

ENERGETYKA JĄDROWA

NA PÓŁWYSPIE KOREAŃSKIM

KRZYSZTOF RZYMKOWSKI

W wyniku niezwykle skomplikowanej sytuacji politycznej po II wojnie światowej na Półwyspie Koreańskim powstały dwa niezależne państwa Republika Korei (Korea Południowa) i Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna (Korea Północna). Obecna nazwa państw koreańskich nawiązuje do nazwy państwa przyjętej na początku XX przez Państwo Chosŏn (Dzonson) i pochodzi od nazwy dynastii panującej od X do XIV w. Podział kraju na dwa państwa spowodował powstanie ogromnej różnicy w ich rozwoju gospodarczym, co jest szczególnie widoczne w rozwoju energetyki jądrowej i kierunków badań jądrowych. Przedstawienie perspektyw koreańskiej energetyki jądrowej wymaga odrębnego opisu dla obu państw.

Republika Korei – Korea Południowa

Dynamicznie rozwijająca się gospodarka Korei Południowej powoduje stały wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, a ograniczone zasoby kopalnych źródeł energii i możliwości wykorzystania źródeł odnawialnych zdecydowały o rozwoju energetyki jądrowej. Plany koreańskiego Ministerstwa Nauki Techniki (MOST – *Ministry of Science and Technology*) przewidują, że energetyka jądrowa będzie w 2035 roku pokrywać 60% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną (obecnie wynosi to około 40%).

Zgodnie z założeniami tego planu, koreański przemysł jądrowy będzie znajdował się w tym czasie w światowej czołówce państw dysponujących energią jądrową (najdalej na piątym miejscu).

Trzy lata po zakończeniu wojny między obu państwami Półwyspu Koreańskiego, w 1957 roku Republika Korei została członkiem Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Rok później, uchwalono i wprowadzono w życie Prawo Energii Atomowej,

a rząd powołał Biuro Energii Atomowej. Pierwszy doświadczalny reaktor uruchomiono w 1962 roku. Od roku 1957 wyłącznym państwowym dystrybutorem energii elektrycznej było Koreańskie Towarzystwo Energii Elektrycznej (KEPCO – *Korean Electric Power Company*) przekształcone w 1989 roku w spółkę akcyjną, z której wydzielili się mniejsze przedsiębiorstwa. Największym z nich jest Koreańskie Towarzystwo Energetyki Wodnej i Jądrowej (KHNP – *Korea Hydro & Nuclear Power Company Ltd.*). KEPCO pozostało nadal monopolistycznym dystrybutorem energii.

Pierwszy reaktor energetyczny Kori-1 (prowincja Busan) został uruchomiony w 1977 roku i ostatecznie włączony do sieci rok później. Od tego czasu uruchomiono jeszcze 19 reaktorów. Pierwsze trzy reaktory Kori-1 i 2 oraz Wolsong-1 były inwestycjami „pod klucz” zamówionymi w całości za granicą. Następne reaktory energetyczne (Kori-2 i 4, Ulchin-1 i 2 oraz Yonggwang-1 i 2) były budowane przez firmy zagraniczne, jak Combustion Engineering, Westinghouse, Framatom i AECL przy zwiększającym się udziale przemysłu koreańskiego.

Podwyższenie poziomu technologicznego przemysłu koreańskiego pozwoliło, przy wykorzystaniu zebranych doświadczeń, na opracowanie projektu Standardowej Koreańskiej Elektrowni Jądrowej (KNSP – *Korean Standardized Nuclear Plant*). Według tego projektu powstały reaktory w Ulchin-3, 4, 5, 6 (prowincja Gyeongbuk) oparte na projekcie firmy Combustion Engineering oraz reaktory Yonggwang-5 i 6 (prowincja Jeonnam). Ostatnio zaprojektowanym typem reaktora według zmodernizowanego projektu jest KNSP+, tzw. Zoptymalizowany Reaktor Energetyczny OPR-1000 (OPR – *Optimized Power Reactor*). Dwa pierwsze bloki

tego typu nr 1 i 2 znajdują się w budowie w elektrowni Shin Kori oraz w elektrowni Shin Wolsong, bloki nr 1 i 2. Zaawansowane reaktory APR-1400 (*Advanced Power Reactor*) zawierają wiele cech konstrukcyjnych reaktorów PWR i będą budowane w elektrowni Shin Kori jako bloki nr 3 i 4 (tabela 2) oraz w elektrowni Shin Ulchin jako bloki nr 1 i 2, wszystkie z przewidywanym uruchamianiem po 2011 roku (tabela 3). Za wyjątkiem elektrowni Wolsung wyposażonej w reaktory typu CANDU (prowincja Gyeongbuk), wszystkie są reaktorami wodno-ciśnieniowymi (tabela 1).

Tabela 1. Koreańskie reaktory energetyczne

Reaktor	Typ	Moc zainstalowana MWe	Eksploatacja
Kori - 1	PWR	570	Kwiecień 1978
Kori - 2	PWR	630	Lipiec 1983
Kori - 3	PWR	950	Wrzesień 1985
Kori - 4	PWR	950	Kwiecień 1986
Wolsong - 1	PHWR	635	Kwiecień 1983
Wolsong - 2	PHWR	680	Lipiec 1997
Wolsong - 3	PHWR	680	Lipiec 1998
Wolsong - