwiązaniem, jako że praktycznie w żaden sposób nie przyczynia się do efektu cieplarnianego w toku eksploatacji (Rys. 7). Dostrzegają to również państwa, które do niedawna zamierzały rezygnować z wykorzystywania energii jądrowej. W styczniu 2007 roku minister gospodarki Niemiec – Michael Glos – oświadczył¹³, że Unia Europejska nie zdoła osiągnąć celów określonych w traktacie z Kioto, jeśli Niemcy i inne państwa UE nie wznowią rozwoju energetyki jądrowej. Wprowadzone przez Komisję Europejską opłaty za emisję dwutlenku węgla w znacznym stopniu podwyższają konkurencyjność elektrowni jądrowych.

Rys. 7. Koszty zewnętrzne wytwarzania energii elektrycznej z poszczególnych źródeł w Niemczech¹⁴



opracowanie: MDI

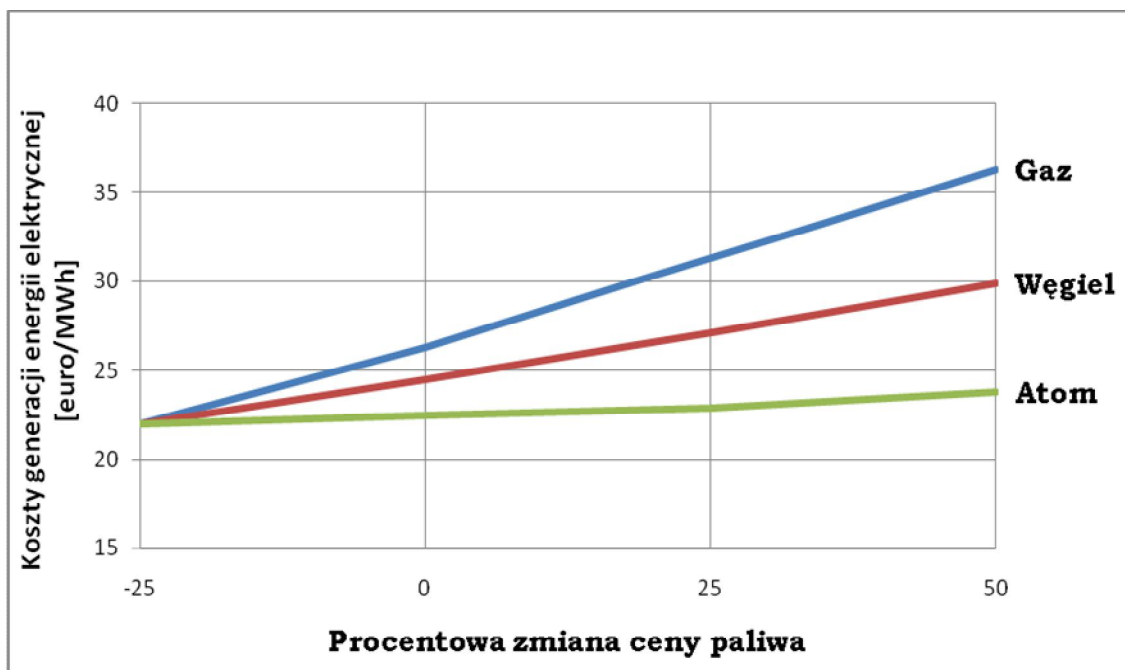
¹³ B.T. Wieliński, *Niemcy klócą się o elektrownie atomowe*, „Gazeta Wyborcza” 10 stycznia 2007.

¹⁴ Dane z P. Watkis, *AEAT/ED51014/Baselinescenarios CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020*, AEA Technology Environment, styczeń 2005.

Energetyka jądrowa poprawi bezpieczeństwo energetyczne Polski.

Wykorzystanie energetyki jądrowej w celu dywersyfikacji krajowych źródeł pozyskiwania energii w znacznej mierze zwiększy bezpieczeństwo energetyczne kraju. Cena paliwa do elektrowni jądrowych nie podlega takim wahaniom jak ceny gazu czy ropy, co pozwala na przewidywalne rachunki ekonomiczne (Rys. 8). Według analiz¹⁵ przeprowadzonych przez Polskie Sieci Energetyczne, wzrost ceny uranu o 10% spowodowałby wzrost kosztu pozyskiwania energii z elektrowni jądrowej o 0,2%, natomiast w przypadku gazu i węgla wzrost ten wynosiłby odpowiednio 8 i 4%. W przeciwieństwie do gazu, paliwo uranowe nie wymaga kosztownych inwestycji infrastrukturalnych, trwale wiążących Polskę z dostawcą. Wydobywany uran nie jest jedynym paliwem dostarczanym elektrowniom jądrowym – zużyte paliwo jądrowe coraz częściej jest przerabiane do powtórnego wykorzystania.

Rys. 8. Wpływ zmian cen paliw na koszty wytwarzania energii elektrycznej¹⁶



opracowanie: MDI

Decydując się na rozwój energetyki jądrowej, Polska musiałaby zdać się na import paliwa jądrowego, ponieważ wydobywanie uranu z krajowych zasobów jest obecnie ekonomicznie nieopłacalne. Uran może być pozyskiwany z regionów, które są politycznie stabilne (Tab. 1). Konkurencja wśród producentów jest duża, co zabezpiecza przed ewentualnym dyktatem cen. Kwestie zakupu paliwa przez kraje członkowskie UE są koordynowane przez – specjalnie do tego celu powołaną przez Euratom – Europejską Agencję Dostaw¹⁷. Uran, w przeciwieństwie do ropy i gazu, nie jest surowcem strategicznym, determinującym politykę zagraniczną państw.

¹⁵ PSE SA o zasadności budowy pierwszej elektrowni atomowej, „Gazeta Prawna”, 20 lutego 2006.

¹⁶ World Nuclear Association, *The Economics of Nuclear Power: The impact of fuel costs on electricity generation costs. Finland 2000*, listopad 2008.

¹⁷ Euroatom Supply Agency.

Według szacunków Amerykańskiej Agencji Informacji o Energetyce (American Energy Information Administration), w rozpoznanych i eksploatowanych złożach uranu (po kosztach pozyskania do 130\$/kg uranu) wystarczy na najbliższe 100 lat¹⁸, ale nawet po upływie tego czasu kłopoty z paliwem raczej nie wystąpią, biorąc pod uwagę akceptację wyższych kosztów wydobywania uranu (co radykalnie zwiększy zasoby), odkrycia nowych złóż, rosnące zdolności odzyskiwania paliwa z odpadów oraz możliwości wykorzystywania innych pierwiastków promieniotwórczych, takich jak tor. Ponadto w przypadku paliwa jądrowego nie istnieje ryzyko nagłego wstrzymania produkcji energii z powodu zakłócenia dostaw. Reaktor pracuje od 12 do 18 miesięcy na jednym załadunku paliwa (w przybliżeniu 25 t dla reaktora o mocy 1GWe)¹⁹. Tak więc nawet załamanie międzynarodowego rynku obrotu uranem daje państwu dużo czasu na znalezienie innego dostawcy.

Tab. 1. Najwięksi posiadacze rezerw, producenci i eksporterzy uranu do UE²⁰

Kraj	Udział w produkcji światowej (%)	Udział w imporcie UE (15) ²¹ (%)	Udział w zasobach światowych (%)
Kanada	27,9	28,4	9
Australia	22,8	17,4	24
Kazachstan	10,4	3,2	17
RPA+Namibia	9,1	5,4	13
Rosja	8,0	10,1	4
Niger	7,4	13,6	5
Uzbekistan	5,5	3,9	2
USA	2,4	4,3	7
Ukraina	1,9	-	2

Opracowanie: MDI

Energetyka jądrowa pomoże w spełnieniu zobowiązań względem UE.

Wdrożenie energetyki jądrowej w Polsce ułatwi spełnienie zobowiązań wynikających z tzw. *Pakietu Energetyczno-Klimatycznego* UE ze stycznia 2008 roku. Chodzi tutaj głównie o decyzję w sprawie redukcji emisji gazów cieplarnianych o 20% do roku 2020.

W rezolucji Parlamentu UE z 24 października 2007 (2007/2091/(INI)) uznaje się, że energetyka jądrowa jest niezbędna dla rozwoju gospodarczego UE i wymienia Polskę jako państwo będące na drodze do wdrożenia energetyki jądrowej. Oficjalna rezolucja została poprzedzona powołaniem 21 września 2007 roku Platformy Technologicznej Zrównoważonej Energetyki Jądrowej (ang. *Sustainable Nuclear Energy Technology Platform – SNE-TP*)²², która otwiera nowe możliwości współpracy i wykorzystania funduszy wspólnotowych. Głównym celem SNE-TP będzie wypracowanie dwóch dokumentów – *Agendy badań*

¹⁸ American Energy Information Administration, *Uranium Resources*, 2007.

¹⁹ S. Chwaszczewski, *Energetyka jądrowa w polityce energetycznej Polski*, Instytut Energii Atomowej, Świerk, maj 2006

²⁰ World Nuclear Association, Euratom.

²¹ Nowe państwa członkowskie sprowadzają paliwo niemal wyłącznie z Rosji.

²² W przygotowaniu inicjatywy wzięły udział 34 podmioty – instytucje publiczne i prywatne, badawcze i gospodarcze oraz agencje rządowe z 12 krajów UE i Szwajcarii. Na spotkanie inauguracyjne przyjechali przedstawiciele zainteresowanych partnerów, w tym Polski.

strategicznych (ang. *Strategic Research Agenda*) i *Strategii wykonawczej* (ang. *Deployment Strategy*). Dokumenty mają być gotowe w grudniu 2008 roku, Polska będzie uczestniczyła w pracach nad nimi²³.

Transport paliwa jądrowego nie jest kapitałochłonny.

Ze względu na stosunkowo niewielką ilość potrzebnego paliwa jądrowego jego transport jest nieporównywalnie łatwiejszy niż w przypadku paliw kopalnych. Przykładowo, z 1 kg uranu można wyprodukować tyle energii elektrycznej, ile z około 15 ton węgla (Tab. 2).

Tab.2. Ocena ilości energii elektrycznej uzyskiwanej z wykorzystania 1kg odpowiedniego paliwa w różnych technologiach²⁴	
Paliwo	Wartość energetyczna kWh/kg
Zrębki drzewa (biomasa)	1
Węgiel kamienny	3
Węgiel brunatny	1
Olej opałowy	4
Gaz ziemny	6
Uran naturalny (reaktory CANDU, GCR)	40 000
Uran wzbogacony (reaktory PWR, BWR)	45 000

Opracowanie: MDI

Energetyka jądrowa stworzy nowe płaszczyzny kontaktów międzynarodowych.

Gdyby w naszym kraju rozwijała się energetyka jądrowa, Polska prowadziłaby bardziej aktywną politykę w tej dziedzinie na forach międzynarodowych, na przykład w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) oraz Agencji Energii Atomowej (NEA) należącej do Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD). Znalezienie się w nowej sieci zależności ekonomicznych przyniosłoby dodatkowe korzyści dzięki zacieśnieniu relacji z poszczególnymi członkami organizacji.

Zainicjowanie programu atomowego pozwoliłoby Polsce bezpośrednio uczestniczyć w procesie opracowywania międzynarodowych regulacji w zakresie atomistyki i wykorzystywania technik jądrowych do celów cywilnych. Z własnym sektorem atomowym Polska miałaby większe możliwości współkształtowania polityki UE realizowanej w ramach organizacji Euratom.

Ponadto, budowa elektrowni dałaby szansę na pogłębienie relacji z wybranymi producentami paliwa (np. Australia, Kanada, Rosja, RPA, Brazylia i inni) oraz dostawcami technologii (Niemcy, Francja, USA, Rosja). Przed Polską pojawiłyby się nowe możliwości współpracy, zarówno z państwami tradycyjnie ważnymi z perspektywy polityki zagranicznej i bezpieczeństwa, jak i państwami do tej pory drugoplanowymi. Polska zyskałaby na atrakcyjności, jako partner handlowy i inwestycyjny.

²³ M. Pawłowski, *Renesans energetyki jądrowej i technologii nuklearnej w Europie*, „Wokół Energetyki”, październik 2007.

²⁴ World Nuclear Association – www.world-nuclear.com.

Energetyka jądrowa wpłynie na przyspieszenie rozwoju cywilizacyjnego Polski.

Własny program jądrowy byłby impulsem do rozwoju polskiej atomistyki. Wymagana wiedza ekspercka i napływ nowych technologii wymusiłyby postęp edukacyjny, badawczy i techniczny oraz pozwoliły na odtworzenie potencjału (70-80% osób zatrudnionych w elektrowniach jądrowych to pracownicy z wyższym wykształceniem) częściowo zaprzepaszczonego po rezygnacji z projektu w Żarnowcu²⁵.

Energetyka jądrowa ma wiele zastosowań

Energetyka jądrowa, poza zaspokojeniem bieżącego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz ciepłą, może zostać również wykorzystana do produkcji wodoru, o którym mówi się, że będzie paliwem przyszłości. Energia jądrowa może być również wykorzystana do konwersji węgla na paliwa ciekłe i gazowe. W wielu krajach trwają intensywne prace nad przyszłą zmianą silników spalinowych na – przyjazne dla środowiska – silniki wodorowe.

²⁵ Patrz dodatki: *Case Study – Elektrownia Jądrowa Żarnowiec*, str. 61.

3. ISTOTNE ASPEKTY ZWIĄZANE Z WPROWADZENIEM ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE

Koszty budowy

Koszty budowy samej elektrowni jądrowej w porównaniu do innego typu siłowni są znaczne z powodu bardzo rozbudowanego systemu bezpieczeństwa. Okres od podjęcia działań w kierunku budowy elektrowni jądrowej do jej uruchomienia ocenia się na 15 lat²⁶. Dla przykładu, budowa dwóch reaktorów, o mocy 1600 MW każdy, w Ignalinie na Litwie ma w sumie kosztować ok. 6 mld euro (planowane zakończenie do 2015 roku), natomiast koszt budowy kolejnego reaktora na wyspie Olkiluoto w Finlandii to 3,2 mld dolarów (planowana uruchomienie w 2011 roku). Zdaniem Andrzeja Strupczewskiego z Instytutu Energii Atomowej, w Polsce na początek powinna powstać siłownia składająca się z dwóch bloków o mocy 1600 MW każdy. Koszt budowy takiej elektrowni nie powinien przekroczyć 7 mld euro²⁷. Według szefów Polskiej Grupy Energetycznej²⁸, która przewiduje w planach rozwoju spółki postawienie jednego bloku o mocy 1600 MW, koszt całej elektrowni wyniesie 12-14 mld zł (3,2-3,8 mld euro²⁹). Średni koszt nowoczesnego reaktora o mocy 1600 MW to około 3,5 mld euro. W Polsce z pewnością jest możliwe sfinansowanie takiej budowy, skoro mogą sobie na to pozwolić znacznie mniejsze i mniej zamożne kraje, takie jak Litwa, Słowacja czy Czechy.

W krajach unijnych budowaniem elektrowni jądrowych zajmują się prywatne koncerny. Firmy te biorą w bankach kredyty, których spłaty rozłożone są średnio na 30 lat. Mimo że kredyt wliczony jest w cenę prądu, to ten ostatni i tak jest tańszy niż z elektrowni klasycznych. We Francji dystrybutorzy energii elektrycznej płacą elektrowniom atomowym 25 euro za MWh. W naszych klasycznych elektrowniach kosztuje ona średnio ponad 36 euro za MWh.³⁰

Po dokonaniu inwestycji początkowe koszty eksploatacji są dużo niższe niż w przypadku jednostek na paliwa kopalne. Przykładowo, koszty inwestycji stanowią 60-70% całości, zaś koszty paliwa to około 20-25% (w energetyce opartej na paliwach kopalnych proporcje te są odwrotne).

Należy również pamiętać, że budowa każdego kolejnego reaktora na terenie już istniejących elektrowni jest dużo prostsza, szybsza i tańsza niż w przypadku pracy od podstaw. Przykładowo w Bułgarii budowa dwóch kolejnych reaktorów – o mocy 1000 MW każdy – prowadzona przez międzynarodowe konsorcjum będzie kosztować 4 mld euro, a pierwszy z reaktorów ma być gotowy za 5-6 lat³¹.

Wydaje się jednak, że pieniądze na inwestycję w energetykę jądrową nie powinny stanowić problemu. Banki oraz państwowe agencje inwestycyjne

²⁶ *Nuclear Power Programme Planning: An Integrated Approach IAEA TECDOC 1259*, Wiedeń 2001.

²⁷ H. Sadowski, *Rząd chce nas przekonać do atomu. Powtórka z Żarnowca?*, „Polska The Times”, 7 lipca 2008.

²⁸ A. Łakoma, *Atom już budzi kontrowersje*, „Rzeczpospolita”, 5 kwietnia 2008.

²⁹ Zgodnie ze średnim kursem euro w NBP – 3,7 zł, z 17 listopada 2008.

³⁰ H. Sadowski, *Rząd chce nas przekonać do atomu. Powtórka z Żarnowca?*, „Polska The Times”, 7 lipca 2008.

³¹ A. Łakoma, *Atom już budzi kontrowersje*, op. cit.

chętnie udzielają preferencyjnych kredytów na energetykę jądrową. Przykładem jest inwestycja w Finlandii (Elektrownia Olkiluoto – budowana przez koncern AREVA), której finansowanie zapewniły niemiecki bank Bavarian Landesbank oraz francuska agencja kredytów eksportowych COFACE. Ci pierwsi zapewnili wkład w wysokości 1,95 mld euro oprocentowany na 2,6% w skali roku. Natomiast Francuzi pożyczili 720 mln euro³².

Opinia publiczna

Jednym z głównych aspektów związanych z budową elektrowni jądrowej jest spodziewany sprzeciw części opinii publicznej. Sondaże dotyczące akceptacji dla budowy elektrowni atomowej w Polsce nie są jednoznaczne. Według badań GfK Polonia, przeprowadzonych na zlecenie „Rzeczpospolitej”³³, 57% obywateli jest przeciwko budowie takiej elektrowni w ciągu najbliższych dziesięciu lat. Za – opowiedziało się 34% ankietowanych, a 9% nie ma na ten temat zdania. Jedynie w grupie z wyższym wykształceniem znajduje się więcej zwolenników niż przeciwników energetyki jądrowej. Jako powód sprzeciwu dla budowy reaktora 82% respondentów podaje obawę o bezpieczeństwo jego działania. Dla 13% podstawową przeszkodę stanowi wysoki koszt inwestycji.

Inaczej przedstawiają się wyniki badań PENTOR z grudnia 2006 roku, przeprowadzonych na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki³⁴. 61% Polaków byłoby skłonnych zaakceptować budowę w Polsce nowoczesnej i bezpiecznej elektrowni jądrowej, o ile pozwoliłoby to na zmniejszenie uzależnienia od dostaw ropy i gazu oraz ograniczenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery. Dodatkowo, 48% respondentów poparłoby budowę reaktora w pobliżu swojego miejsca zamieszkania, jeżeli wpłynęłoby to pozytywnie na rozwój regionu, stworzenie nowych miejsc pracy oraz spadek cen energii. 41% ankietowanych opowiedziało się przeciw. Jako główne powody sprzeciwu Polacy podali obawę o awarię elektrowni (ok. 75% ankietowanych), niedoinformowanie (ok. 26%) oraz problem odpadów radioaktywnych (ok. 26%).

Natomiast sondaż Eurobarometru³⁵ z 2008 roku pokazuje, że energetyka jądrowa większą popularnością cieszy się w tych krajach, w których już istnieją elektrownie atomowe. Do tej grupy należą Czechy, Litwa, Holandia, Bułgaria, Finlandia i Węgry (wszystkie powyżej 50% poparcia). W Polsce poparcie wyniosło 39%, natomiast średnia UE to 44%.

Z badań opinii publicznej przeprowadzonych w ostatnich latach (Rys. 9) wynika, że następuje odwrót od wcześniej obowiązującej tendencji – odsetek ludzi sprzeciwiających się budowie elektrowni jądrowej spada, przy jednoczesnym wzroście odsetka ludzi opowiadających się za jej budową, jednakże w dalszym ciągu jest więcej przeciwników niż zwolenników.

Zanim ruszy szeroka debata publiczna na temat energetyki jądrowej w Polsce, potrzebna jest organiczna praca informacyjna – przede wszystkim środowisk opiniotwórczych – nauczycieli, dziennikarzy, działaczy samorządowych

³² A. Drożdżel, *Za 12 lat w Polsce zabraknie prądu*, raport Money.pl 2008.

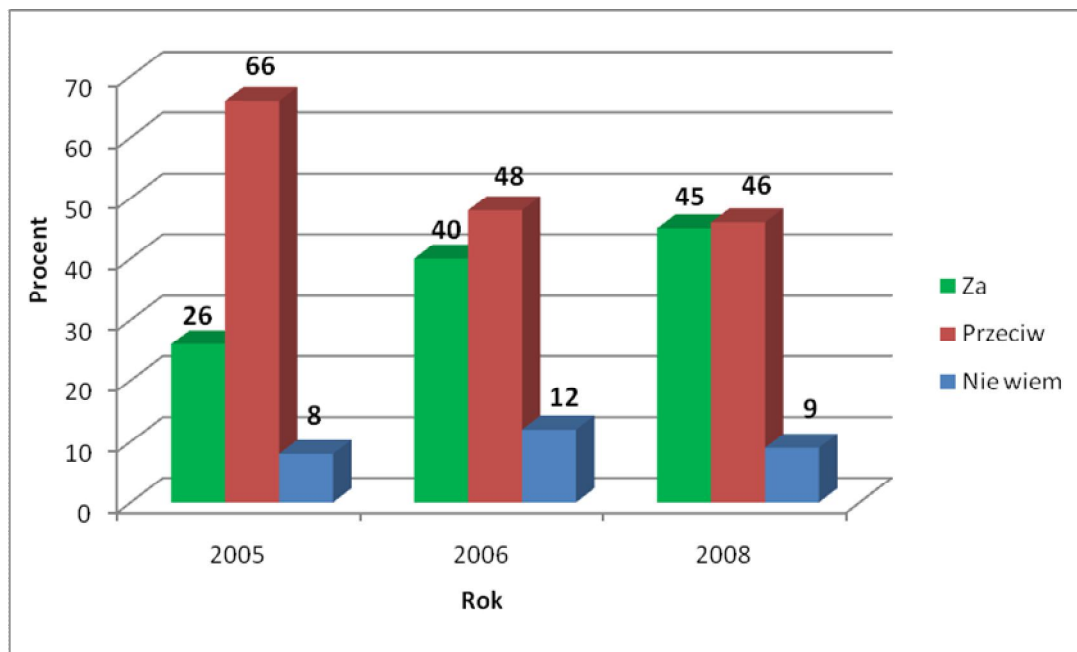
³³ Agnieszka Łakoma, *Energia atomowa w Polsce?*, „Rzeczpospolita”, 21 sierpnia 2006.

³⁴ Research International Pentor, *Postawy społeczeństwa polskiego wobec energetyki jądrowej*, grudzień 2006.

³⁵ PAP, *„Eurobarometr: Czesi i Litwini największymi zwolennikami energii atomowej*, „Rzeczpospolita”, 3 lipca 2008.

i gospodarczych.

Rys. 9. Czy zgadzasz się, aby w Polsce powstała elektrownia atomowa³⁶



Należy zwrócić szczególną uwagę na środki masowego przekazu, których nieodpowiedzialne często informacje i komentarze mogą pogłębić bezradność społeczeństwa i uniemożliwiają wyrobienie sobie rozsądnej opinii o elektrowniach jądrowych.

Patrick Moore, założyciel Greenpeace, tak komentuje rozwój energetyki jądrowej: „We wczesnych latach siedemdziesiątych, gdy zakładaliśmy Greenpeace, wierzyłem – podobnie jak moi współtowarzysze – że energia jądrowa jest synonimem nuklearnego holokaustu. To przeświadczenie było inspiracją do pierwszej zorganizowanej wyprawy Greenpeace, aby zaprotestować przeciwko testowaniu bomb wodorowych na północno-zachodnim wybrzeżu Alaski. Trzydzieści lat później moje poglądy się zmieniły i cały ruch proekologiczny powinien pójść w moje ślady, ponieważ energetyka jądrowa ma szansę być źródłem energii, które uchroni naszą planetę przed prawdziwym zagrożeniem: katastrofalną zmianą klimatu”³⁷.

Patrick Moore, naukowiec, jeden z założycieli organizacji Greenpeace, w 2006 roku złożył przed Podkomisją Kongresu USA do spraw energii oświadczenie, w którym określił energetykę jądrową jako przyszłość amerykańskiej energetyki, działalność przynoszącą ogromne korzyści i jedyne sensowne źródło energii nieprzyczyniające się do efektu cieplarnianego. Zmiana postawy Moore’a świadczy o kluczowej roli edukacji w racjonalnym nastawianiu opinii publicznej do energii jądrowej.

Istotny jest również fakt, że wszystkie rozwiązania techniczne i zabezpieczenia

³⁶ Wartości średnie dla badań przeprowadzonych przez GfK Polonia, TNS OBOP, CBOS, Pentor, SMG/KRC, PBS DGA i Eurobarometer w latach 2005, 2006 i 2008.

³⁷ P. Moore, *Going Nuclear: A Green Makes The Case*, „Washington Post”, 16 kwietnia 2006.

stosowane w energetyce jądrowej są jawne, nie podlegają tajemnicy handlowej (np. technologie reaktorów, systemów bezpieczeństwa, rozwiązania związane ze składowaniem odpadów radioaktywnych itp.), są dostępne dla krytyki i stanowią przykład najdalej zaawansowanej otwartości i współpracy międzynarodowej.

Kwestia społeczności lokalnej

Praktycznie pewny jest sprzeciw części społeczności lokalnej, w sąsiedztwie której miałyby powstać elektrownia jądrowa. W tym przypadku niezmiernie istotne są kampanie edukacyjne mające na celu zaznajomienie ludzi z aspektami energii jądrowej, jak i inwestycje infrastrukturalne, mogące przyczynić się do aktywizacji ekonomicznej regionu. Przykładowo w miejscowości Flamanville we Francji (gdzie istnieje już elektrownia jądrowa i budowany jest jej trzeci blok) miejscowe władze zadeklarowały inwestycje strukturalne wokół budowy na sumę 70 mln euro.

W krajach, gdzie już powstały elektrownie, dodatkowo stosuje się różne systemy zachęt. We Francji okoliczni mieszkańcy mają zapewnioną darmową służbę zdrowia, w USA – darmowe autostrady. W innych krajach lokalną społeczność najbardziej cieszą wysokie podatki, które płaci elektrownia, np. w Holandii samorząd dostaje 25 mln euro rocznie.

Zbigniew Bicki (ówczesny prezes PSE) jest przekonany, że dosyć łatwo można zdobyć przychylność samorządów lokalnych do takich inwestycji, jak elektrownia jądrowa. Podaje przy tym przykład kopalni Bełchatów, leżącej w dużej części na terenie gminy Kleszczów, która dzięki kopalnianym podatkom jest najbogatszą gminą w Polsce³⁸. Dodatkowo fakt, że 70-80% pracowników zatrudnionych w elektrowniach jądrowych to osoby z wyższym wykształceniem, z reguły powoduje wzrost aktywizacji ekonomicznej na obszarze inwestycji. Rada Gminy Gniewino (na terenie tej gminy budowano elektrownię jądrową Żarnowiec) jednogłośnie podjęła uchwałę wyrażającą zainteresowanie lokalizacji nowej elektrowni jądrowej na terenach gminy.

W Polsce resort gospodarki proponuje obniżenie cen energii elektrycznej o połowę dla mieszkańców powiatu, w którym powstanie elektrownia jądrowa³⁹.

Dużą rolę mogą odgrywać obawy wynikające z niskiego poziomu wiedzy w społeczeństwie o istocie energetyki jądrowej, zasadach działania reaktora jądrowego, naturze promieniotwórczości, metodach i skuteczności ochrony radiologicznej, realnym zagrożeniu wybuchem jądrowym. Jest to wynik zaniedbania edukacji w tym zakresie po przerwaniu budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec. Odbudowa tej wiedzy wymagać będzie realizacji programu szkoleń, najpierw „edukatorów”, a następnie społeczeństwa, zwłaszcza ludzi żyjących w pobliżu przewidywanych lokalizacji elektrowni. Istotne jest rozpowszechnienie tej wiedzy wśród jak największej liczby lokalnych autorytetów. Dużą rolę w wyjaśnianiu, często trudnych zagadnień bezpieczeństwa jądrowego, mają dziennikarze i publicyści zajmujący się zagadnieniami energetyki, techniki jądrowej i ochrony radiologicznej⁴⁰.

³⁸ D. Ciepiela, *Energetyka jądrowa: powolutku*, „Nowy Przemysł”, lipiec/sierpień 2005.

³⁹ H. Sadowski, *W Polsce powstanie pierwsze elektrownia atomowa*, „Polska The Times”, 7 lipca 2008.

⁴⁰ M. Duda, *Rozwój elektroenergetyki w Polsce a energetyka jądrowa*, „Przegląd Energetyczny” nr 1(37), marzec 2005

Jak podkreśla Patrick Moore, „doświadczenia amerykańskie pokazują, że sąsiedztwo reaktorów jądrowych wpływa na zwiększenie poparcia społeczności lokalnej dla energetyki atomowej. W promieniu 16 km od każdej z ponad 100 amerykańskich elektrowni jądrowych, średnie poparcie wynosi ponad 80%”⁴¹.

Bezpieczeństwo eksploatacji

Bezpieczeństwo eksploatacji jest jedną z większych obaw społecznych. Należy pamiętać, że aby pracować, każda elektrownia musi spełniać szereg norm ustalonych przez krajowe urzędy dozoru jądrowego i rekomendowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej, a od czasów awarii w Czarnobylu (1986 rok) w żadnej z elektrowni na świecie nie wystąpiła poważna awaria jądrowa.

Od lat reaktory⁴² budowane są tak, by w razie wzrostu temperatury ich moc samoczynnie malała, a nie rosła i by każdy reaktor był wyposażony w wytrzymałą i szczelną obudowę bezpieczeństwa. W Czarnobylu pracował reaktor RBMK, który nie spełniał tych zasad, nie był wyposażony w obudowę bezpieczeństwa, ponadto posiadał istotną wadę projektową elementów bezpieczeństwa. Natomiast w elektrowniach jądrowych, budowanych przez kraje OECD zasady te są rygorystycznie przestrzegane. Energetyka jądrowa jest dziedziną techniki, która podlega jednym z najbardziej rygorystycznie skonstruowanych systemów prawnych na świecie.

Ponadto, nawet w przypadku praktycznie niemożliwej i najgorszej kombinacji uszkodzeń i błędów ludzkich skutki awarii elektrowni jądrowej sięgają nie dalej niż 800 m⁴³, zgodnie z wymaganiami dokumentu *EUR*⁴⁴.

Groźba poważnej awarii skutkującej skażeniem środowiska jest minimalna dzięki kilkustopniowym systemom zabezpieczeń. Jerzy Niewodniczański (prezes Państwowej Agencji Atomistyki) mówi, że „powtórka z Czarnobyla – nawiasem mówiąc, katastrofy, której skutki zostały znacznie wyolbrzymione – jest dziś niemożliwa”⁴⁵. Ponadto trzeba uzmysłowić krytykom, że brak własnej elektrowni jądrowej nie czyni Polski bardziej bezpieczną, gdyż w najbliższym sąsiedztwie działa kilkadziesiąt reaktorów (Mapa 1).

„Nasz kraj jest otoczony przez elektrownie atomowe, a my nie mamy z tego faktu żadnych korzyści”⁴⁶ – zauważa **prof. Jerzy Niewodniczański, prezes Państwowej Agencji Atomistyki**.

⁴¹ „Nie bójcie się energii atomowej – rozmowa z Patrickiem Moore’em, „Gazeta Wyborcza”, 29-31 lipca 2006.

⁴² Więcej o reaktorach w „Rozdział 9: Technologie Reaktorów”, str. 17

⁴³ A.Strupczewski, Prezentacja: „Czego oczekujemy od Energetyki Jądrowej w XXI wieku”, odczytana na konferencji „Energetyka Atomowa w Polsce – Czas na działania”, Senat RP, Warszawa dn. 14 Października 2008 r.

⁴⁴ EUR – European Utility Requirements – dokument określający wymagania, które powinny być spełnione przez elektrownie jądrowe budowane w Europie.

⁴⁵ Ekologia, „Atomowa alternatywa”, „www.ekologika.pl” z dn. 22 stycznia 2003

⁴⁶ Ekoportal.eu, Coraz więcej Polaków przychylnych budowie elektrowni atomowej”, 27 listopada 2007.

Mapa 1 – Elektrownie jądrowe zlokalizowane w najbliższym sąsiedztwie Polski⁴⁷

Źródło: Gazeta Wyborcza

Składowanie odpadów radioaktywnych i gospodarowanie nimi

Kwestia postępowania z odpadami radioaktywnymi, powstającymi z reaktorów jądrowych jest jednym z najistotniejszych aspektów energetyki jądrowej. W porównaniu do elektrowni węglowych, opadów z elektrowni jądrowej jest bardzo mało. Z rocznej eksploatacji elektrowni jądrowej o mocy 1000 MWe otrzymujemy ok. 20 ton wypalonego paliwa, zajmującego objętość ok. 10 m³ oraz około 150 ton (objętość ok. 100 m³) niskoaktywnych odpadów. W przypadku konwencjonalnej elektrowni o tej samej mocy zasilanych węglem kamiennym lub brunatnym jest to odpowiednio kilkaset tysięcy lub kilka milionów ton rocznie.

⁴⁷ R. Zasuh, *Energia jądrowa na świecie*, „Gazeta Wyborcza”, 22 sierpnia 2008.

Odpady radioaktywne dzielimy na trzy grupy: nisko-, średnio- i wysokoaktywne (Tab. 3).

Tab. 3. Rodzaje odpadów, ich ilość i charakterystyka					
Aktywność	Objętość m ³ /GWe -rok	Udział w całkowitych zasobach (%)	Udział w całkowitym promienio- waniu(%)	Forma	Sposób zagospodarowywania
Nisko- aktywne	155	90	1	Odzież ochronna, papier, filtry	Nie jest wymagane specjalne zabezpieczenie, umieszcza się je na relatywnie niskich głębokościach. Po kilkudziesięciu latach są to odpady komunalne
Średnio- aktywne	22	7	4	Części reaktora, koszulki prętów paliwowych	Wymagają szczególnej uwagi – zamykane w zacementowanych beczkach i umieszczane na znacznych głębokościach
Wysoko- aktywne	3	3	95	Zużyte paliwo	Chłodzone, następnie stapiane z proszkiem szklanym, zatapiane w cemencie, umieszczane w specjalnych beczkach ze stali nierdzewnej, po czym składowane na dużych głębokościach

opracowanie: MDI

Zużyte paliwo może być poddane przerobowi. Podczas tego procesu udaje się odzyskać około 97% paliwa, pozostawiając 3% jako wysokoaktywne odpady. We francuskich elektrowniach jądrowych produkowane jest około 3 m³ odpadów wysoko aktywnych na roczną pracę reaktora o mocy 1000 MW, a więc średnio 3 m³/GWe-rok⁴⁸. Można w ten sposób wygospodarować uran i pluton, który nadaje się do ponownego użycia jako paliwo.

W Polsce mamy już blisko pół wieku doświadczenia w postępowaniu z odpadami o niskiej i średniej aktywności, i wiemy dobrze, że Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych w Róźnie pracujące od 1960 roku nie spowodowało żadnego zagrożenia dla zdrowia okolicznej ludności i pracowników – przeciwnie, gmina miasto Różan należą do okolic o najniższej w Polsce umieralności na raka⁴⁹. Również posiadamy ponad czterdziestoletnie doświadczenie w postępowaniu z wypalonym paliwem z reaktorów badawczych EWA i MARIA. W przypadku reaktorów energetycznych istnieje możliwość wykorzystania paliwa jądrowego na zasadach leasingu. Po wykorzystaniu paliwo to jest zwracane producentowi. Możliwość taką zapewnia Polsce członkostwo w Światowym Partnerstwie Energii Jądrowej (Global Nuclear

⁴⁸ EXTERNE 1995, *Externelities of Energy*, Vol 1-7, European Commission, Directorate General XII, Science Research and Development, EUR 16522, Luksemburg 1995.

⁴⁹ A. Strupczewski, *Czy mamy obawiać się odpadów radioaktywnych z elektrowni jądrowych?*, Komisja Bezpieczeństwa Jądrowego Instytutu Energii Atomowej, Biuletyn Miesięczny PSE, kwiecień 2006

Energy Partnership), do którego nasz kraj przystąpił w 2007 roku.

Pojemniki, w których przechowuje się odpady, otoczone są w warstwą osłonową z żelaza lub ołowiu zapewniającą pełne bezpieczeństwo otoczenia przed wpływem promieniowaniem. Pojemniki te są zwykle umieszczane pod ziemią, są to tzw. składowiska głębinowe. Dąży się do tego, aby układ składowiska geologicznego był jak najbardziej podobny do środowiska naturalnego. Ponadto stosuje się układy kolejnych barier znacznie zwiększających bezpieczeństwo – nawet jeżeli jedna z nich zawiedzie, to pozostałe skutecznie powstrzymują rozprzestrzenianie się materiałów promieniotwórczych. Taki system barier przyjęto w Szwecji, a podobne układy stosowane są w przechowalnikach paliwa zaprojektowanych w takich krajach, jak Finlandia, USA, Japonia i Korea⁵⁰.

Pokłady soli kamiennej nadają się szczególnie dobrze do składowania odpadów radioaktywnych. Sól w pokładach jest według obecnego stanu wiedzy absolutnie szczelna, więc żadne substancje promieniotwórcze nie przedostają się do środowiska, np. do wód gruntowych. Przykładowo, pokład solny w okolicach Gorleben (Niemcy) ma długość 15 km, szerokość 4 km i leży od 3000 m do 300 m pod powierzchnią ziemi. Przez 100 mln lat pokład ten praktycznie się nie zmienił, można więc oczekiwać, że i w przyszłości pozostanie stabilny. Na terenie Polski również występują takie pokłady solne⁵¹. Pomimo że składowanie w pokładach solnych jest powszechnie rozważane, nie jest jeszcze praktyką i jest mało prawdopodobne, aby je wykorzystać do składowania odpadów z pierwszych elektrowni atomowych w Polsce, natomiast na pewno warto pracować nad tym systemem w dłuższej perspektywie czasu.

Należy pamiętać, że aktywność odpadów radioaktywnych z czasem maleje: po przerobie spadnie poniżej aktywności rudy uranowej po 300 latach⁵². Odpady ze spalania węgla, takie jak żużel i popiół pozostają toksyczne na zawsze.

Spółeczeństwa Finlandii i Szwecji zgodziły się na permanentne składowanie odpadów promieniotwórczych na terenie tych krajów w pokładach granitowych. Odkryło się to po przeprowadzeniu społecznych konsultacji i kampanii edukacyjnych oraz zagwarantowaniu długoterminowego zatrudnienia dla społeczności lokalnych.

Wykwalifikowane kadry

Po rezygnacji z budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec kadra naukowa, budowlana i eksploatacyjna uległa rozproszeniu. Wstrzymano również programy edukacyjne na polskich uczelniach.

Według prezesa Państwowej Agencji Atomistyki – Jerzego Niewodniczańskiego – w kraju brakuje nie tylko specjalistów, lecz także kadr szkoleniowych oraz ludzi, którzy mogliby kompetentnie poprowadzić rozmowy z wykonawcami elektrowni. Prawdopodobnie zarówno przy budowie reaktora, jak również później, przynajmniej w początkowej fazie, do jego obsługi niezbędne będzie

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ M. Tatarzyński, *Perspektywy rozwoju energii atomowej w Polsce*, Biuro Bezpieczeństwa Narodowego 2006.

⁵² A. Strupczewski, *Prezentacja Czego oczekujemy od energetyki jądrowej w XXI wieku*, odczytana na konferencji *Energetyka Atomowa w Polsce – Czas na działania*, Senat RP, Warszawa 14 października 2008.

nawiązanie współpracy z podmiotami zagranicznymi⁵³.

W świetle tych faktów, bardzo dobrym rozwiązaniem wydaje się planowany udział Polski w budowie nowej elektrowni jądrowej w Ignalinie na Litwie⁵⁴.

Politechnika Warszawska utworzyła specjalizację „energetyka jądrowa” na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa. Studenci PW posiadają możliwość praktyk i studiów w Królewskim Instytucie Technologicznym w Sztokholmie. Instytut Energii Atomowej wspólnie z Wydziałem Fizyki, Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie szkoli studentów w specjalizacji „bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna”. Również Instytut Energii Atomowej wspólnie z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej szkoli pracowników różnych instytucji – w tym studentów – w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, z wykorzystaniem do szkoleń reaktora badawczego MARIA oraz symulatora tego reaktora. Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, wraz z AGH, stworzył specjalność, która ma w przyszłości uzupełnić niedobór fachowców potrzebnych do rozwoju energetyki jądrowej w Polsce⁵⁵.

⁵³ K. Borowski, *Energetyka jądrowa – perspektywy rozwoju w Polsce*, „Infos”, 13 marca 2007.

⁵⁴ Patrz rozdział 6: *Energetyka jądrowa w krajach granicznych: Litwa*, str. 36.

⁵⁵ Rozmowa z prof. Andrzejem Hrynkiewiczem z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, „Gazeta Krakowska”, 25 lipca 2006.

4. INNE ŹRÓDŁA POZYSKIWANIA ENERGII

Patrząc przez pryzmat dywersyfikacji w sektorze energetycznym, poza kosztami wytwarzania oraz kosztami zewnętrznymi istnieją inne aspekty świadczące o wyższość wyboru energetyki jądrowej nad innymi źródłami pozyskiwania energii.

Paliwa kopalne

Światowa Rada Energetyczna spodziewa się, że w ciągu 10-15 lat elektrownie węglowe i gazowe mogą zostać opodatkowane z powodu emisji dwutlenku węgla. Na terenie UE, w praktyce, ma już tak być od 2013 roku, kiedy elektrownie będą w pełni zobligowane do płacenia za prawo do emisji CO₂. W licytacji będą mogły uczestniczyć wszystkie państwa, tzn. pulę zezwoleń przydzielonych Polsce mogą wykupić firmy niemieckie lub hiszpańskie. We Francji i Szwecji, które opierają swą energetykę na energii nuklearnej oraz na hydroelektrowniach, zakup zezwoleń emisyjnych dla kilku procent energii elektrycznej generowanej ze spalania węgla nie będzie problemem. Natomiast w Polsce, która około 93% energii elektrycznej uzyskuje ze spalania węgla, zakup zezwoleń będzie oznaczał wzrost cen energii elektrycznej o około 60%. Jeśli zaś na licytacji firmy zagraniczne wykupią większość zezwoleń, a naszym firmom nie uda się ich zakupić, to koszty kar będą znacznie większe. Jeśli Polska musi od 2020 roku kupować pełne prawa do emisji CO₂, to koszt jest oceniany na około 5 mld euro rocznie⁵⁶.

Węgiel

Polska obecnie pozyskuje 93% produkcji energii elektrycznej ze spalania węgla. Dalsze powiększanie tego udziału wydaje się bezcelowe, zwłaszcza że prognozuje się wzrost kosztów wydobycia węgla z nowych pokładów i konieczność wypełniania coraz ostrzejszych norm ochrony środowiska. Ponadto system energetyki oparty tylko na węglu charakteryzuje się wrażliwością na strajki, blokady linii kolejowych oraz na niesprzyjające warunki atmosferyczne mogące zakłócić pracę systemu (np. duże i nagłe opady śniegu).

Kamienny – zasoby operatywne istniejących kopalń w Polsce wystarczą na ok. 38-40 lat, a w przypadku budowy nowych kopalń – na ok. 100 lat, jednak znacznie wyższych kosztach wydobycia. Zasoby światowe wystarczą na ok. 200 lat⁵⁷.

Brunatny – zasoby istniejących kopalń wystarczą na ok. 30 lat. Możliwe jest pozyskanie nowych złóż węgla brunatnego, budowa nowych kopalń odkrywkowych, co pozwoli na wydłużenie okresu eksploatacji do ok. 100 lat. Nowe kopalnie odkrywkowe to wzrost cen paliwa oraz widoczna degradacja środowiska naturalnego⁵⁸.

Elementem kampanii społecznej, zdaniem Stefana Chwaszczewskiego zastępcy

⁵⁶ *Konkurencyjność elektrowni jądrowe*, www.nuclear.pl.

⁵⁷ A. Strupczewski, K. Jaworska, A. Patrycy, G. Saniewski, *Czemu potrzebujemy energetyki jądrowej w Polsce*, „Biuletyn Miesięczny PSE”, 04/07.

⁵⁸ Ibid.

dyrektora Instytutu Energii Atomowej w Świerku, powinno być uświadomienie pracownikom zatrudnionym w przemyśle węglowym, że energetyka jądrowa nie oznacza eliminacji energetyki opartej na węglu, tylko jej uzupełnienie, oraz stwarza możliwości ekonomiczniejszego wykorzystania węgla poprzez synergię z energią jądrową⁵⁹.

Gaz

Jest to jedno z głównych źródeł produkcji energii elektrycznej na świecie, jednakże charakteryzuje się dużą zmiennością cen i w zasadzie znacznie wyższą od węgla. Krajowe zasoby nie pozwalają na pokrycie obecnego zapotrzebowania na gaz ziemny. Wymaga posiadania sieci gazociągów, co oznacza trwałe uzależnienie od importu gazu, znacznych wahań cen i dobrej woli dostawców, głównie Rosji. Pomimo że elektrownie emitują o połowę mniej CO₂ niż elektrownie węglowe, to emitują metan, który ma 60 razy większy potencjał w zwiększaniu globalnego ocieplenia niż CO₂. Te dwa efekty prowadzą do tego, że zmiana elektrowni węglowych na gazowe nie poprawia sytuacji globalnego ocieplenia.

Ropa naftowa

Surowiec ten ze względu na swoją wysoką cenę jest używany praktycznie tylko w transporcie i zastosowaniach petrochemicznych.

Odnawialne źródła energii (OZE)

Atrakcyjną, jak i z pewnością chwytną społecznie perspektywę stanowi wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych. Energia taka jest jednakże droga w pozyskaniu (Rys. 6), jak i paradoksalnie nie pozostaje bez wpływu na środowisko naturalne. Ponadto z różnych szacunków wynika, że zasoby energii ze źródeł odnawialnych w Polsce nie są w stanie zaspokoić potrzeb naszego kraju.

Hydroelektrownie

Energetyka wodna generuje ok. 18% światowej energii elektrycznej (w Polsce 2%). Wymaga jednak znacznych nakładów inwestycyjnych na budowę tam, które dramatycznie zmieniają środowisko wodne, a ich lokalizacja jest całkowicie uzależniona od warunków terenowych. Polska posiada przede wszystkim rzeki płynące przez tereny nizinne, które nie niosą znacznych zasobów energetycznych.

Energia słoneczna

Jest to bardzo mało efektywne źródło energii, nie tylko z powodu braku możliwości produkcji energii w nocy czy podczas niesprzyjających warunków atmosferycznych, ale także z uwagi na wysoki koszt produkcji i magazynowania tak wytwarzanej energii.

Energia wiatru

Podobnie jak energia słoneczna, jest bardzo uzależniona od czynników atmosferycznych, a na terenie Polski wiatry wieją bardzo nieregularnie. Wymagane jest tzw. rezerwowe zasilanie – zapewniające dostawy energii do

⁵⁹ D. Ciepiela, *Z motyką po atom*, www.wnp.pl, 31 sierpnia 2007.

sieci, kiedy nie występuje wiatr. Niezbędna moc rezerwowa, zapewniająca stabilność napięcia pomimo wahań prędkości wiatru jest bardzo duża. Budowa siłowni wiatrowych oznacza więc duże obciążenie dla sieci. Ponadto, jeśli moc rezerwową zapewniają elektrownie konwencjonalne (na węgiel lub gaz), które emitują duże ilości zanieczyszczeń, to wynikowe obciążenia środowiska układu „wiatrak + elektrownia konwencjonalna” są dużo większe niż dla elektrowni jądrowej.

Biomasa

Największą zaletą wykorzystywania biomasy jest zerowy bilans emisji dwutlenku węgla uwalnianego podczas spalania biomasy, a także niższa niż w przypadku paliw kopalnych emisja dwutlenku siarki (SO₂), tlenków azotu (NO_x) i tlenku węgla (CO).

Wykorzystanie biomasy jest korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska nie tylko ze względu na zmniejszoną emisję zanieczyszczeń. Pozyskując energię z biomasy zapobiegamy marnotrawstwu nadwyżek żywności, zagospodarowujemy odpady produkcyjne przemysłu leśnego i rolnego, utylizujemy odpady komunalne. Wysypisko, na którym składowane jest 100 tys. ton odpadów komunalnych, w ciągu jednej godziny dostarcza 50 m³ biogazu – tyle, ile potrzeba do wyprodukowania 90 kWh energii elektrycznej i 156 kWh energii cieplnej. Dodatkową korzyścią wynikającą z wykorzystania biogazu jest fakt, że woń rozkładających się na wysypisku opadów traci na intensywności, a stan środowiska naturalnego w pobliżu wysypiska ulega znacznej poprawie⁶⁰.

Dużym plusem wykorzystania biomasy jest to, że w przeciwieństwie do wykorzystania wiatraków, nie wymaga zasilania buforowego.

Minusem tej metody pozyskiwania energii jest przede wszystkim stosunkowo mała gęstość surowca, utrudniająca jego transport, magazynowanie i dozowanie. Ponadto, wykorzystywany surowiec ma bardzo duży przedział wilgotności biomasy, utrudniający jej przygotowanie do wykorzystania w celach energetycznych.

Geotermia

Energia elektryczna jest pozyskiwana z naturalnych źródeł ciepła pod ziemią – wykorzystuje wypływającą wodę jako źródło energii – na Podhalu. Największymi wadami tej metody są drogie instalacje oraz problemy techniczne związane z ich utrzymaniem. Należy również zaznaczyć, że przy wykorzystywaniu wód geotermalnych uwalnia się radon i siarkowodór.

Podobnie jak energia wiatru, może mieć znaczenie jedynie komplementarne.

Podsumowując, źródła odnawialne powinny mieć swój udział w produkcji energii elektrycznej w Polsce, jednak ze względu na ich charakterystykę należałoby je traktować jako źródła komplementarne, a nie podstawowe.

⁶⁰ Biomasa: zalety i wady, www.biomasa.org, z dn. 24 listopada 2008.

5. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYKI JĄDROWEJ NA ŚWIECIE

Reaktory jądrowe są wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej od 1954 roku. Obecnie na świecie pracuje 439 reaktorów w 31 krajach, o mocy całkowitej 372,2 GW (Tab. 4). Reaktory te dostarczają około 16% światowej energii elektrycznej⁶¹. 16 krajów przynajmniej w 25% pokrywa swoje zapotrzebowanie na energię elektryczną ze źródeł jądrowych (Tab. 5).

Tab. 4. Państwa posiadające czynne reaktory jądrowe wraz z ich mocą⁶²		
Kraj	Liczba reaktorów	Moc (MW)
Argentyna	2	935
Armenia	1	376
Belgia	7	5,824
Brazylia	2	1,795
Bułgaria	2	1,906
Chiny	11	8,572
Czechy	6	3,619
Finlandia	4	2,696
Francja	59	63,260
Hiszpania	8	7,450
Holandia	1	482
Indie	17	3,782
Japonia	55	47,587
Kanada	18	12,589
Korea Płd.	20	17,451
Litwa	1	1,185
Meksyk	2	1,360
Niemcy	17	20,470
Pakistan	2	425
Rosja	31	21,743
RPA	2	1,800
Rumunia	2	1,300
Słowacja	5	2,034
Słowenia	1	666
Szwajcaria	5	3,220
Szwecja	10	9,014
Tajwan	6	4,921
Ukraina	15	13,107
USA	104	100,582
Węgry	4	1,829
Wielka Brytania	19	10,222
Suma (31)	439	372,202

opracowanie: MDI

⁶¹ World Nuclear Industry Status Report 2007.

⁶² World Nuclear Power Generation and Capacity, Nuclear Energy Institute, maj 2008.

Prawie połowa pracujących reaktorów znajduje się w Europie, jedna trzecia w Ameryce Północnej, pozostałe w Azji i na Dalekim Wschodzie.

Tab. 5. Państwa posiadające największy udział energetyki jądrowej w produkcji energii elektrycznej⁶³

Kraj	Udział (% energii elektrycznej)	Zmiana ⁶⁴
Francja	78	+
Litwa	72	-
Słowacja	57	-
Belgia	54	-
Ukraina	48	+
Szwecja	48	-
Bułgaria	44	+
Armenia	42	+
Słowenia	40	-
Korea Południowa	39	-
Węgry	38	+
Szwajcaria	37	-
Czechy	32	+
Niemcy	32	-
Japonia	30	+
Finlandia	28	+

Opracowanie: MDI

Energetyka jądrowa od kilku lat znów jest uważana za strategiczny element polityki bezpieczeństwa energetycznego wielu państw. Wynika to z nałożenia się kilku zjawisk:

- gwałtownych wahań cen ropy i gazu, wywołanych szybko rosnącym zapotrzebowaniem na surowce energetyczne w Chinach i Indiach;
- niestabilnej sytuacji w ważnych dla rynków surowcowych krajach (Irak, Iran, Nigeria, Wenezuela);
- coraz częstszego wykorzystywanie surowców jako instrumentu nacisku w stosunkach międzypaństwowych (Rosja);
- wzrastającego uzależnienia największych konsumentów (UE, USA, Japonia, Chiny, Indie) od importu nośników energii, co zapowiada nasilenie konkurencji między tymi państwami o dostęp do kurczących się zasobów.

W takich krajach, jak Chiny czy Indie zużycie energii *per capita* jest wciąż kilkunastokrotnie mniejsze niż w państwach rozwiniętych. Zważywszy na potencjał demograficzny i perspektywy wzrostu gospodarczego, popyt na energię w Azji nadal będzie szybko rosł. Coraz wyraźniej widać, że era źródeł odnawialnych jako alternatywy dla paliw kopalnych to kwestia bardzo odległej przyszłości. Ludzkość w ciągu najbliższych kilku dekad wciąż będzie czerpać energię głównie ze spalania węgla, ropy i gazu. Równocześnie rośnie świadomość ekologiczna: dąży się do minimalizowania szkodliwego wpływu

⁶³ *World Nuclear Industry Status Report 2007*.

⁶⁴ Zmiana od 2003 – porównanie z *World Nuclear Industry Status Report 2004*.

produkcji energii na środowisko naturalne za pomocą ustanawiania międzynarodowych zobowiązań (protokół z Kioto). W tych okolicznościach wiele państw w rozwoju cywilnych programów jądrowych dostrzega szansę na osiągnięcie kilku istotnych celów: zapewnienie gospodarce wystarczających ilości energii, przy jednoczesnym zwiększeniu niezależności energetycznej, mniejszej inwazyjności w środowisko naturalne, a także rozwoju technologiczno-naukowego.

Kraje zachodnie w ciągu ostatnich kilkunastu lat zdecydowanie zwolniły tempo inwestycji. W USA ostatni reaktor został oddany do użytku w 1996 roku (a elektrownia przed niemal trzydziestu laty). Na obszarze UE ponad dziesięcioletni przestój trwał do 2004 roku. Na zmieniające się uwarunkowania międzynarodowe najszybciej zareagowały państwa azjatyckie, takie jak: Chiny, Indie, Japonia, które budują i planują budowę największej liczby reaktorów. Do tej grupy, w ostatnich dwóch latach, dołączyły USA (1 elektrownia w trakcie budowy i 12 w planach)⁶⁵ i Rosja (7 elektrowni w trakcie budowy i 10 w planach)⁶⁶. Na świecie w budowie jest obecnie 39 reaktorów o mocy 33 tys. MW, w trakcie zamawiania lub planowania – 106 (117,8 tys. MW), a w dalszej perspektywie – 270 (266,3 tys. MW)⁶⁷.

Odrodzenie energetyki jądrowej całkowicie nie zamortyzuje światowego wzrostu zapotrzebowania na energię, które według Prognoz Międzynarodowej Agencji Energii (MAE) wyniesie do 2030 roku ok. 60%⁶⁸. Niemniej jednak znaczenie polityczno-strategiczne tej branży stale wzrasta, gdyż energetyka jądrowa przestała być domeną państw zachodnich i Rosji. Problematyka ta, w jeszcze większym stopniu niż dotychczas, stanie się przedmiotem polityki międzynarodowej zarówno ze względu na szanse, jakie oferuje, jak i zagrożenia, jakie ze sobą niesie. Aktywny udział Polski w procesach negocjacyjnych w tym przedmiocie, poparty rozwijaniem przez nią własnego programu energetyki jądrowej, stworzyłby dodatkowy, ważny instrument dla polskiej polityki zagranicznej.

⁶⁵ M. Schneider, *2008 world nuclear industry status report: Global nuclear power*, „Bulletin of the Atomic Scientists”, 16 września 2008.

⁶⁶ Ibid.

⁶⁷ World Nuclear Association, *World Nuclear Power Reactors 2007-2008 and Uranium Requirements*, grudzień 2008.

⁶⁸ International Energy Agency, *World Energy Outlook 2007*, www.iea.org.

6. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYKI JĄDROWEJ W KRAJACH GRANICZĄCYCH Z POLSKĄ

Połowa Polaków nie potrafi nawet oszacować, ile reaktorów jądrowych pracuje w sąsiednich krajach w odległości około 300 kilometrów od granic Polski. Poprawną odpowiedź (26 reaktorów) wskazał średnio co trzydziesty ankietowany⁶⁹. Pokazuje to, że większość społeczeństwa polskiego nie zdaje sobie sprawy z faktu, że Polska jest swoistą „bezludną wyspą” wśród europejskich krajów eksploatujących elektrownie jądrowe (Mapa 2).

Jedynym państwem sąsiedzkim, które nie posiada pracującego reaktora jądrowego, jest Białoruś, ona jednakże na początku 2009 roku planuje rozpoczęcie budowy pierwszej elektrowni jądrowej.

Mapa 2. Pracujące elektrownie jądrowe w Europie



źródło: International Nuclear Safety Center, 10 października 2008

⁶⁹ Research International Pentor, *Postawy społeczeństwa polskiego wobec energetyki jądrowej*, grudzień 2006.

6.1. Białoruś

- **Rozpoczęcie budowy pierwszego reaktora przewidziano na 2009 rok.**
- **Rząd Białorusi przejawia silne tendencje do inwestowania w rozwój energetyki jądrowej.**

Białoruś wytwarza 31 TWh rocznie, z elektrowni o łącznej mocy 7 GWe, z których większość opalana jest gazem ziemnym. Roczna konsumpcja energii elektrycznej na jednego mieszkańca wynosi 3330 kWh⁷⁰.

Rozwój sektora energetyki jądrowej na Białorusi

Prezydent Białorusi oznajmił w 2005 roku, że rozwój programu wykorzystywania energetyki jądrowej jest tylko kwestią czasu. Kraj importuje 90% gazu z Rosji – większość do produkcji energii elektrycznej, jego głównym celem jest osiągnięcie niezależności energetycznej rzędu 25-30% (obecnie około 15%). Zgodnie z założeniami, jedna elektrownia jądrowa powinna zmniejszyć koszt importu gazu o 200-400 mln dolarów rocznie.

Rozważana jest budowa elektrowni na terenie kraju, przy wykorzystaniu rosyjskiej technologii, oraz udział Białorusi w nowo powstających reaktorach w Smoleńsku lub Kursku.

W połowie 2006 roku rząd zatwierdził plan budowy elektrowni jądrowej z dwoma reaktorami o mocy 2000 MWe (PWR) w regionie Mohylewa (Mogilewa) we wschodniej Białorusi. Zakładany koszt to od 3,5 do 4 mld dolarów, łącznie z rezerwami paliwa na 5 lat. Szacuje się, że wyprodukowana w ten sposób energia elektryczna będzie o połowę tańsza od tej pozyskiwanej z rosyjskiego gazu (5 mld metrów sześciennych rocznie, aby uzyskać podobną wartość)⁷¹.

Najprawdopodobniej Rosja dostarczy dwa reaktory o mocy 1000 MWe. Jednakże AREVA i Westinghouse również są brane pod uwagę. Oddanie pierwszego reaktora planuje się na 2016-2017 rok, a drugiego na 2020. Dwie kolejne jednostki mogłyby powstać do roku 2025. W czerwcu 2007 roku rosyjski Eximbank zaproponował Białorusi linię kredytową w wysokości 2 mld dolarów, aby umożliwić zakup wyposażenia od rosyjskiej firmy Power Machines⁷².

Zgodnie z prezydenckim dekretem z 2007 roku, do końca roku 2008 powinny zostać zakończone prace inżynierskie pod budowę przyszłej elektrowni. Prace budowlane mają się rozpocząć na początku 2009 roku. Nowo powstała elektrownia jądrowa do 2020 roku ma pokryć 30% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną.

6.2. Czechy

- **Pierwszy reaktor jądrowy na terenie Czech zaczął pracę w 1985 roku.**

⁷⁰ World Nuclear Association, *Emerging nuclear energy countries*, www.world-nuclear.org.

⁷¹ Ibid.

⁷² Ibid.

- Obecnie na terenie kraju znajduje się 6 czynnych reaktorów jądrowych, które w sumie zaspokajają jedną trzecią zapotrzebowania na elektryczność.
- Rząd Czech przejawia silne tendencje do inwestowania w rozwój energii jądrowej.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną rosło w Czechach od 1994 roku, osiągając w roku 2005 generację na poziomie 82 TWh, z czego ponad połowa pozyskiwana była z węgla kamiennego. Konsumpcja energii elektrycznej na jednego mieszkańca wyniosła 5300 kWh/rok. W roku 2005 z energii jądrowej wygenerowano 23,3 TWh, co stanowiło 31,1% całości energii elektrycznej.

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej w Czechach

W 1978 roku rozpoczęto budowę elektrowni jądrowej w Dukovanach, wyposażonej w cztery reaktory WWER-440 typu 213, zaprojektowane przez organizacje rosyjskie i Energoprojekt, a wybudowane przez firmę Škoda. Uruchomione zostały w latach 1985-1987.

W 1982 roku rozpoczęto prace budowlane w elektrowni Temelin, gdzie zamontowano dwa reaktory WWER-1000 typu V-320. Zostały one zaprojektowane przez organizacje rosyjskie i Energoprojekt, zbudowane przez VSB, a prace inżynierskie wykonała Škoda. W budowie odnotowano znaczne opóźnienia. W połowie lat dziewięćdziesiątych reaktory te oprzyrzadowano systemami sterowania i zabezpieczeń firmy Westinghouse. Reaktory uruchomiono w 2000 i 2002 roku, wraz z ulepszeniami finansowanymi przez Czech Power Company (CEZ), po otrzymaniu pożyczki z Banku Światowego. Na terenie elektrowni Temelin istnieje możliwość budowy jeszcze dwóch reaktorów energetycznych.

Tab. 6. Pracujące reaktory jądrowe w Czechach⁷³

Reaktory	Model (V=moc)	Moc netto [Mwe]	Uruchomienie
Dukovany-1	WWER-440/213	412	1985
Dukovany-2	WWER-440/213	412	1986
Dukovany-3	WWER-440/213	412	1986
Dukovany-4	WWER-440/213	412	1987
Temelin-1	WWER-1000/320	912	2000
Temelin-2	WWER-1000/320	912	2003
Suma (6)	-	3472	-

opracowanie: MDI

Wszystkie elektrownie jądrowe są zarządzane przez CEZ, który w dwóch trzecich należy do Skarbu Państwa, ale w planach jest prywatyzacja. CEZ był również odpowiedzialny za finansowanie modernizacji reaktorów w Dukovanach.

Krańcowy koszt wytwarzania energii (*marginal generating cost*) dla elektrowni w Temelinie wynosi 0,8 eurocentów za 1 kWh.

⁷³ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Czech Republic: Operating Czech power reactors*, www.world-nuclear.org.

Rozwój sektora energetyki jądrowej w Czechach

Plany energetyczne rządu Czech przedstawione w 2004 roku mówią o kolejnych reaktorach dużej mocy, które staną w Temelinie do 2020 roku, zastępując elektrownie w Dukovanach.

W czerwcu 2006 roku pokazano plany budowy dwóch reaktorów o mocy 1500 MWe, które miałyby powstać po roku 2020.

6.3. Litwa

- **Litwa posiada jeden reaktor jądrowy, który generuje prawie 70% energii elektrycznej kraju.**
- **Pierwsza komercyjna elektrownia jądrowa rozpoczęła pracę w 1983 roku.**
- **Energia elektryczna była w znacznym stopniu eksportowana.**
- **Rząd planuje budowę nowego reaktora przy współpracy z krajami sąsiadującymi.**

W 2004 roku – ostatnim roku pracy dwóch reaktorów – produkcja energii elektrycznej wyniosła 19,3 TWh, z czego z energii jądrowej pozyskano 13,9 TWh. Po wyłączeniu jednego z dwóch reaktorów energetycznych, w 2005 roku produkcja energii elektrycznej spadła do 14,5 TWh, z czego eksport netto wyniósł 3 TWh. Roczne zużycie energii elektrycznej na mieszkańca wynosi około 4500 kWh.

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej na Litwie

W 1978 roku rozpoczęto budowę elektrowni jądrowej w północno-wschodniej części kraju. Zainstalowano tam dwa reaktory rosyjskie typu RBMK (podobnie jak w Czarnobylu na Ukrainie) o mocy 1500 MWe (1380 MWe netto), co później zredukowano do 1360 MWe (1185 MWe netto). Budowę reaktorów zakończono w 1983 i 1987 roku, z przeznaczeniem na 30 lat pracy. Litwa przejęła kontrolę nad reaktorami w 1991 roku po rozpadzie Związku Radzieckiego. Elektrownia jądrowa zlokalizowana jest w pobliżu ogromnego jeziora, z którego woda pobierana jest do chłodzenia reaktorów.

Początkowo elektrownia jądrowa w Ignalinie miała dostarczać energię elektryczną nie tylko Litwie, ale również sąsiadującej Łotwie, Białorusi i obwodowi kaliningradzkiemu. W roku 1989 eksportowano 42% wytworzonej energii, jednakże wartość ta spadła znacznie w latach dziewięćdziesiątych.

W 1994 roku Litwa otrzymała fundusz w wysokości 34,8 mln ECU (36,8 mln dolarów) od Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju na program poprawiający bezpieczeństwo eksploatacji elektrowni w Ignalinie. Jednym z warunków uzyskania funduszy było zamknięcie obu opisanych wyżej reaktorów. Zamknięcie reaktorów było również jednym z warunków przystąpienia Litwy do Unii Europejskiej. Reaktor numer 1 został zamknięty w grudniu 2004 roku, natomiast zamknięcie reaktora numer 2 przewidziano na ostatni kwartał 2009 roku. Po tym zamknięciu jedynie w Rosji są eksploatowane reaktory typu RBMK. Unia Europejska zgodziła się pokryć koszty zamknięcia oraz wypłacać rekompensatę do 2013 roku.

Tab. 7. Pracujące reaktory jądrowe na Litwie⁷⁴				
Reaktor	Typ	Moc netto [MWe]	Uruchomienie	Zapowiadane wyłączenie
Ignalin-2	RBMK	1185	1987	2009

opracowanie: MDI

Elektrownia w Ignalinie zarządzana jest przez firmę Ignalinos Atomine Elektrine (IAE), natomiast energia elektryczna rozprowadzana jest za pośrednictwem publicznej firmy Lietuvos Energija. W 2007 roku rządowa komisja do spraw cen i energii wydała pozwolenie na zwiększenie cen energii elektrycznej o 70% do 2010 roku, aby pokryć koszty pozyskiwania energii elektrycznej po zamknięciu reaktora Ignalin-2.

Rozwój sektora energetyki jądrowej na Litwie

W czerwcu 2006 roku Litwa zaprosiła Polskę, aby wspólnie z Estonią i Łotwą zbudowały reaktor, który miałby zastąpić reaktory wyłączone w Ignalinie. Partycypacja Polski pozwoli na zbudowanie większej i bardziej ekonomicznej jednostki, takiej jak EPR.

Planowana elektrownia ma osiągać moc 3200 MWe (2 reaktory o mocy 1600 MWe). Litwa jako gospodarz przedsięwzięcia będzie w posiadaniu 34% udziałów, natomiast Polska, Łotwa i Estonia dostaną po 22%. Przewiduje się, że przynajmniej jeden z reaktorów zostanie oddany do użytku w 2015 roku. Koszt całkowity przedsięwzięcia wyniesie około 6 mld euro. Firmy E.On i Vattenfall wyraziły swoje zainteresowanie inwestycją w projekt.

W maju 2008 roku rząd Litwy powołał Litewską Organizację Energetyczną, aby zbudowała samą elektrownię, jak i infrastrukturę transmisyjną do Szwecji i Polski. Rząd otrzyma 61,7% udziałów w przedsiębiorstwie, pozostałe 38,3% przypadnie NDX Energija.

Litwa zamierza przy współpracy z partnerami wybudować nową elektrownię w latach 2015-2018. Powstanie ona w miejsce starej elektrowni w Ignalinie, która na żądanie Unii Europejskiej ma być zamknięta do 2009 roku. Ponadto Litwa chciałaby zbudować mosty energetyczne z Polską i Szwecją w latach 2013-2016.

6.4. Niemcy

- Niemcy za pomocą 17 reaktorów jądrowych pokrywają jedną trzecią swojego zapotrzebowania na energię elektryczną.
- Rządowa koalicja stworzona po wyborach w 1998 roku uznała stopniowe ograniczenie działalności elektrowni jądrowych za jeden ze swoich celów.
- W połowie 2000 roku ustalono kompromis, który zakłada, że praca elektrowni jądrowych zostanie skrócona do 32 lat, odraczając jakiegokolwiek natychmiastowe zamknięcia.

⁷⁴ World Nuclear Association, *Nuclear Power In Lithuania*, www.nuclear-power.com.

- W 2007 roku Międzynarodowa Agencja Energetyczna ostrzegła rząd Niemiec przed konsekwencjami rezygnacji z energetyki jądrowej

Całkowita energia elektryczna wyprodukowana w Niemczech w 2007 roku wyniosła 488 TWh⁷⁵, dając 5941 kWh na mieszkańca. Z węgla pozyskuje się 55% energii elektrycznej. Siedemnaście krajowych reaktorów jądrowych, wykorzystując jedynie 20,6% potencjalnych mocy, pokrywa prawie jedną trzecią (32%) całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną (133,2 TWh w 2007)⁷⁶. Niemcy posiadają blisko połowę europejskich siłowni wiatrowych, co dostarcza im około 4,8% całkowitej energii na elektrycznej⁷⁷.

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej w Niemczech

Większość eksploatowanych w Niemczech jądrowych bloków energetycznych posiada moc przekraczającą 1000 MWe (łączna moc wynosi 20,339 GWe), ostatni reaktor został uruchomiony w 1989 roku. Sześć reaktorów jest typu BWR, a pozostałych jedenaście – PWR. Wszystkie zostały zbudowane przez firmę Siemens-KWU.

Tab. 8. Pracujące reaktory jądrowe w Niemczech⁷⁸				
Reaktor	Typ	Moc netto [MWe]	Uruchomienie	Wstępnie planowane wyłączenie
Biblis-A	PWR	1167	1975	2008
Neckarwestheim-1	PWR	785	1976	2009
Brunsbüttel	BWR	771	1977	2009
Biblis-B	PWR	1240	1977	2009 lub 2011
Unterweser	PWR	1345	1979	2012
Isar-1	BWR	878	1979	2011
Philipsburg-1	BWR	890	1980	2012
Grafenrheinfeld	PWR	1275	1982	2014
Krummel	BWR	1260	1984	2016
Gundremmingen-B	BWR	1284	1984	2016
Gundremmingen-C	BWR	1288	1985	2016
Grönhnde	PWR	1360	1985	2017
Phillipsburg-2	PWR	1392	1985	2018
Brokdorf	PWR	1370	1986	2019
Isar-2	PWR	1400	1988	2020
Emsland	PWR	1329	1988	2021
Neckarwestheim-2	PWR	1305	1989	2022
Suma (17)	-	20 3398	-	-

opracowanie: MDI

Odpowiedzialność za wydawanie licencji na budowę i zarządzanie obiektami jądrowymi jest dzielona między rządem federalnym i rządem danego landu.

Po zjednoczeniu Niemiec w 1990 roku, wszystkie poradzieckie reaktory na

⁷⁵ International Atomic Energy Agency, *Power Reactor Information System*.

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Germany*, www.world-nuclear.org.

⁷⁸ Ibid.

wschodzie zostały zamknięte ze względów bezpieczeństwa i są obecnie likwidowane.

W 2000 roku Komisja Europejska zgodziła się na połączenie dwóch największych niemieckich przedsiębiorstw zajmujących się energetyką jądrową – Veba i Viag – które stworzyły firmę E.ON.

Polityka sektora energetyki jądrowej w Niemczech

Rząd skrócił okres eksploatacji wszystkich działających 19 reaktorów z 35 do 32 lat, co przyczyniło się do zamknięcia reaktorów Stade i Obrigheim w 2003 i 2005 roku. Nie zgodził się również na budowę jakichkolwiek nowych elektrowni jądrowych w niedalekiej przyszłości. Zarazem rząd zapewnił, że w stosunku do istniejących obiektów jądrowych nie będzie stosował nacisków politycznych ani ekonomicznych.

Deutsche Bank w swoim raporcie ze stycznia 2007 roku wskazuje bezpośrednie skutki rezygnacji z energetyki jądrowej na terenie Niemiec: znaczne przekroczenie limitu emisji dwutlenku węgla, wzrost cen energii elektrycznej, awarie w jej dostawach oraz o duży wzrost zależności od importu rosyjskiego gazu. Według Deutsche Bank, dodatkowa moc rządu 42 GWe będzie musiała być wybudowana, aby uzupełnić braki po zamknięciu wszystkich reaktorów do 2022 roku.

Obecnie zarządy elektrowni jądrowych próbują przeforsować plan przedłużenia okresu eksploatacji 17 reaktorów z 32 do 40 lat, a następnie indywidualnie do 60 lat, tak jak to jest w USA.

Tymczasem rząd wydaje prawie 2,5 mld euro rocznie na dotowanie górnictwa węglowego, aby wygenerować 55% całkowitej energii elektrycznej (sektor energetyki jądrowej 32% bez dotacji). Jednocześnie Unia Europejska zobligowała Niemcy do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 21% do 2010 roku.

W maju 2007 roku Międzynarodowa Agencja Energetyczna ostrzegła rząd Niemiec, że decyzja w sprawie rezygnacji z sektora energetyki jądrowej w znaczny sposób obniży potencjał redukcji dwutlenku węgla. Agencja wezwała rząd Niemiec do ponownego przeanalizowania swojej polityki w obszarze energetyki jądrowej, w świetle wiążących się z tym konsekwencji.

„Rezygnacja z energii jądrowej wydaje mi się nonsensem i hipokryzją” – powiedziała kanclerz Niemiec Angela Merkel w maju 2008 roku⁷⁹. Jej partia CDU pod koniec czerwca w specjalnym dokumencie strategicznym zdecydowanie opowiedziała się za rozwojem sektora nuklearnego w niemieckiej energetyce. Chadecka nie ukrywa, że gdy tylko uda jej się po wyborach w 2009 roku wyjść z niewygodnej koalicji z SPD, natychmiast odwoła decyzję o zamknięciu 17 niemieckich reaktorów jądrowych, którą lewicowy rząd Gerharda Schroedera podjął osiem lat temu.

⁷⁹ R. Woś, *Europejska moda na atom*, „Dziennik”, 8 lipca 2008.

6.5. Rosja

- Rosja sukcesywnie realizuje plan wzrastającej roli energii jądrowej, zakładając podwojenie zainstalowanej mocy do 2020 roku.
- Efektywność wytwarzania energii jądrowej zwiększyła się w bardzo dużym stopniu w ciągu ostatniej dekady.
- Zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie w bardzo dużym tempie.
- Eksport energii elektrycznej jest jednym z głównych założeń politycznych i ekonomicznych rządu.
- W 2014 planowane jest rozpoczęcie budowy elektrowni jądrowej w obwodzie kaliningradzkim z dwoma reaktorami o łącznej mocy 2300 MW.

W 2007 roku wygenerowano w Rosji 925,2 TWh(e) energii elektrycznej, z czego 16% zostało pozyskane ze źródeł jądrowych⁸⁰

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej w Rosji

Rosyjskie elektrownie jądrowe, z 31 pracującymi reaktorami o całkowitej mocy 21,743 MWe, wyposażone są w następujące reaktory:

Tab. 9. Typy reaktorów pracujących na terenie Rosji⁸¹	
Typ	Liczba
RBMK	11
WWER-1000	9
WWER-440/230	4
BWR	4
WWER-440/213	2
BN-600	1
Suma	31

opracowanie: MDI

Większość z reaktorów Rosji poza energią elektryczną dostarcza również na terenie swoich okręgów energię cieplną, o wartości całkowitej przekraczającej 8 PJ na rok.

Okres eksploatacji większości z reaktorów przewidziany jest na 30 lat. Pod koniec 2000 roku zostały ogłoszone plany dotyczące wydłużenia tego czasu dla 12 reaktorów⁸² pierwszej generacji o kolejne 15 lat, co łączy się ze znacznymi inwestycjami w modernizację wyposażenia istniejących reaktorów. Do tej pory udało się wydłużyć okres eksploatacji reaktorów Novovoronezh-3 i 4, oraz Kursk-1 i 2 o 15 lat, natomiast Leningrad-1 i 2 oraz Bilibin-1 i 2 o 5 lat.

Kolejne reaktory są w trakcie budowy. W 2007 roku przeznaczono 665 mln dolarów na dokończenie reaktorów Rostov/Volgodonsk-2, Kalinin-4 i Beloyarsk-4.

W 2006 roku Rosatom (Federalna Agencja Energii Atomowej Federacji

⁸⁰ International Atomic Energy Agency, *Power Reactor Information System*.

⁸¹ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Russia*, www.world-nuclear.org.

⁸² Leningrad 1&2, Kursk 1&2, Kola 1&2, Bilibino 1-4, Novovoronezh 3&4.

Rosyjskiej) poinformował, że rozważa wydłużenie okresu eksploatacji jedenastu reaktorów RBMK. W związku ze znaczącymi ulepszeniami w konstrukcji, po wypadku w Czarnobylu, oraz modernizacją większości elementów wyposażenia reaktora, przedłużanie czasu pracy reaktorów o mocy 1000 MWe (każdy) jest bardzo realistyczne. W 2005 roku dostarczyły one 48% całkowitej energii pochodzenia jądrowego.

Zakończenie modernizacji reaktora Leningrad 3 planowane jest na 2009 rok, co wydłuży okres jego eksploatacji o 20 lat (do roku 2029). Podobna modernizacja dotyczy reaktorów Leningrad 4, Kursk 3 i 4 oraz Smoleńsk 1, 2 i 3. Oddanie do użytku reaktora Kursk-5 (ulepszony model RBMK) planowane jest do 2010 roku.

Wszystkie pozostałe reaktory RBMK – od dawna piętnowane przez Unię Europejską – mają zostać zamknięte do 2024 roku.

Tab. 10. Pracujące reaktory jądrowe w Rosji⁸³

Reaktory	Typ	Moc netto MWe	Uruchomienie	Planowane zamknięcie
Balakovo 1 i 2	WWER-1000/320	950	5/86, 1/88	2015, 2017
Balakovo 3 i 4	V-320	950	4/89, 12/93	2018, 2023
Beloyarsk 3	BN600	560	11/81	2010
Bilibino 1 i 4	LWGR EGP-6	112	4/74-1/77	2009, 09, 11, 12
Kalinin 1 i 2	WWER-1000/338	950	6/85, 3/87	2014, 2016
Kalinin 3	WWER-1000/320	950	12/04	2034
Kola 1 i 2	WWER-440/230	411	12/73, 2/75	2018, 2019
Kola 3 i 4	WWER-440/213	411	12/82, 12/84	2011, 2014
Kursk 1 i 2	RBMK	925	10/77, 8/79	2021, 2024
Kursk 3 i 4	RBMK	925	3/84, 2/86	2013, 2015
Leningrad 1 i 2	RBMK	925	11/74, 2/76	2018, 2020
Leningrad 3 i 4	RBMK	925	6/80, 8/81	2009, 2011 (+20 lat)
Novovoronez 3 i 4	WWER-440/179	385	6/72, 3/73	2016, 2017
Novovoronez 5	WWER-1000/187	950	2/81	2010
Smolensk 1 i 3	RBMK	925	9/83-1/90	2013, 2020
Volgodons	V-320	950	3/01	2030
Suma (31)	-	21,743	-	-

opracowanie: MDI

Rozwój sektora energetyki jądrowej w Rosji

We wrześniu 2006 roku Rosatom wyznaczył cel pozyskiwania 23% energii elektrycznej z energetyki jądrowej do 2020 roku. W planach jest budowa dwóch

⁸³ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Russia*, www.world-nuclear.org.

reaktorów (o mocy 1200 MWe) rocznie między 2011 a 2014 rokiem, a następnie trzech reaktorów do 2020 roku – co przyczyni się do osiągnięcia całkowitej mocy rzędu 44 GWe ze źródeł jądrowych.

Ponadto rząd planuje budowę trzech reaktorów typu WWER trzeciej generacji do 2013 roku: dwóch w Leningradzie i jednego w Nowoworoneżu. Podsumowując, poczynając od 2009 roku Rosja będzie powiększała moc sektora energetyki jądrowej co roku o 2000 MWe, a więc do 2015 roku 10 nowych reaktorów powiększy moc zainstalowaną przynajmniej o 9,8 GWe.

Kolejna elektrownia jądrowa (o mocy 2300 MW) ma powstać w obwodzie kaliningradzkim, blisko granicy z Litwą. Planowana jest budowa dwóch bloków o mocy 1150 MW każdy. Mają być gotowe w 2014 lub 2015 roku.

Rosjanie nie ukrywają, że byliby zainteresowani również sprzedażą energii elektrycznej do Polski. W swojej strategii rozwoju branży energetycznej zapisali nawet plan wybudowania łącznika między Elblągiem a Kaliningradem, o mocy przesyłowej sięgającej 1200 MW.

Premier Władimir Putin ogłosił⁸⁴, że w ciągu 12 lat zbudowanych zostanie 26 nowych jądrowych bloków energetycznych. Zgodnie z nowym planem w 2030 roku Rosja jedną trzecią energii będzie czerpać z atomu.

W kwietniu 2008 roku rządowa korporacja Rosatom i władze obwodu kaliningradzkiego podpisały umowę o budowę elektrowni jądrowej. Pierwszy blok ma rozpocząć pracę w 2014 roku. Elektrownia ma zapewnić dostawę energii elektrycznej obwodowi kaliningradzkiego, jak i oferować energię na sprzedaż, przede wszystkim Litwie i Polsce. Elektrownia ma być wyposażona w dwa reaktory o łącznej mocy 2300 MW⁸⁵

Tab. 11. Budowane reaktory jądrowe w Rosji⁸⁶

Reaktor	Typ	Moc brutto [MWe]	Planowane oddanie do eksploatacji
Rostov/Volgodons-2	WWER-1000/320	1000	2009
Kursk	RBMK	1000	2010
Severodvinsk	KLT-40S	40 x 2	2010
Kalinin-4	WWER-1000/320	1000	2011
Beloyarsk-4	BN-800	800	2012
Novovoroneż II-1	AES-2006/WWER 1200	1200	2012
Suma (7)	-	(netto) 4790	-

opracowanie: MDI

⁸⁴ A. Ciechanowicz, *Rosja zamierza postawić na elektrownie atomowe*, „Dziennik”, 31 lipca 2008.

⁸⁵ I. Trusewicz, *Przyspiesza siłownia atomowa w Kaliningradzie*, „Rzeczpospolita”, 25 listopada 2008.

⁸⁶ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Russia*, www.world-nuclear.org.

Tab. 12. Plany budowy reaktorów jądrowych w Rosji⁸⁷

Reaktor	Typ	Moc brutto [MWe]	Planowane oddanie
Novovoroneż II-2	AES-2006/WWER 1200	1200	2013
Leningrad II-1	AES-2006/WWER 1200	1170	10/2013
Rostow/Volgodonsk-3	AES-2006/WWER 1200	1200	2014
Leningrad II-2	AES-2006/WWER 1200	1170	10/2014
Seversk-1	AES-2006/WWER 1200	1200	2015
Tver-1	AES-2006/WWER 1200	1200	2015
Leningrad II-3	AES-2006/WWER 1200	1200	2015
Rostow/Wolgodonsk-4	AES-2006/WWER 1200	1200	2016
Niznigorod-1	AES-2006/WWER 1200	1200	2016
Leningrad II-4	AES-2006/WWER 1200	1200	2018
Suma (10)	-	11 960	-

opracowanie: MDI

6.6. Słowacja

- **Słowacja posiada 5 reaktorów jądrowych, które pokrywają połowę zapotrzebowania na energię elektryczną. Dwa kolejne reaktory są w trakcie budowy.**
- **Pierwszy energetyczny reaktor jądrowy rozpoczął pracę w 1972 roku.**
- **Rząd Słowacji przejawia silne tendencje do inwestowania w rozwój energetyki jądrowej.**

Zużycie energii elektrycznej od 1990 roku utrzymywało się na stałym poziomie. Zdolności wytwarzania w 2004 roku kształtowały się na poziomie 7,7 GWe, z czego 34% było pochodzenia jądrowego. W 2005 roku wygenerowano 30,8 TWh, z czego 55% pochodzi z elektrowni jądrowych. Do końca roku 2006 Słowacja była eksporterem netto energii elektrycznej – dostarczając ok. 2 TWh/rok.

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej na Słowacji

W 1972 roku rozpoczęto pracę nad elektrownią jądrową Jaslovske Bohunice, gdzie zainstalowano dwa reaktory VVER 440 typu 230. Wykonawcami projektu były Atomenergoexport i Zakłady Škoda. W 1978 roku elektrownia zaczęła normalną eksploatację

W 1981 Škoda rozpoczęła prace nad elektrownią w Mochovcach, gdzie planowano budowę czterech reaktorów VVER 440 typu 213. Reaktory nr 1 i 2 zostały oddane do eksploatacji w 1998 i 1999 roku, natomiast prace nad reaktorami nr 3 i 4 rozpoczęły się w roku 1986, a w roku 1992 zostały wstrzymane. Reaktory nr 1 i 2 zostały do tej pory w znaczny sposób unowocześnione dzięki pomocy zachodnich firm. Reaktory nr 3 i 4 pozostają w dalszym ciągu niedokończone.

⁸⁷ Ibid.

Obie wyżej wymienione elektrownie jądrowe zarządzane są przez firmę Slovenske Elektrarne (SE).

Obecnie wdrażany jest program mający na celu unowocześnienie reaktorów Bohunice 3 i 4 i wydłużenie ich okresu eksploatacji do 40 lat (do 2025 roku).

Tab. 13. Pracujące reaktory jądrowe na Słowacji⁸⁸				
Reaktory	Model	Moc netto [MWe]	Uruchomienie	Zapowiadane zamknięcie
Bohunice-2	WWER-440/230	408	1980	2008
Bohunice-3	WWER-440/213	408	1984	2025
Bohunice-4	WWER-440/213	408	1985	2025
Mochovce-1	WWER-440/213	420	1998	b/d
Mochovce-2	WWER-440/213	420	1999	b/d
Suma (5)	-	2064	-	-

Opracowanie:MDI

Rozwój sektora energetyki jądrowej na Słowacji

Przy reaktorach Bohunice-3 i 4 prowadzone są prace modernizacyjne mające na celu wydłużenie czasu ich pracy do 40 lat (do 2025 roku).

W 2004 roku rząd Słowacji zaakceptował ofertę włoskiej firmy ENEL w sprawie przejęcia 66% udziałów SE w ramach procesu prywatyzacyjnego. Plan ENEL zakłada zainwestowanie 1,88 mld euro, aby zwiększyć moc, z czego 1,6 mld euro ma być przeznaczone na dokończenie reaktorów Mochovce-3 i 4, które mają osiągnąć łączną moc 942 MWe do 2013 roku.

Tab. 14. Budowane reaktory jądrowe na Słowacji⁸⁹			
Reaktory	Model	Moc brutto [MWe]	Rozpoczęcie eksploatacji
Mochovce-1	WWER-440/213	420	2012
Mochovce-2	WWER-440/213	420	2013
Suma (2)	-	840	-

opracowanie: MDI

W styczniu 2006 roku rząd przyjął nową strategię energetyczną, która zakłada wzrost wydajności generacyjnej reaktorów Mochovce-1 i 2 o 62 MWe do 2012 roku.

W 2007 roku, niemiecka firma E-ON i czeski CEZ wyraziły zainteresowanie budową nowych reaktorów w Bohunicach. Po zamknięciu reaktora Bohunice-2 planowane jest powstanie nowej elektrowni jądrowej w Kecerovcach, o mocy 1200 MWe i koszcie budowy 3,5 mld euro. Rząd rozważa również budowę

⁸⁸ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Slovakia: Operating Slovak power reactors*, www.world-nuclear.org.

⁸⁹ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Slovakia: Slovak power reactors under construction*, www.world-nuclear.org.

piątego reaktora w Mochovcach.

6.7. Ukraina

- **Ukraina jest w bardzo dużym stopniu zależna od energii jądrowej – na jej terenie eksploatowanych jest 15 reaktorów, które w sumie pokrywają prawie połowę całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną.**
- **Ukraina otrzymuje od Rosji paliwo oraz większość usług związanych z energetyką jądrową.**
- **W 2004 roku rozpoczęto budowę dwóch kolejnych reaktorów. Rząd planuje utrzymać obecny udział energii jądrowej w produkcji elektryczności do 2030 roku, co może się wiązać z budową kolejnych obiektów.**

Większość energii elektrycznej pozyskiwana jest z elektrowni jądrowych i węglowych. Ropa naftowa i gaz są sprowadzane głównie z Rosji. W 1991 roku, z powodu rozpadu Związku Radzieckiego, gospodarka Ukrainy uległa załamaniu, a zapotrzebowanie na energię elektryczną spadło z 296 TWh w 1990 roku do 170 TWh w 2000 roku. Spadek zanotowano głównie w elektrowniach napędzanych węglem i gazem. W roku 2007 całkowita produkcja energii elektrycznej wyniosła 195 TWh, gdzie 9 TWh to eksport netto, a całkowita moc to 52 GWe. W 2007 roku 47,4% pozyskano z elektrowni gazowych i węglowych, 47,5% z jądrowych, a 5% z elektrowni wodnych.

Rząd planuje znaczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, sięgający 307 TWh do 2020 roku i 420 kWh do 2030 roku. Aby utrzymać 50-procentowy udział energii jądrowej w dostarczaniu elektryczności, Ukraina będzie musiała zwiększyć moc elektrowni jądrowych z obecnych 13,9 (13,2 GWe netto) do 29,5 GWe do 2030 roku.

Charakterystyka sektora energetyki jądrowej

Budowa pierwszej elektrowni jądrowej – Czarnobyl – rozpoczęła się w 1970 roku, a pierwszy reaktor uruchomiono w 1977 roku.

Pomimo znacznych zmian związanych z uzyskaniem niepodległości i rozpadem Związku Radzieckiego sektor energii jądrowej był przez ostatnie lata stabilny. Przez cały okres od powstania pierwszego reaktora sukcesywnie wprowadzane są zmiany mające na celu zwiększenie bezpieczeństwa i efektywności eksploatowanych elektrowni jądrowych.

Przedsiębiorstwo publiczne Energoatom zarządza wszystkimi 15 reaktorami czterech elektrowni jądrowych. Krajowa produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych w 2007 roku wyniosła 84,3 TWh, co stanowiło 47% całkowitej produkcji elektryczności. Zainstalowana moc wzrosła z 11,268 GW netto w 2003 roku do 12,168 GW w 2005, czyli osiągnęła poziom 26,3% całkowitej mocy systemu generacji energii elektrycznej w kraju. Wzrost ten spowodowany był uruchomieniem dwóch nowych reaktorów WWER-1000.

W 1995 roku uruchomiono reaktor Zaporozże-6, czyniąc z obiektu w Zaporozżu największą elektrownię jądrową w Europie, uzyskując moc netto rzędu 5718 MWe.

W 2004 roku oddanie do eksploatacji reaktorów Chmielnicki-2 i Rowno-4 przyczyniło się do wyrównania poziomu produkcji energii elektrycznej sprzed zamknięcia reaktorów Czarnobyl 1 i 3 w 1996 i 2003 roku.

Najbardziej znaną elektrownią jądrową na Ukrainie był Czarnobyl. Jako jedyna wykorzystywała ona reaktory typu RBMK. Reaktor numer 4 uległ zniszczeniu w roku 1986 w wyniku katastrofy jądrowej; reaktor numer 2 został zamknięty po pożarze w hali turbin; reaktor numer 1 został zamknięty w 1997 roku, natomiast reaktor numer 3 został wyłączony pod wpływem nacisków międzynarodowych.

Tab. 15. Pracujące reaktory jądrowe na Ukrainie⁹⁰				
Reaktory	Model	Moc netto [MWe]	Uruchomienie	Planowane prawdopodobne zamknięcie
Chmielnicki-1	WWER-1000/320	950	1988	2018, 2032
Chmielnicki-2	WWER-1000/320	950	2005	2035, 2050
Równno-1	WWER-440/213	402	1981	2011, 2026
Równno-2	WWER-440/213	416	1982	2012, 2027
Równno-3	WWER-1000/320	950	1987	2017, 2032
Równno-4	WWER-1000/320	950	2005	2035, 2050
Poł. Ukraina-1	WWER-1000/302	950	1983	2012, 2027
Poł. Ukraina-2	WWER-1000/338	950	1985	2015, 2030
Poł. Ukraina-3	WWER-1000/320	950	1989	2019, 2034
Zaporoże-1	WWER-1000/320	950	1985	2015, 2030
Zaporoże-2	WWER-1000/320	950	1986	2016, 2031
Zaporoże-3	WWER-1000/320	950	1987	2017, 2032
Zaporoże-4	WWER-1000/320	950	1988	2018, 2033
Zaporoże-5	WWER-1000/320	950	1989	2019, 2034
Zaporoże-6	WWER-1000/320	950	1996	2026, 2041
Suma (15)	-	13 168	-	-

opracowanie: MDI

Rozwój sektora energetyki jądrowej na Ukrainie

Przerwy w dostawie rosyjskiego gazu w styczniu 2006 roku zwróciły uwagę rządu Ukrainy na kwestie bezpieczeństwa energetycznego państwa i ogromnej

⁹⁰ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Ukraine*, www.world-nuclear.org.

roli energetyki jądrowej. Nowa rządowa strategia do 2030 roku, zmierzająca do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego Ukrainy, zakłada zbudowanie 11 nowych reaktorów, o mocy brutto 16,5 GWe oraz wymianie 9 reaktorów o mocy 10,5 Gwe.

Energoatom planuje przedłużyć okres eksploatacji reaktorów Rowno-1 i 2 oraz Południowa Ukraina-1 o kolejnych 15 lat.

Energoatom planuje podnieść ceny do 2,1 eurocentów za kWh w 2008 roku (z około 1,5 cent/kWh z lipca 2006 roku), aby zreorganizować zakłady paliwa jądrowego i wdrożyć unowocześnienia poprawiające bezpieczeństwo wszystkich działających elektrowni jądrowych. Zakłada się również kolejny wzrost cen – do 3 eurocentów do 2015 roku, aby zebrać fundusze na przedłużenie działalności obecnie pracujących elektrowni i na budowę nowych.

Do 2010 roku rząd planuje wyznaczenie 3 do 4 nowych lokalizacji dla elektrowni jądrowych. Przy realizacji nowych projektów brane są pod uwagę Areva i Westinghouse oraz firmy z Południowej Korei.

Tab. 16. Plan i propozycje budowy nowych reaktorów na Ukrainie⁹¹				
Reaktor	Model	Moc netto [Mwe]	Rozpoczęcie budowy	Rozpoczęcie eksploatacji
Chmielnicki 3	WWER-1000/320	1000	2011	2015-16
Chmielnicki 4	WWER-1000/320	1000	2012	2016
Nowy 1	b/d	1500	2012	2018
Nowy 2	b/d	1500	2012	2018
Nowy 3	b/d	1500	2013	2019
Nowy 4	b/d	1500	2015	2020
Nowy 5	b/d	1500	2018	2023
Nowy 6	b/d	1500	2019	2025
Wymiana 1	b/d	1000	2021	2026
Wymiana 2	b/d	1000	2022	2027
Nowy 7	b/d	1500	2021	2027
Nowy 8	b/d	1500	2022	2028
Nowy 9	b/d	1500	2023	2029
Nowy 10	b/d	1500	2023	2029
Wymiana 3	b/d	1500	2024	2030
Wymiana 4	b/d	1000	2027	2033
Wymiana 5	b/d	1000	2027	2033
Wymiana 6	b/d	1000	2028	2034
Wymiana 7	b/d	1500	2027	2033
Wymiana 8	b/d	1500	2028	2034
Wymiana 9	b/d	1000	2029	2035
Nowy 11	b/d	1500	2030	2036
Suma (22)	-	29 000	-	-

opracowanie: MDI

⁹¹ World Nuclear Association, *Nuclear Power in Ukraine*, www.world-nuclear.org.

7. UWARUNKOWANIA PRAWNE ROZWOJU ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE⁹²

Energetyka jądrowa należy do tych dziedzin gospodarki, które są poddane bardzo szczegółowemu nadzorowi administracyjnemu. Nadzór ten dotyczy przede wszystkim bardzo surowych wymogów bezpieczeństwa, poczynając od wyboru lokalizacji, poprzez budowę, eksploatację, a na likwidacji kończąc. Obejmuje ona również monitorowanie procesu gromadzenia środków niezbędnych na realizację pełnego cyklu gospodarki odpadami promieniotwórczymi, wypalonym paliwem i likwidację siłowni po zakończeniu działalności, co ma istotne znaczenie w świetle faktu, że koszty te mogą sięgać 30% nakładów inwestycyjnych. Cele te są najczęściej realizowane przez wyspecjalizowane agendy administracji państwowej, zajmujące się atomistyką oraz przez Państwowy dozór jądrowy.

Aktualnie obowiązuje ustawa z dnia 29 listopada 2000 rok – *Prawo atomowe* (Dz. U. z 2007 r. nr 42, poz. 276) określa obowiązek wykonywania działalności polegającej na uruchamianiu i stosowaniu urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące na podstawie zezwolenia. W praktyce techniki jądrowe wykorzystywane są w największym stopniu w medycynie i w przemyśle.

Budowa, uruchomienie i eksploatacja elektrowni jądrowej wiąże się z wieloma obszarami regulacji prawnej, normowanymi obecnie przez kilkanaście różnego rodzaju aktów prawnych. Podstawowym aktem, regulującym działalność związaną z wykorzystywaniem energii atomowej jest wspomniane na wstępie *Prawo atomowe*. Poza tym wytwarzanie energii regulowane jest przez prawo energetyczne. Sama inwestycja – podobnie jak inne obiekty budowlane – wymaga: ustalenia lokalizacji w oparciu o przepisy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym; analizy pod kątem oddziaływania na środowisko zgodnie z prawem ochrony środowiska; pozwoleń na budowę; pozwoleń na użytkowanie zgodnie z prawem budowlanym. Dodatkowo, w zależności od przyjętego modelu realizacji inwestycji, w tym wyboru podmiotu będącego inwestorem, w grę może wchodzić również stosowanie prawa zamówień publicznych, a także przepisów o partnerstwie publiczno-prywatnym. Wszystkie etapy planowania, realizacji i eksploatacji obiektu muszą uwzględniać wymagania wynikające z prawa unijnego.

Naturalną konsekwencją rozproszenia regulacji prawnych, mogących mieć zastosowanie przy inwestycjach w energetykę jądrową, jest wielość organów właściwych w sprawie różnych aspektów takiej inwestycji. Wymienić tutaj można m.in. prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, ministrów właściwych do spraw środowiska i do spraw gospodarki, prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, wojewodę oraz nawet organy gminy, na terenie której miałaby zostać zlokalizowana elektrownia atomowa.

Mamy zatem do czynienia z sytuacją, w której regulacje dotyczące inwestycji w energetykę jądrową znajdują się w wielu aktach prawnych, kompetencje są rozproszone pomiędzy wiele organów, zaś powyższe unormowania traktowane

⁹² Sporządzone głównie na podstawie: *Uwarunkowania prawne rozwoju energetyki atomowej w Polsce* – referat na konferencję *Energetyka atomowa w Polsce*, Warszawa 26 maja 2008, wygłoszony przez Piotra Woźnego i Wacława Knopkiewicza z Kancelarii Prawnej Grynhoff Woźny Maliński.

łącznie i tak nie uwzględniają specyfiki omawianych inwestycji w stopniu pozwalającym na jej sprawną realizację.

Co należy zrobić?

Konieczne są zatem zmiany w ustawodawstwie krajowym w celu jednoznacznego, spójnego i kompleksowego uregulowania zagadnień związanych z lokalizacją, projektowaniem, budową, eksploatacją i likwidacją elektrowni jądrowych oraz regulacje prawne określające organizację i finansowanie postępowania z wypalonym paliwem i z odpadami promieniotwórczymi. Stosowna regulacja powinna w możliwym zakresie upraszczać i skracać procedury prawne związane z realizacją inwestycji, zwłaszcza w sytuacjach, gdy brakuje precyzyjnych regulacji w prawie polskim. Jako przykład potraktować można procedury oceny oddziaływania na środowisko, które pozwalają dopiero co zarejestrowanej organizacji ekologicznej posiadającej trzech członków kwestionować, w oparciu o te same nieskonkretyzowane zastrzeżenia, kolejne rozstrzygnięcia na kilku etapach procesu inwestycyjnego. W praktyce może to opóźnić realizację inwestycji o wiele miesięcy lub nawet lat. Rzecz jasna nie chodzi o to, aby wykluczyć udział czynnika społecznego przy podejmowaniu tak doniosłych społecznie decyzji, jednakże procedury w tym zakresie powinny być w maksymalny sposób zintegrowane i skoncentrowane czasowo.

Wydaje się, iż dobrym rozwiązaniem byłoby uchwalenie ustawy o „specjalnym” charakterze, której zasadniczą część wespół z dostosowanymi przepisami innych ustaw kompleksowo normowałaby kwestie lokalizacji, projektowania, budowy, eksploatacji i likwidacji elektrowni jądrowych. W ustawie ponadto powinny zostać określone zasady udziału państwa w takim przedsięwzięciu – zarówno w sprawach decyzji i nadzoru podejmowanych w formach władztwa publicznego, jak również ewentualnego wsparcia finansowego inwestycji czy wręcz udziału w charakterze inwestora lub współinwestora. Zakresem ustawy powinny być objęte także kwestie przerobu i składowania zużytego paliwa i odpadów promieniotwórczych. Warto wziąć pod uwagę również uregulowanie ewentualnego trybu przeprowadzenia konsultacji społecznych w sprawie lokalizacji elektrowni atomowej.

Godna rozważenia wydaje się możliwość zastosowania funkcjonującego w Stanach Zjednoczonych, tzw. „pozwolenia kompleksowego”, obejmującego od razu etapy od projektowania po eksploatację już gotowego obiektu jądrowego. Takie rozwiązanie powoduje, iż wykonanie inwestycji zgodnie warunkami zezwoleń na jej realizację uniemożliwiałoby odmowę jej uruchomienia. Przykład Austrii pokazuje, iż niedopuszczenie do eksploatacji wykonanej inwestycji może wystąpić w praktyce. Ekonomicznie taka sytuacja jest całkowicie nieracjonalna, w związku z czym wszelkie okoliczności wpływające na podjęcie decyzji o budowie elektrowni atomowej, w tym stanowisko społeczeństwa, powinny być wzięte pod uwagę przed rozpoczęciem procesu inwestycyjnego.

Podkreślić należy, iż taka „specustawa” nie byłaby żadnym *novum* w polskim systemie prawnym. Na podobnej zasadzie opiera się m.in. ustawa z 10 kwietnia 2003 roku o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg publicznych. W bieżącym roku Ministerstwo Infrastruktury przygotowało projekt nowelizacji tej ustawy jeszcze dalej idący, jeśli chodzi o rozwiązania prawne mające uprościć i przyspieszyć prace związane z przygotowaniem inwestycji drogowych. Oczywiście tych rozwiązań nie da się w prosty sposób skopiować w odniesieniu do elektrowni atomowej, niemniej

i w tym przypadku szczególny sposób regulacji wydaje się uzasadniony, biorąc pod uwagę korzyści energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne wynikające z realizacji tego rodzaju inwestycji.

Najpilniejsze zadania – proponowany harmonogram działań

W celu osiągnięcia pożądanego stanu prawnego umożliwiającego rozpoczęcie wdrażania energetyki jądrowej w Polsce zasadne wydaje się podjęcie następujących kroków:

- 1) **ustanowienie (w drodze rozporządzenia Rady Ministrów) i powołanie (przez Prezesa Rady Ministrów) pełnomocnika rządu do spraw wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce**, którego zadaniem będzie przygotowanie projektu programu wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce oraz dbałość o stworzenie warunków organizacyjnych i prawnych umożliwiających jego realizację;
- 2) **opracowanie i przyjęcie przez Radę Ministrów programu wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce**, którego jednym z założeń będzie uchwalenie specjalnej ustawy regulującej jednoznacznie, spójnie i kompleksowo zagadnienia związane z lokalizacją, projektowaniem, budową, eksploatacją i likwidacją elektrowni jądrowych;
- 3) **przygotowanie oraz konsultacje projektu specjalnej ustawy;**
- 4) **przeprowadzenie dalszej ścieżki legislacyjnej i uchwalenie ustawy;**
- 5) **podjęcie wykonawczych działań organizacyjnych i prawnych, w oparciu o ustawę, związanych z przygotowaniem i realizacją inwestycji w energetyce jądrowej.**

8. PODSUMOWANIE

Energetyka jądrowa jest technologią wytwarzania energii elektrycznej, która może rozwiązać szereg problemów energetycznych Polski. Dotyczy to przede wszystkim problemów związanych z emisją CO₂ oraz bezpieczeństwem energetycznym kraju. Z tego właśnie powodu w wielu innych krajach obserwuje się renesans tej technologii, tym bardziej że dotychczasowe doświadczenia eksploatacji wskazują na wysoki poziom bezpieczeństwa działania tych obiektów i niskie koszty wytwarzania energii elektrycznej. Rozwój energetyki jądrowej, wymaga ścisłego współdziałania organów państwa przede wszystkim w przygotowaniu niezbędnej infrastruktury oraz zapewnieniu sprzyjającej i stabilnej regulacji prawnej.

Zaznaczająca się coraz wyraźniej przewaga technologii jądrowej nad innymi technologiami jest wynikiem trwających od kilkudziesięciu lat prac nad rozwojem tej technologii i nieustannym udoskonalaniem systemów bezpieczeństwa.

Zaangażowanie w atomistykę ma jeszcze jeden wymiar strategiczny. Nie wiadomo, w jakim kierunku ostatecznie rozwinie się energetyka przyszłości. Mogą to być źródła odnawialne (np. ogniwa fotowoltaiczne), pozyskiwanie i spalanie wodoru, a być może elektrownie, prowadzące kontrolowaną syntezę jąder atomowych. Warto więc inwestować w różne działy energetyki i mieć specjalistów z wielu dziedzin – to może zwiększyć nasz udział w przyszłej rewolucji energetycznej i technologicznej.

Wybudowanie jednej elektrowni atomowej nie spowoduje, że Polska uniezależni się od węgla, ale może ułatwić przystosowanie się do unijnej strategii ograniczania emisji CO₂.

Budowa elektrowni atomowej, oprócz zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego kraju, może wpłynąć na postęp cywilizacyjny – poprzez rozwój wielu gałęzi wiedzy. Nie należy także pomijać rachunku ekonomicznego. Sama budowa elektrowni atomowej jest droga, natomiast – według wyliczeń ekspertów – produkowana energia jest tania.

W 2000 roku Finlandia przeprowadziła analizę porównawczą kosztów wytwarzania energii elektrycznej w nowych elektrowniach, a w następnych latach wykonano takie analizy w USA i w Wielkiej Brytanii, a ostatnio w krajach OECD. Dały one podobne wyniki, wskazujące, że energia jądrowa jest najtańszym źródłem energii elektrycznej z nowych elektrowni. Wyniki analiz studium fińskiego, posłużyło za podstawę do zamówienia piątego reaktora jądrowego dla Finlandii, a także przyczyniło się niewątpliwie do tego, że parlament fiński podjął słynną uchwałę mówiącą, że „energetyka jądrowa jest rozwijana w Finlandii dla dobra społeczeństwa”⁹³.

Bardzo ważne dla zrównoważonego krajowego bilansu energii elektrycznej są zarówno elektrownie wodne, wiatrowe, biogazowe, elektrownie na biopaliwa

⁹³ L. Dobrzyński, A. Strupczewski, *Energia Jądrowa i jej wykorzystanie: Aspekty ekonomiczne energetyki jądrowej*, Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, Biuletyn Miesięczny PSE, lipiec-sierpień 2006

stałe, jak i rozwiązania stymulujące oszczędzanie energii, sprawne jej wytwarzanie czy efektywne jej użytkowanie, natomiast pewne jest, że te nie zastąpią budowy nowych, systemowych źródeł wytwórczych, w tym elektrowni atomowych.

Jak zauważa Fatih Birol, główny ekonomista Międzynarodowej Agencji Energii (International Energy Agency), „Biorąc pod uwagę potrzeby gospodarcze waszego kraju [Polski] i dbałość o środowisko naturalne, jako główny ekonomista IEA z czystym sumieniem polecam sięgnięcie po energię atomową”⁹⁴.

⁹⁴ K. Dębek, *Rozmowa z Fatihem Birolą*, „Forbes” nr 07/2008.

DODATEK 1: TECHNOLOGIE REAKTORÓW

Rozwój energetyki jądrowej można podzielić na kilka okresów, podczas których powstały reaktory różniące się konstrukcją i funkcjami, jakie miały spełniać.

Reaktory I generacji

Pierwszą generację reaktorów energetycznych stanowią jednostki przejęte po drugiej wojnie światowej z programów wojskowych, gdzie służyły do napędu łodzi podwodnych lub wytwarzania militarnego plutonu. Główną ich cechą charakterystyczną była możliwość dokonywania przeładunków paliwa w czasie pracy reaktora bez konieczności ich wyłączania. Były to reaktory grafitowe, chłodzone dwutlenkiem węgla lub wodą, pracujące na uranie naturalnym lub słabo wzbogaconym.

Do tej generacji należy również zaliczyć szereg prototypowych reaktorów energetycznych, które wykorzystywano do testowania różnych koncepcji konstrukcyjnych i materiałowych.

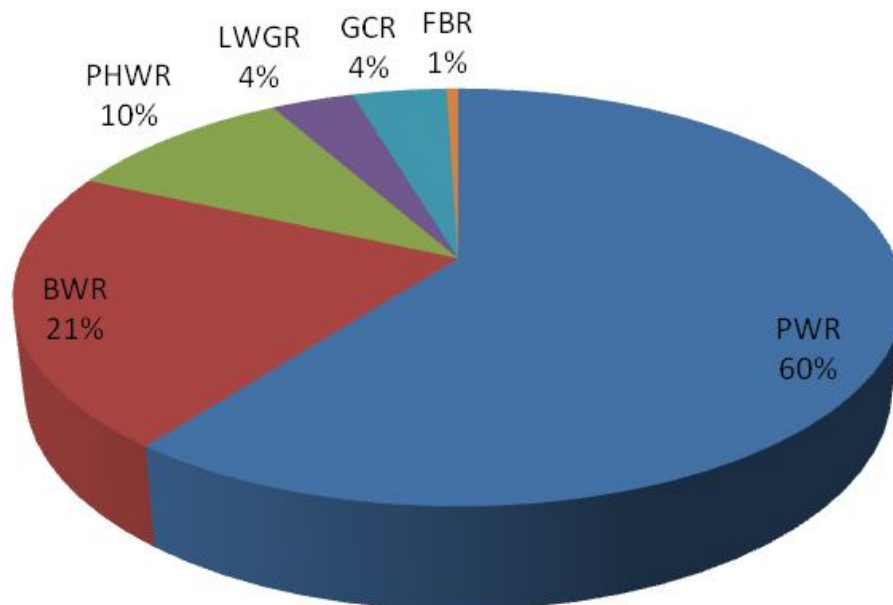
Do reaktorów I generacji należały:

- **MAGNOX w Anglii**
- **GCR we Francji**
- **RBMK (LWGR) w ZSRR**
- **Shippingport (PWR) w USA**
- **Dresden 1 (BWR) w USA**
- **FERMI I (FBR) w USA**

Reaktory II generacji

Sukces reaktorów wodno-ciśnieniowych służących do napędu łodzi podwodnych w Stanach Zjednoczonych spowodował rozwój ich konstrukcji i zastosowanie w elektrowniach jądrowych, dając początek reaktorom II generacji typu PWR (*Pressurized Water Reactor* – reaktory wodno-ciśnieniowe). Równolegle rozwijały się reaktory typu BWR (*Boiling Water Reactor* – reaktory wodno-wrzące). Oba te typy określane są łącznie mianem reaktorów lekkowodnych (LWR – *Light Water Reactor*). W Kanadzie skonstruowano i uruchomiono budowę reaktorów o nazwie CANDU (PHWR) wykorzystujących jako moderator ciężką wodę i naturalny lub lekko wzbogacony uran. Spodziewając się szybkiego rozwoju energetyki jądrowej, zbudowano kilka reaktorów powielających na neutronach prędkich, tzw. FBR (*Fast Breeder Reactor*). Prowadzono w dalszym ciągu próby wykorzystania nowych technologii reaktorów energetycznych, takich jak wysokotemperaturowe reaktory chłodzone helem lub reaktor na stopionych solach z ciągłym usuwaniem produktów rozszczepienia. Głównym zadaniem reaktorów II generacji jest efektywne wytwarzanie energii elektrycznej.

Rys.10. Udział poszczególnych typów reaktorów w całkowitej mocy zainstalowanej



źródło: *World Energy Council Report 2008*

Wśród obecnie pracujących cywilnych reaktorów energetycznych najwięcej jest jednostek wodno-ciśnieniowych (PWR), które posiadają 60,4% całkowitej mocy zainstalowanej w energetyce jądrowej (Rys. 8). Kategoria PWR obejmuje również rosyjskie reaktory wodno-ciśnieniowe WWER⁹⁵.

Drugą najbardziej rozpowszechnioną grupą reaktorów są jednostki wodno-wrzące (BWR) oraz ich ulepszona wersja – unowocześnione reaktory wodno-wrzące (ABWR). Udział tych jednostek w całkowitej mocy zainstalowanej w energetyce jądrowej wynosi 21,4% (Rys. 8).

PWR – reaktor wodny ciśnieniowy (ang. *Pressurized Water Reactor*) – reaktor jądrowy, w którym moderatorem jest zwykła (lekka) woda pod ciśnieniem. Woda spełnia jednocześnie funkcję czynnika roboczego – chłodziwa rdzenia reaktora, oraz zasila wytwornicę pary napędzającą turbinę we wtórnym obiegu. Jednostki te są bardzo bezpiecznymi konstrukcjami. Reaktor posiada tzw. ujemny współczynnik reaktywności, który powoduje obniżenie mocy reaktora przy wzroście temperatury paliwa i wody chłodzącej. Zastosowana obudowa bezpieczeństwa zapobiega wydostaniu się substancji promieniotwórczych do środowiska w przypadku awarii.

BWR – reaktor wodny wrzący (ang. *Boiling Water Reactor*) – reaktor jądrowy moderowany i chłodzony wodą i wytwarzający parę w zbiorniku reaktora. Para ta, po przejściu przez separator pary jest kierowana do turbiny. Jest to zatem reaktor pracujący przy niższym ciśnieniu z jednym obiegiem chłodzenia (w odróżnieniu od reaktora PWR, który posiada dwa obiegi chłodzenia. Reaktor

⁹⁵ Reaktory typu PWR zaprojektowane w ZSRR noszą nazwę WWER (ros. *wodo-wodianoj energieticzeskij reaktor* – wodno-wodny reaktor energetyczny). Ich budowa nie różni się zasadniczo od konstrukcji zachodnich.

ten posiada również ujemny współczynnik reaktywności oraz obudowę bezpieczeństwa zapobiegającą wydostaniu się substancji promieniotwórczych do atmosfery.

WWER – wodno-wodny reaktor energetyczny (ros. *wodo-wodianoj eniergetičeskij rieaktor*) – reaktor typu PWR zaprojektowany w ZSRR. Jego budowa nie różni się zasadniczo od konstrukcji zachodnich, z tym, że bloki WWER-440 nie posiadają obudowy bezpieczeństwa z wyjątkiem EJ Loviisa w Finlandii.

CANDU (PHWR) – reaktor ciśnieniowy z ciężką wodą (ang. *Pressurized Heavy Water Reactor*) – reaktor jądrowy moderowany ciężką wodą (D_2O), chłodzony ciężką wodą przy wykorzystaniu naturalnego uranu lub lekką wodą przy wykorzystaniu uranu lekko wzbogaconego (do 1,5%) uranu. Woda z pierwotnego obiegu chłodzenia zasila wytwornicę pary, która zasila turbinę. Reaktor został zaprojektowany od początku do produkcji energii elektrycznej – nie był stosowany do celów militarnych.

RBMK (LWGR) – reaktor kanałowy dużej mocy – reaktor *bolszoi mosznosti kanalnyj* – (ang. *Light Water Graphite Reactor*) Reaktory konstrukcji rosyjskiej, gdzie w dużym bloku grafitu rozmieszczono kanały zawierające paliwo chłodzone zwykłą (lekką) wodą. Mieszanina parowo-wodna wychodząca z kanałów paliwowych podlega separacji na parę zasilającą turbinę i wodę powracającą do obiegu chłodzenia. Reaktory te charakteryzują się **dodatnim współczynnikiem reaktywności** prowadzącym do zwiększania mocy reaktora przy wzroście temperatury wody w kanałach chłodzenia paliwa, co było jedną z przyczyn awarii reaktora w Czarnobylu.

FBR – reaktor powielający na neutronach prędkich (ang. *Fast Breeder Reaktor*) – reaktor jądrowy, w którym wytwarza się rozszczepialny pluton z naświetlanego neutronami nierozszczepialnego izotopu uranu 238 (zawartość tego izotopu w naturalnym uranie wynosi 99,3%). Zwarta budowa reaktora bez moderatora charakteryzuje się wysoką gęstością generowanej mocy i wymaga chłodziwa o bardzo dobrych właściwościach odprowadzania ciepła i niskim pochłanianiu neutronów, którym najczęściej jest sód jak w budowanych dotychczas reaktorach w USA, Anglii, Francji, Rosji i Japonii. Wykorzystanie ciekłego sodu w wytwornicach pary, w przypadku ich rozszczelnienia, prowadziło do powstawania w nich pożarów. Obecnie na świecie, eksploatowane są dwa reaktory tego typu: reaktor badawczy PHENIX we Francji i reaktor energetyczny BN-600 w Federacji Rosyjskiej.

Reaktory III generacji

Prace badawcze i projektowe nad III generacją reaktorów rozpoczęły się w połowie lat osiemdziesiątych, w zasadzie po awarii jądrowej w Czarnobylu. Awaria ta spowodowała zasadnicze zmiany w filozofii i w przepisach bezpieczeństwa reaktorów energetycznych. Przedsiębiorstwa eksploatujące elektrownie jądrowe opracowały przepisy zawierające wymagania, którym muszą sprostać nowe konstrukcje reaktorów. Powstały wymagania dla reaktorów europejskich (EUR – *European Utility Requirements*), reaktorów przewidzianych do budowy w USA (URD – *EPRI Utility Requirement Document*), reaktorów budowanych w Japonii (JURD – *Japan Utility Requirement Document*), w Korei (KURD) Wymagane zmiany koncentrowały się głównie na ulepszaniu reaktorów lekkowodnych. Wprowadzane zmiany i innowacje mają

charakter ewolucyjny i ukierunkowane są głównie na wprowadzanie pasywnych systemów bezpieczeństwa oraz poprawianie efektywności ekonomicznej (obniżenie kosztów budowy i eksploatacji elektrowni). Elektrownie III generacji będą produkować więcej energii, wytwarzając o 30% mniej odpadów radioaktywnych niż reaktory II generacji.

Zastosowane w tych reaktorach pasywne systemy bezpieczeństwa nie wymagają zasilania w energię elektryczną. Wykorzystuje się w nich zjawiska fizyczne, takie jak siła grawitacji, konwekcja naturalna lub zmiana właściwości niektórych materiałów wraz z temperaturą. Takie systemy są niezawodne – nie mogą ulec zablokowaniu ani uszkodzeniu. Dzięki temu można uprościć konstrukcję reaktorów.

Przedsiębiorstwa energetyczne i przemysł jądrowy, wspólnie podjęły działania mające na celu stworzenie ulepszonej generacji reaktorów. Zaprojektowano kilka typów reaktorów tej generacji:

ABWR – unowocześniony reaktor wodno-wrzący (ang. *Advanced Boiling Water Reactor*) – reaktor o mocy 1300 MW opracowany przez amerykańską firmę General Electric. Dwa reaktory ABWR o mocy jednostkowej 1356 MW w wersji japońskiej (zbudowane we współpracy z firmami Hitachi i Toshiba) uruchomiono w listopadzie 1996 i czerwcu 1997 roku w elektrowni Kashiwazaki-Kariwa (bloki nr 6 i 7), a trzeciej w elektrowni Hamaka (blok nr 5) w styczniu 2005 r. Były to pierwsze bloki III generacji reaktorów zbudowane w rekordowym czasie 48 miesięcy.

AP 600 – reaktor typu PWR o mocy 600 MW opracowany przez amerykańską firmę Westinghouse. Jego głównymi cechami jest uproszczona konstrukcja, modułarna budowa oraz oparcie systemów bezpieczeństwa na elementach pasywnych. Budowa ma być stosunkowo tania – według jego twórców koszty trwającej trzy lata budowy powinny być o 30% niższe od ponoszonych przy takich inwestycjach do tej pory. W 1999 roku NRC⁹⁶ przyznał konstrukcji certyfikat bezpieczeństwa standardowego modelu. Nie zbudowano reaktora tego typu, ale firma opracowała nową wersję tego reaktora o mocy 1100 MWe, znaną pod nazwą AP1000 (patrz niżej). Koncepcje reaktora AP 600 przejęły Chiny w pracach nad reaktorem pasywnym AC 600 (*Advanced Chinese PWR*) o mocy 610 MW.

BWR 90 – projekt reaktora o mocy 1200 MW, opracowany przez szwedzką firmę ASEA-Atom, a oparty na sprawdzonej konstrukcji i bardzo dobrych doświadczeniach eksploatacyjnych elektrowni jądrowych wcześniej budowanych przez tę firmę w Szwecji i Finlandii. W wyniku współpracy z firmą TVO w Finlandii, opracowano zmodyfikowaną wersję BWR 90+ o mocy 1500 MW, którą zaoferowano Finlandii w związku z planami budowy piątego bloku jądrowego na jej terenie, ale odpadł on w konkurencji z innymi reaktorami, w tym z reaktorem EPR.

AP 1000 – reaktor typu APWR (*Advanced Pressurized Water Reactor*) o mocy 1000 MW, opracowywany od 1994 roku przez Westinghouse oraz grupę towarzystw energetycznych z ośmiu krajów Europy Zachodniej. Celem jest ocena możliwości zaadoptowania reaktorów firmy Westinghouse do wymagań europejskich towarzystw energetycznych EUR). Z uwagi na zastosowanie

⁹⁶ United States Nuclear Regulatory Commission.

pasywnych układów, reaktor AP1000 charakteryzuje się znacząco wyższym poziomem bezpieczeństwa niż obecnie pracujące reaktory PWR.

System 80+ – reaktor typu PWR o mocy 1350 MW, opracowany przez ABB Combustion Engineering na podstawie doświadczeń z eksploatacji reaktorów Systemu 80⁹⁷, osiągających bardzo korzystne wskaźniki pracy.

WWER 640 – reaktor typu APWR o mocy 640 MW, opracowany przez rosyjskie firmy Atomenergoprojekt i Gigropress. Elementy pasywne posiadają duży udział w systemie bezpieczeństwa. Rosyjski dozór jądrowy udzielił licencji na budowę takiego reaktora w Sosnowym Borze (pod Petersburgiem) oraz na półwyspie Kola (pod Murmańskiem). Istnieje też obecnie ulepszona wersja tego reaktora, WWER 1000; zaoferowano ją Iranowi (gdzie blok taki ma być uruchomiony według ostatnich informacji w 2010 roku), Chinom (gdzie eksploatowane są już dwa takie bloki i Indiom (gdzie trwa budowa dwóch bloków) oraz planuje się wybudować dwa bloki w Nowoworoneżu.

EPR – europejski reaktor energetyczny (ang. *European Power Reactor*) – reaktor typu APWR⁹⁸ opracowany przez Nuclear Power International. Projekt wstępny zakończono w 1997 roku. W 1998 roku podniesiono moc nominalną z 1500 MW do 1750 MW. Projekt przygotowywano w ścisłej współpracy z urzędami dozoru jądrowego krajów Unii Europejskiej w celu ujednolicenia wymagań, tak aby można było uzyskiwać pozwolenia na budowę reaktorów bez potrzeby przystosowywania projektów do wymagań poszczególnych państw. **Elektrownia jądrowa Olkiluoto-3 w Finlandii jest pierwszą, gdzie buduje się taki blok o mocy 1600 MW (rozpocznie pracę prawdopodobnie w 2011 roku z dwuletnim opóźnieniem). Następny blok tego typu jest budowany w elektrowni jądrowej Flamaville we Francji**

Reaktory IV generacji – reaktory przyszłości

W przeciwieństwie do reaktorów III generacji, których rozwój polegał głównie na wprowadzaniu zmian opartych na dotychczasowych doświadczeniach eksploatacyjnych i kontynuacji trendów rozwojowych, reaktory IV generacji mają mieć charakter innowacyjny i wykazują zasadnicze różnice w działaniu w porównaniu do bloków poprzednich generacji.

Zdaniem ekspertów, przeładowane dużą ilością systemów bezpieczeństwa reaktory wodne III generacji wyczerpały już swoje możliwości rozwoju. Przyszłość energetyki jądrowej leży w radykalnym odejściu od aktualnych trendów i znalezieniu nowych rozwiązań technologicznych, które będą prostsze, tańsze i bezpieczniejsze. Panuje opinia, że stawiane cele łatwiej będzie osiągnąć, konstruując mniejsze reaktory: małej (do 300 MW) i średniej mocy (do 700 MW). Natomiast należy pamiętać, że do momentu wprowadzenia reaktorów IV generacji współczesne reaktory dużych mocy zapewniają tańszą produkcję energii elektrycznej i na świecie dla celów energetycznych buduje się duże jednostki.

Istnieje wiele czynników, które sprawiają, że budowa reaktorów małej i średniej mocy (SMR – *Small and Medium Reactors*) może być korzystniejsza od budowy reaktorów dużej mocy:

⁹⁷ Reaktor typu PWR opracowany przez Westinghouse Electric Company.

⁹⁸ Unowocześniony reaktor wodno-ciśnieniowy (ang. *Advanced Pressurized Water Reactor*).

- **Bezpieczeństwo.** W małych jednostkach łatwiej jest instalować pasywne systemy bezpieczeństwa. Dodatkowo osiąga się niższe parametry techniczne (temperatura, ciśnienie, gęstość mocy). W czasie awarii reaktory te stanowią mniejsze zagrożenie. Z tego powodu mogą być lokalizowane bliżej miast, co ułatwia wykorzystywanie ich jednocześnie jako źródło ciepła grzewczego.
- **Poziom ingerencji w środowisko naturalne.** Wymagają mniej wody chłodzącej (co jednocześnie zwiększa ilość możliwych lokalizacji). Mniejsza ilość ciepła odpadowego jest łatwiej rozpraszana w środowisku. Można je również postawić w miejscu starych, kończących pracę elektrowni węglowych.
- **Kompatybilność z systemem elektroenergetycznym.** Nie ma ograniczeń podłączania do mało rozwiniętych systemów elektroenergetycznych (gdy podłącza się duże jednostki wymagane jest tworzenie odpowiednio dużych rezerw mocy w systemie).
- **Koszty.** Ułatwiona jest prefabrykacja przemysłowa i produkcja seryjna; fabryczne wytwarzanie całych jednostek reaktorowych pozwala na podwyższenie jakości ich wykonania przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. Wymagane są niższe nakłady kapitałowe, które mają jednocześnie szybszy zwrot. Ryzyko ekonomiczne rozłożone jest na kilka mniejszych jednostek.

W 2000 roku z inicjatywy USA powstało Międzynarodowe Forum IV Generacji (ang. GIF – *Generation IV International Forum*), grupujące kilkanaście⁹⁹ krajów, mających na celu współpracę w zakresie rozwoju reaktorów IV generacji. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (IAEA) oraz Agencja Energii Atomowej (NEA-OECD) mają status obserwatorów.

Członkowie Międzynarodowego Forum Generacji IV wybrali sześć najbardziej obiecujących oraz wartych wspólnego rozwoju systemów¹⁰⁰. Trzy spośród projektów to tzw. reaktory prędkie powielające (ang. *Fast Breeder Reactor*). Reakcje rozszczepienia inicjują w nich neutrony o dużej energii, a paliwem jest izotop uranu-238, bezużyteczny z punktu widzenia dzisiejszej produkcji energii. Wykorzystanie izotopu, który stanowi ponad 99% ziemskiego uranu, oznacza zapewnienie reaktorom dostaw paliwa przez następne kilkadziesiąt lat. W obecnie pracujących konstrukcjach paliwem jest izotop, który stanowi tylko 0,7% ziemskich zasobów uranu.

GFR – reaktor prędkie chłodzony gazem (ang. *Gas-Cooled Fast Reactor*). System GFR uzyskał najwyższą ocenę w obszarze zrównoważonego rozwoju dzięki zamkniętemu cyklowi paliwowemu i zagospodarowywaniu aktywności. Został oceniony jako dobry w obszarze bezpieczeństwa, ekonomii oraz odporności na proliferację i fizycznej ochrony. Rozwijany byłby w pierwszym rzędzie do produkcji energii elektrycznej i zagospodarowywania odpadów, ale mógłby również być podstawą do produkcji wodoru. Oceniono, że GFR-y mogłyby być budowane od ok. 2025 roku¹⁰¹.

LFR – reaktor prędkie chłodzony ołowiem (ang. *Lead-Cooled Fast Reactor*). Został zaprojektowany w odpowiedzi na sprzyjające okoliczności rynku dla produkcji energii elektrycznej w małych sieciach oraz dla krajów rozwijających

⁹⁹ Członkowie GIF: Argentyna, Brazylia, Chiny, Francja, Japonia, Kanada, Korea Południowa, RPA, Rosja, Szwajcaria, USA, Wielka Brytania oraz kraje członkowskie Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej.

¹⁰⁰ GEN IV International Forum, *Annual Report 2007*.

¹⁰¹ Ibid.

się, które mogą nie mieć warunków do rozwoju krajowej infrastruktury cyklu paliwowego. Jego małe rozmiary, zmniejszone koszty i pełny serwis cyklu paliwowego mogą się okazać atrakcyjne dla tych rynków. Opcja ta uzyskała najwyższą ocenę z punktu widzenia celów Generacji IV, ale również ma ona największe potrzeby badawczo-rozwojowe i najdłuższy okres rozwoju. Systemy LFR uzyskały najwyższą ocenę w obszarze zrównoważonego rozwoju ze względu na zamknięty cykl paliwowy; w obszarze odporności na proliferację oraz w obszarze fizycznej ochrony, dzięki długożyciowym rdzeniom. Zostały one ocenione jako dobre w obszarze bezpieczeństwa i ekonomii. Pierwszorzędnym zadaniem reaktorów LFR będzie produkcja energii elektrycznej, jak również produkcja wodoru i gospodarowanie aktynowcami¹⁰².

MSR – reaktor chłodzony stopionymi solami (ang. *Molten Salt Reactor*). Paliwem w tej konstrukcji ma być ciekła mieszanina uranu, cyrkonu i związków sodu. Ten rewolucyjny pomysł jest bardzo kosztowny, jednakże ciągle prowadzone są nad nim badania ze względu tzw. korzystną gospodarkę odpadami. System MSR uzyskał najwyższą ocenę w obszarze zrównoważonego rozwoju dzięki zamkniętemu cyklowi paliwowemu i doskonałej gospodarce aktynowcami. Jest oceniany jako dobry w obszarze bezpieczeństwa, odporności na proliferację i ochrony fizycznej. Z powodu dużej ilości podsystemów został oceniony jako neutralny ekonomicznie. Stwierdzono możliwość budowy systemów MSR od ok. 2025 roku¹⁰³.

SFR – reaktor prędko chłodzony sodem (ang. *Sodium-Cooled Fast Reactor*). Zasadniczym celem SFR jest gospodarowanie odpadami wysokoaktywnymi, a w szczególności gospodarowanie plutonem i innymi aktynowcami. Wraz z innowacjami prowadzącymi do redukcji kosztów kapitałowych zadanie SFR może zostać rozciągnięte na produkcję energii elektrycznej biorąc pod uwagę udowodnioną zdolność reaktorów sodowych do użytkowania prawie całej energii zawartej w uranie naturalnym w porównaniu z 1-procentowym wykorzystaniem właściwym systemom o spektrum termicznym neutronów. System SFR otrzymał najwyższą ocenę w obszarze zrównoważonego rozwoju dzięki zamkniętemu cyklowi paliwowemu, doskonałemu zagospodarowywaniu aktynowcami i praktycznie pełnemu wykorzystywaniu zasobów paliwa. Oceniony został jako dobry z punktu widzenia bezpieczeństwa, ekonomii oraz odporności na proliferację i fizycznej ochrony. Jego pierwszorzędnym zadaniem byłaby produkcja energii elektrycznej i gospodarowanie aktynowcami. Ocenia się, że systemy na paliwo w postaci tlenków byłyby możliwe do budowy około 2015 roku¹⁰⁴.

SCWR – reaktor chłodzony wodą o parametrach nadkrytycznych (ang. *Supercritical-Water-Cooled Reactor*). Układy SCWR ocenione zostały wysoko z ekonomicznego punktu widzenia dzięki wysokiej sprawności cieplnej i prostocie budowy. Gdyby udało się w nim zastosować neutrony o wysokich energiach, zostałyby ocenione również wysoko z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju. SCWR oceniono jako dobre z punktu widzenia bezpieczeństwa, odporności na proliferację i fizycznej ochrony. Podstawowym zadaniem SCWR byłaby produkcja energii elektrycznej z opcją gospodarowania aktynowcami. Mogłyby one być budowane od 2025 roku¹⁰⁵.

¹⁰² Ibid.

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Ibid.

HTR/VHTR – reaktor wysoko temperaturowy / reaktor bardzo wysoko temperaturowy (ang. *High Temperature Reactor / Very High Temperature Reactor*). HTR / VHTR jest reaktorem moderowanym grafitem, chłodzonym helem o termicznym spektrum neutronów. Projekt został wysoko oceniony z ekonomicznego punktu widzenia dzięki wysokiej wydajności w produkcji wodoru. Również otrzymał on wysoką notę w dziedzinie bezpieczeństwa i niezawodności dzięki cechom całkowitego bezpieczeństwa paliwa i reaktora. Cechy bezpieczeństwa tego reaktora pozwalają na jego lokalizację bezpośrednio przy terenach zamieszkania. HTR / VHTR oceniono jako dobry z punktu widzenia odporności na proliferację i ochrony fizycznej oraz jako neutralny z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju, z powodu otwartego cyklu paliwowego. Ocenia się, że systemy HTR będzie można budować od około 2020 roku¹⁰⁶ – program RAPHAEL.

Synergia przemysłu węglowego i energii jądrowej

Oprócz napędzania turbogeneratorów, hel o dużej temperaturze może być w przyszłości zastosowany między innymi do produkcji wodoru, który jest używany w wielu procesach przemysłowych. Gorący hel może być też wykorzystywany do przerobu węgla na całą gamę poszukiwanych produktów. Wysokotemperaturowe reaktory jądrowe chłodzone helem (HTR), spełniające więcej zadań niż klasyczne reaktory dużej mocy, wydają się być atrakcyjną perspektywą dla polskiej gospodarki zdominowanej przez wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach węglowych oraz uzależnionej od importu ropy i gazu ziemnego. Jedną z możliwych technik, jest przetworzenie dwutlenku węgla powstającego w elektrowni węglowej na paliwo syntetyczne z użyciem wodoru uzyskanego z rozkładu wody, procesu zasilanego ciepłem z reaktora wysokotemperaturowego.

REAKTOR DLA POLSKI

Decyzja rządowa o włączeniu rozwiązań jądrowych do przyszłości energetycznej Polski stawia przed specjalistami pytanie o wybór takiego typu reaktora jądrowego, który spełni długi szereg warunków: od technicznych – po społeczne.

Proces wyboru reaktora dla wznowienia rozwoju energetyki jądrowej trwa obecnie w Wielkiej Brytanii. Kraj ten jest w tej chwili na podobnym etapie, na jakim będzie Polska za kilka lat. Pierwszy brytyjski reaktor nowej generacji ma rozpocząć pracę w 2017 roku, a polski kilka lat później. Warte uwagi jest to, że po kilku latach intensywnych prac nad rozwojem energii odnawialnej, szczególnie wiatraków, Wielka Brytania doszła do wniosku, że energetyka jądrowa jest jej niezbędna¹⁰⁷.

¹⁰⁶ Ibid.

¹⁰⁷ Na podstawie referatu: S. Kłoczko, *Stan energetyki jądrowej w Wielkiej Brytanii – dlaczego i jak Wielka Brytania przygotowuje się do budowy nowych elektrowni jądrowych?*, przedstawionego na konferencji: *Przyszłość Energetyki Jądrowej w Polsce*, Warszawa 6 grudnia 2007.

DODATEK 2: CASE STUDY – ELEKTROWNIA JĄDROWA ŻARNOWIEC

W latach 1982-1990 na terenie zlikwidowanej wsi Kartoszyno, nad Jeziorem Żarnowieckim budowano pierwszą elektrownię jądrową w Polsce. W zamyśle elektrownia miała stanowić pierwszy krok w realizacji polskiego programu energetyki jądrowej, który zakładał, że do 2000 roku będą uruchomione elektrownie jądrowe: pierwsza w Żarnowcu (1860 MWe), druga w Klempiczu (4000 MWe) i dwa z czterech bloków trzeciej elektrowni (2000 MWe). Dałoby to w sumie 7860 MWe, co stanowiłoby wzrost zainstalowanej mocy elektrycznej w Polsce o 26%.

Lokalizacja

19 grudnia 1972 roku Komisja Planowania przy Radzie Ministrów ustaliła lokalizację (Rys. 1) elektrowni jądrowej we wsi Kartoszyno nad Jeziorem Żarnowieckim (gmina Krokowa, powiat Pucki, obecnie województwo pomorskie). Decyzję poprzedziły lata badań hydrologicznych, hydrochemicznych, sejsmicznych, meteorologicznych i demograficznych, których wyniki zaważyły o wyborze odpowiedniego miejsca. W okolicy planowanej budowy otwarto również posterunek radiometeorologiczny, mający na celu prowadzenie badań geologicznych i klimatycznych oraz przeprowadzanie na ich podstawie symulacji potencjalnych skażeń w okolicy elektrowni.

Rys. 11. Lokalizacja niedoszelej elektrowni jądrowej w Żarnowcu



opracowanie: MDI

O wyborze lokalizacji pierwszej elektrowni jądrowej w Żarnowcu zdecydowały m.in. następujące czynniki:

- potrzeby krajowego systemu elektroenergetycznego – na północy kraju nie ma dużych elektrowni – przy jednoczesnym dużym zapotrzebowaniu na energię w tym rejonie;
- duży zbiornik wody wystarczający do odbioru ciepła odpadowego z elektrowni o mocy 1860 MWe;
- korzystne warunki geologiczne, wodne, sejsmiczne i meteorologiczne;
- niewielka gęstość zaludnienia w okolicy i wystarczająca odległość od większych skupisk ludności;
- bliskość elektrowni szczytowo-pompowej Żarnowiec, pozwalająca na korzystną współpracę z elektrownią jądrową;
- możliwość zagospodarowania zaplecza i infrastruktury wykorzystanej przy budowie elektrowni pompowej.

Rozpoczęcie budowy

Właściwa decyzja o rozpoczęciu prac budowlanych zapadła 18 stycznia 1982 roku, kiedy Rada Ministrów podjęła stosowną uchwałę w tej sprawie, następnie 31 marca 1982 roku przekazano plac budowy generalnemu wykonawcy – firmie Energoblok-Wybrzeże.

Infrastruktura i wykonanie

Powierzchnia zajmowana przez elektrownię miała wynosić 70 ha, a wraz z zapleczem i obiektami towarzyszącymi 425 ha. Podstawowym jej wyposażeniem miały być cztery bloki energetyczne o łącznej mocy 1860 MW, wyposażone w:

- zaprojektowane w ZSRR, a wyprodukowane w czechosłowackich zakładach Škoda, reaktory WWER¹⁰⁸-440 typu 213 o mocy 440 MWe;
- turbozespoły typu 4K-465 produkcji zakładów Zamech w Elblągu;
- generatory GTHW-600 wyprodukowane przez firmę Dolmel z Wrocławia.

W budowę zaangażowanych było ok. 70 polskich przedsiębiorstw – m.in. Rafako Racibórz (wytwornice pary), ZUS Nysa (skraplacze), Fakop Sosnowiec (wytwornice pary), Chemar Kielce (rurociągi i armatura do rurociągów), Metalchem Opole (zbiorniki awaryjnego chłodzenia reaktora, zbiorniki kwasu borowego), ZZUJ POLON (aparatura pomiarów wewnątrzrdzeniowych oraz system dozymetryczny elektrowni) i wiele innych. Zawarto także kontrakty z dziewięcioma przedsiębiorstwami zagranicznymi.

Terminy

W ciągu blisko dziewięciu lat robót wybudowano cały szereg obiektów – m.in. ośrodek radiometeorologiczny, hotel pracowniczy, hale do produkcji prefabrykatów betonowych, ekspedycję, dworzec kolejowy i stołówkę.

Uruchomienie pierwszego bloku o mocy zainstalowanej 465 MW planowane było pierwotnie na rok 1989 – a drugiego, na 1990. Na przełomie 1983 i 1984

¹⁰⁸ Radziecka wersja używanych w krajach zachodnich reaktorów typu PWR (reaktor wodno- ciśnieniowy)

roku terminy te uległy przesunięciu: pierwszy blok miał ruszyć w grudniu 1990 roku, drugi – rok później.

Czarnobyl

26 kwietnia 1986 roku w ówczesnym ZSRR miała miejsce katastrofa w elektrowni atomowej im. W.I. Lenina w Czarnobylu. Tego dnia, o godz. 1:23 wskutek przekroczenia zatwierdzonych warunków realizacji eksperymentu oraz wad konstrukcyjnych prętów bezpieczeństwa, doszło do wybuchu pary i wodoru, które zniszczyły budynek reaktora i spowodowały pożar hali maszyn. Wydostające się z płonącego budynku przez 10 dni radioaktywne chmury rozprzestrzeniły się nad niemal całą Europą. Zwiększone dawki promieniowania wykryto nawet w USA i Japonii. W skutek tej największej (jak dotąd) katastrofy w historii energetyki jądrowej zginęły 33 osoby, a z okolic ewakuowano zamieszkałą tam ludność.

Żarnowiec to nie Czarnobyl

Elektrownia jądrowa w Czarnobylu wyposażona była w reaktory typu RBMK¹⁰⁹. Moderatorem w tych reaktorach jest grafit (palny przy wysokich temperaturach), dodatkowo reaktor w Czarnobylu nie posiadał specjalnej obudowy bezpieczeństwa, mogącej zatrzymać substancje promieniotwórcze w przypadku awarii.

W Żarnowcu miały natomiast pracować reaktory wodno-ciśnieniowe typu WWER, wyposażone w wieżę lokalizacji awarii spełniającą rolę obudowy bezpieczeństwa. Identyczne cztery reaktory są dotychczas eksploatowane w elektrowni jądrowej Paks (Węgry). Nie zgłaszano żadnych uwag odnośnie bezpieczeństwa tych reaktorów. W takich reaktorach katastrofa podobna do tej w Czarnobylu nie mogłaby się wydarzyć.

Najpoważniejszy wypadek reaktora wodno-ciśnieniowego, którym była głośna awaria w amerykańskiej elektrowni jądrowej Three Mile Island, do której doszło 28 marca 1979 roku, spowodował jedynie straty materialne – obudowa bezpieczeństwa zatrzymała substancje promieniotwórcze i zapobiegła wydostaniu się ich na zewnątrz.

Protesty

Pomimo oczywistych różnic między reaktorami czarnobylskimi, a tymi, które miano zainstalować w Żarnowcu, wieść o katastrofie spowodowała gwałtowne zaostrzenie protestów przeciw trwającej już budowie.

Najbardziej aktywnymi członkami protestów były organizacje ekologiczne: Franciszkański Ruch Ekologiczny – który w latach 1986-1988 zorganizował serię wykładów prezentujących tendencyjnie potencjalne zagrożenia budową elektrowni, Gdańskie Forum Ekologiczne – które za jeden ze swoich głównych celów obrało niedopuszczenie do rozwoju energetyki jądrowej w Polsce i było głównym organizatorem trwających od 1988 roku publicznych akcji protestacyjnych; pacyfistyczny Ruch „Wolność i Pokój” oraz „Wolę być” – które stosowały najostrzejsze formy protestu w postaci licznych akcji blokowania dróg razem z miejscową ludnością oraz 63-dniowej głodówki. Wśród przeciwników

¹⁰⁹ Reaktor Kanałowy Wielkiej Mocy.

budowy elektrowni znalazło się wiele powszechnie znanych osób, w tym m.in. przywódca „Solidarności” Lech Wałęsa.

Protesty nasiliły się jeszcze bardziej po przemianach politycznych, do których doszło w Polsce po 1989 roku. Przeciwnicy energii jądrowej nie bez racji bowiem uważali, że nowe, demokratycznie wybrane władze mogą być bardziej podatne na oddolne naciski, niż wcześniej rządząca ekipa. W prowadzonej przez siebie kampanii propagandowej przeciwnicy elektrowni niejednokrotnie posuwali się do kłamstw i demagogii: w rozpowszechnianych przez nich publikacjach można było przeczytać o tym, że w Żarnowcu ma zostać zainstalowany tego samego typu reaktor co w Czarnobylu, była też mowa o „głębinowych ruchach tektonicznych” mogących jakoby doprowadzić do zerwania wałów górnego zbiornika znajdującej się tam elektrowni szczytowo-pompowej i zalania elektrowni jądrowej, a także o nieuchronnym skażeniu radioaktywnym jeziora wynikającym z zastosowania otwartego układu chłodzenia.

Referendum

27 maja 1990 roku – w dniu pierwszych w powojennej Polsce demokratycznych wyborów samorządowych – w ówczesnym województwie gdańskim odbyło się lokalne referendum w sprawie dalszej budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec. W referendum tym wzięło udział tylko 44,3% uprawnionych do głosowania, z których 86,1% głosowało przeciw budowie, a 13,9% – za jej kontynuacją¹¹⁰.

Ze względu na zbyt małą frekwencję, referendum nie zostało uznane za prawnie wiążące i budowa elektrowni wciąż trwała. Wywołało to kolejną – jeszcze ostrzejszą od poprzedniej – falę protestów społecznych w których – w odróżnieniu od akcji z 1988 roku – uczestniczyła przede wszystkim ludność miejscowa. Mieszkańcy, ciągnikami i maszynami rolniczymi, tarasowali okresowo drogi dojazdowe na budowę, wskutek czego budowa elektrowni została praktycznie sparaliżowana.

Wstrzymanie budowy

4 września 1990 roku Rada Ministrów – której przewodniczył wówczas Tadeusz Mazowiecki – na podstawie rekomendacji ministra przemysłu Tadeusza Syryjczyka podjęła decyzję o zaniechaniu budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec. Zdaniem wnioskodawcy wpływ na podjęcie tej decyzji miały następujące czynniki¹¹¹:

- **zbędność tego obiektu dla wewnętrznego bilansu energetycznego** – „Elektrownia Jądrowa Żarnowiec jest inwestycją zbędną dla polskiego systemu energetycznego w horyzoncie 10 do 20 lat, a potem wcale nie ma pewności, że energetyka jądrowa będzie potrzebna”¹¹²;
- **wątpliwa rentowność w porównaniu do elektrowni konwencjonalnych** – „Uznałem, że tylko wysokie prawdopodobieństwo wybudowania rentownej, a zarazem bezpiecznej elektrowni, zdolnej do produkcji energii po cenach konkurencyjnych (umożliwiających eksport) równoważyć mogłoby negatywną konkluzję, o której mowa

¹¹⁰ I. Kordulska, *Zanim wejdziesz na drzewo*, rozdz. 4.4., Kraków 1999.

¹¹¹ T. Syryjczyk, *Przesłanki decyzji w przedmiocie likwidacji Elektrowni Jądrowej Żarnowiec*, spisane w 1999 roku z notatek do referatu na posiedzenie Rady Ministrów w 1990 roku.

¹¹² Ibid., punkt 5, część C.

w pkt. 5 [poruszone w powyższym punkcie]. Wobec powyższego był to kolejny argument na rzecz likwidacji inwestycji¹¹³.

- **niejednoznaczność kwestii bezpieczeństwa – niezależnie od negatywnego dla budowy nastawienia opinii publicznej** – „Oczywiście jest pewne, że w końcu gdzieś w Polsce da się zbudować elektrownię atomową spełniającą najwyższe wymagania bezpieczeństwa. Być może nawet w Żarnowcu. Ale w 1990 roku nie było wiadomo, w jakim stopniu do budowy byłyby użyteczne projekty i już pobudowane fragmenty EJŻ. W świetle nikłej użyteczności ekonomicznej ponoszenie tego ryzyka przez gospodarke i społeczeństwo uznałem za niecelowe”¹¹⁴.

17 grudnia 1990 roku kierowany już wówczas przez Jana Krzysztofa Bieleckiego rząd podjął uchwałę w sprawie postawienia Elektrowni Jądrowej Żarnowiec w stan likwidacji. Jej termin ustalono na 31 grudnia 1992 roku.

Kilka lat później dwie osoby ściśle związane z atomistyką w Polsce wypowiedziały się na ten temat:

„Parę osób zrobiło karierę na zablokowaniu tej inwestycji. – Wstrzymanie budowy było decyzją polityczną”¹¹⁵ – przyznaje prof. Niewodniczański, prezes Państwowej Agencji Atomistyki.

„Najwyższy też czas, aby rząd przyznał, że likwidacja Żarnowca była błędem”¹¹⁶ – mówi prof. dr Andrzej Hrynkiewicz, Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie.

Likwidacja

Z chwilą zamknięcia budowy tysiące drogich urządzeń przeznaczonych do montażu w elektrowni stało się bezużytecznymi. Większość z nich, w tym jeden zbiornik ciśnieniowy odkupiła od Polski za symboliczną kwotę Elektrownia Jądrowa Loviisa w Finlandii, a drugi przewieziono do Centrum Szkoleniowego Elektrowni Jądrowej Paks na Węgrzech. Pozostałe elementy sprzedano innym elektrowniom, można jedynie stwierdzić, że napędy prętów regulacyjnych nadal pracują w EJ Loviisa.

Wraz z przekazaniem terenu dawnej budowy samorządowi lokalnemu rozpoczęło się niszczenie budynków i urządzeń niedoszłej elektrowni. Na jej terenie doszło do kradzieży na niespotykaną wcześniej skalę. Luksusowy hotel robotniczy oraz Ośrodek Pomiarów Zewnętrznych zostały kompletnie zdewastowane. W wyniku wyłączenia pomp usuwających wodę z położonych poniżej poziomu jeziora fundamentów główny budynek siłowni w niedługim czasie został zalany przez wody podskórne.

Straty

Aby ratować to, co jeszcze pozostało z nieukończzonej elektrowni, w 1993 roku na terenie dawnej budowy utworzono Strefę Ekonomiczną Żarnowiec – będącą obecnie częścią Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej. Jednak mimo iż

¹¹³ Ibid., punkt 6.

¹¹⁴ Ibid., punkt 7.

¹¹⁵ G. Łyś, *Atomowi uchodźcy*, „Magazyn”, dodatek do „Rzeczpospolitej”; nr 31 (264), 3 sierpnia 2001.

¹¹⁶ *W Polsce powinna powstać elektrownia atomowa*, rozmowa Małgorzaty Iskry z prof. dr. Andrzejem Hrynkiewiczem, „Gazeta Krakowska”, 25 lipca 2006.

w strefie tej działa obecnie ponad 20 przedsiębiorstw, pokładane w niej nadzieje – m.in. z powodu braku dobrego połączenia komunikacyjnego z leżącymi w znacznej odległości większymi aglomeracjami, do czego przyczyniła się m.in. likwidacja linii Szybkiej Kolei Miejskiej łączącej niegdyś teren budowy elektrowni z Trójmiastem – nie spełniły się. Wiele planowanych w Strefie inwestycji – w tym m.in. elektrownia gazowa – nie zostało nawet rozpoczętych. Według zwolenników budowy elektrowni jądrowej w Żarnowcu, straty, do których przyczyniła się decyzja rządu o jej likwidacji, mogą sięgać kwoty nawet 2 mld dolarów.

Gdy podjęto decyzję o likwidacji zaawansowanie budowy elektrowni, wynosiło 36%, a zaplecza 85%. Powstało tam ponad 630 obiektów, wykonano lub unowocześniono około 100 km dróg i 17 km linii kolejowych. Oddano do użytku 1695 mieszkań w 69 budynkach mieszkalnych. Przedsiębiorstwo EJ Żarnowiec w Budowie zatrudniało 2600 pracowników, w tym kilkudziesięciu wysokiej klasy specjalistów wyszkolonych za granicą.

Zamykając w 1990 roku perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Polsce, zmarnowano nie tylko około 2 mld dolarów zainwestowanych w tę budowę, ale także zniszczono kadre specjalistów, której odtworzenie będzie trudne i długotrwałe. Budowa elektrowni jądrowej będzie musiała być przeprowadzona od samego początku.

Z prawie 700 wykształconych w kraju fizyków jądrowych pracuje w Polsce w swym zawodzie około 150. Z kilkuset inżynierów jądrowych pozostało niespełna 100. Dość liczna ich grupa, „rozbitkowie z Żarnowca” i związanych z nim instytucji i przedsiębiorstw, trafiła do wielkich firm zajmujących się energetyką jądrową na świecie, jak ABB Atom, Electricite de France i Westinghouse. Spotkać ich było można na przykład przy budowie czeskiej elektrowni jądrowej w Temelinie. Większość pracuje jednak w Instytucie Energii Atomowej w Świerku.

Kalendarium

- **9 grudnia 1972** – Komisja Planowania przy Radzie Ministrów ustaliła lokalizację pierwszej polskiej elektrowni jądrowej we wsi Kartoszyno. Niedługo potem został otwarty posterunek radiometeorologiczny prowadzący badania klimatu, geologiczne i symulację skażeń w bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni.
- **18 stycznia 1982** – Rada Ministrów podjęła uchwałę w sprawie budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec.
- **31 marca 1982** – przekazano plac budowy generalnemu wykonawcy, którym był Energoblok-Wybrzeże; wkrótce rozpoczęto prace i przesiedlanie mieszkańców wsi Kartoszyno.
- **31 grudnia 1983** – Rada Ministrów podjęła Uchwałę nr 206 o planowanym terminie oddania do eksploatacji bloków: nr 1 (grudzień 1990 roku) i nr 2 (grudzień 1991 roku).
- **10 kwietnia 1986** – Sejm uchwalił ustawę *Prawo atomowe* – pierwszy tej rangi akt w prawie polskim normujący działalność związaną z wykorzystaniem energii jądrowej.

- **26 kwietnia 1986** – doszło do katastrofy w Czarnobylu, w wyniku czego gwałtownie wzrosła fala protestów przeciwko budowie elektrowni.
- **2 grudnia 1989** – rząd Tadeusza Mazowieckiego zdecydował o wstrzymaniu budowy na okres jednego roku w celu zebrania danych i opinii koniecznych do podjęcia decyzji o dalszych losach budowy.
- **27 maja 1990** – odbyło się lokalne referendum w województwie gdańskim; przy frekwencji wynoszącej 44,3% uprawnionych do głosowania przeciwko budowie opowiedziało się 86,1%, za budową elektrowni – 13,9% głosujących.
- **4 września 1990** – Rada Ministrów podjęła decyzję o zaniechaniu budowy Elektrowni Jądrowej Żarnowiec.
- **9 listopada 1990** – Sejm RP zatwierdził decyzję rządu o likwidacji Elektrowni Jądrowej Żarnowiec w budowie, ale jednocześnie dopuścił możliwość budowy elektrowni jądrowych nowej generacji, zapewniających efektywność ekonomiczną i bezpieczeństwo radiologiczne. Dokument Sejmu określał również przybliżony czas budowy – po roku 2005.
- **17 grudnia 1990** – Rada Ministrów podjęła Uchwałę nr 204 w sprawie postawienia Elektrowni Jądrowej Żarnowiec w Budowie w stan likwidacji; termin likwidacji wyznaczono na 31 grudnia 1992 roku.

DODATEK 3: POLSKIE ORGANIZACJE ZWIĄZANE Z ENERGETYKĄ JĄDROWĄ

Tab. 17. Organizacje związane z energetyką jądrową (Polska)	
Organizacja	Dyrektor
Instytut Energii Atomowej w Świerku	Krzysztof Wieteska
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej	Andrzej Grzegorz Chmielewski
Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie	Marek Jeżabek
Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana	Grzegorz Wrochna
Państwowa Agencja Atomistyki	Jerzy Niewodniczański
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne	Zbigniew Zimek
Komitet Energetyki Jądrowej SEP	Zdzisław Celiński (przewodniczący)
Parlamentarny Zespół ds. Energetyki	Andrzej Czerwiński (przewodniczący)
Stowarzyszenie Ekologów Na Rzecz Energii Nuklearnej (SEREN)	Zbigniew Jaworowski

Opracowanie: MDI

DODATEK 4: NAJWIĘKSZE ŚWIATOWE PRZEDSIĘBIORSTWA ENERGETYKI JĄDROWEJ

Tab. 18 . Największe światowe przedsiębiorstwa energetyki jądrowej		
Nazwa	Opis	Doświadczenie
Areva	Francuska firma należąca w większości do państwa. Cieszy się od lat wsparciem francuskich polityków.	Buduje obecnie elektrownie w Chinach, RPA i Finlandii. Reaktor EPR jest reklamowany jako najnowocześniejszy reaktor na świecie.
Atomic Energy of Canada	Kanadyjska firma państwowa. Oferują szybką i terminową budowę oraz prostą technologię.	Sprzedała reaktory do Indii, Chin, Argentyny, Korei Płd. i Rumunii.
Electricite de France (EdF)	Francuskie reaktory należą do najlepszych na świecie. Na podstawie ich parametrów bezpieczeństwa sformułowano wymagania energetyki Unii Europejskiej wobec nowych reaktorów.	Większość siłowni we Francji zostało zbudowanych przez tę firmę. Największy na świecie operator elektrowni jądrowych.
General Electric Co.	Firma amerykańska współpracująca z Hitachi.	Reaktory tej firmy działają w USA i Japonii.
Rosatom	Rosyjska korporacja państwowa.	Sprzedaje reaktor WWER, który pomimo wieku jest sprawdzony, tani i ciągle ulepszany. Buduje siłownie w Bułgarii, Rosji, Chinach, Indiach i Iranie.
Westinghouse Electric	Prywatna firma z USA. Większościowym udziałowcem jest japońska Toshiba.	Budowali lub nadal budują elektrownie w USA, Chinach i Korei Płd. Podpisał obecnie lukratywny kontrakt z Ukrainą na dostawę paliwa. Reaktor AP1000 – pierwszy reaktor generacji III+, który został zatwierdzony przez Urząd Dozoru Jądrowego w USA.

opracowanie: MDI

DODATEK 5: LISTA RYSUNKÓW, TABEL I MAP ZAWARTYCH W RAPORCIE

RYSUNKI

RYS.1.	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE NA TLE EUROPY	9
RYS.2.	MOCE W SYSTEMIE ORAZ PRZYSZŁE ZAPOTRZEBOWANIE (PROGNOZA)	10
RYS.3.	ŹRÓDŁA POZYSKIWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE	10
RYS.4.	ŹRÓDŁA POZYSKIWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W UNII EUROPEJSKIEJ	10
RYS.5.	PROGNOZOWANE WYDOBYCIE WĘGLA BRUNATNEGO W POLSKICH KOPALNIACH ODKRYWKOWYCH	11
RYS.6.	JEDNOSTKOWY KOSZT WYTWORZENIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ NETTO	12
RYS.7.	KOSZTY ZEWNĘTRZNE WYTWORZENIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z POSZCZGÓLNYCH ŹRÓDEŁ W NIEMCZECH	13
RYS.8.	WPLYW ZMIAN CEN PALIW NA KOSZTY WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	14
RYS.9.	CZY ZGADZASZ SIĘ ABY W POLSCE POWSTAŁA ELEKTROWNIA ATOMOWA	20
RYS.10.	UDZIAŁ POSZCZGÓLNYCH TYPÓW REAKTORÓW W CAŁKOWITEJ MOCY ZAINSTALOWANEJ	54
RYS.11.	LOKALIZACJA NIEDOSZŁEJ ELEKTROWNI JĄDROWEJ W ŻARNOWCU	61

TABELE

TAB.1.	NAJWIĘKSI POSIADACZE REZERW, PRODUCENCI I EKSPORTERZY URANU DO UE	15
TAB.2.	OCENA ILOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ UZYSKIWANEJ Z WYKORZYSTANIA 1 KG ODPWIEDNIEGO PALIWA W RÓŻNYCH TECHNOLOGIACH	16
TAB.3.	RODZAJE ODPADÓW, ICH ILOŚĆ I CHARAKTERYSTYKA	24
TAB.4.	PAŃSTWA POSIADAJĄCE CZYNNIE REAKTORY JĄDROWE WRAZ Z ICH MOCĄ	30
TAB.5.	PAŃSTWA POSIADAJĄCE NAJWIĘKSZY UDZIAŁ ENERGETYKI JĄDROWEJ W PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ	31
TAB.6.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE W CZECHACH	35
TAB.7.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE NA LITWIE	37
TAB.8.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE W NIEMCZECH	38
TAB.9.	TYPY REAKTORÓW PRACUJĄCYCH NA TERENIE ROSJI	40
TAB.10.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE W ROSJI	41
TAB.11.	BUDOWANE REAKTORY JĄDROWE W ROSJI	42
TAB.12.	PLANY BUDOWY REAKTORÓW JĄDROWYCH W ROSJI	42
TAB.13.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE NA SŁOWACJI	43
TAB.14.	BUDOWANE REAKTORY JĄDROWE NA SŁOWACJI	44
TAB.15.	PRACUJĄCE REAKTORY JĄDROWE NA UKRAINIE	46
TAB.16.	PLAN I PROPOZYCJE BUDOWY NOWYCH REAKTORÓW NA UKRAINIE	47
TAB.17.	ORGANIZACJE ZWIĄZANE Z ENERGETYKĄ JĄDROWĄ	68
TAB.18.	NAJWIĘKSZE ŚWIATOWE PRZEDSIĘBIORSTWA ENERGETYKI JĄDROWEJ	69

MAPY

MAPA 1	ELEKTROWNIE JĄDROWE ZLOKALIZOWANE W NAJBLIŻSZYM SĄSIEDZTWIE POLSKI	23
MAPA 2	PRACUJĄCE ELEKTROWNIE JĄDROWE W EUROPIE	33

AUTORZY**MDI Strategic Solutions Sp. z o.o.**

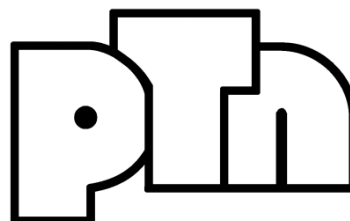
ul. Karowa 31a
00-324 Warszawa
tel. 022-312-38-00
www.mdi.com.pl



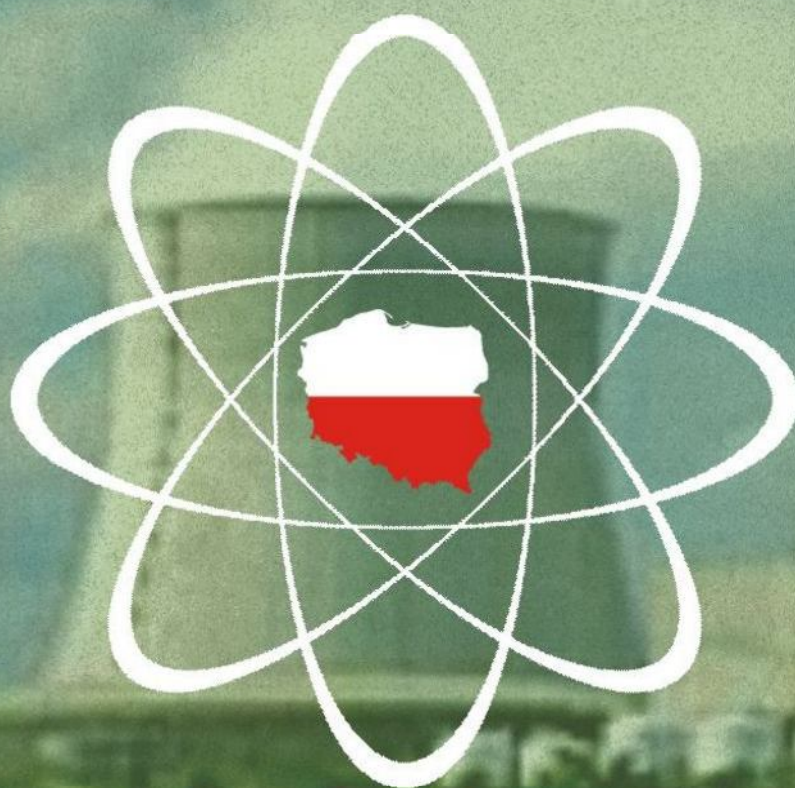
MDI wspomaga zarządzanie strategicznymi decyzjami w firmach. Przygotowuje i wdraża rozwiązania wymagające znajomości dynamicznie zachodzących procesów w gospodarce, polityce i mediach. Zarządza przepływem informacji pomiędzy klientami i innymi firmami działającymi na rynku, kluczowymi podmiotami w realizacji projektu oraz mediami. Identyfikuje mechanizmy decyzyjne, procesy regulacyjne i trendy rynkowe, aby umożliwić firmom rozwój. Działa w obszarach wymagających znajomości kompleksowych zagadnień: energetyce, telekomunikacji, mediach, finansach, nowoczesnych technologiach. Agencja posiada wieloletnie doświadczenie w mediach, administracji publicznej, polskich i międzynarodowych korporacjach. Od początku swojej działalności MDI doradza firmom z branży energetycznej.

Polskie Towarzystwo Nukleoniczne (PTN)

ul. Dorodna 16,
03-195 Warszawa,
tel. 022-504-12-94,
<http://ptn.nuclear.pl>



Polskie Towarzystwo Nukleoniczne powstało w 1991 roku. Głównym przedmiotem zainteresowania PTN są zjawiska, procesy i techniki jądrowe stosowane w przemyśle, medycynie, rolnictwie, ochronie środowiska naturalnego i w nauce. Działalność PTN służy podtrzymaniu zdolności merytorycznej analizy stanu i doświadczeń dotyczących eksploatacji elektrowni jądrowych oraz zakładów cyklu paliwowego, a także śledzenie tendencji i planów rozwoju tych dziedzin w kontekście ich ekonomicznej konkurencyjności oraz spełniania wymogów ochrony zdrowia i środowiska. Sytuacja polskiej nukleoniki czyni współpracę międzynarodową istotnym elementem realizacji celów Towarzystwa. PTN podpisało memoranda o współpracy z American Nuclear Society i z Belgian Nuclear Society oraz jest sygnatariuszem Deklaracji Międzynarodowej Rady Towarzystw Nukleonicznych na temat roli nauki i techniki jądrowej we wspieraniu harmonijnego rozwoju świata. Deklaracja ta stanowi swoiste credo atomistyki, przedstawiając głęboko filozoficzne spojrzenie na rolę nauki i techniki jądrowej w procesie racjonalnego rozwoju cywilizacji, wobec ogromnej presji rozwijającego się świata w dziedzinie wykorzystania zasobów naturalnych. Polskie Towarzystwo Nukleoniczne nawiązało ścisłe kontakty ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich, Komitetem Problemów Energetyki PAN oraz Polską Grupą Energetyczną.



Polskie Towarzystwo
Nukleoniczne

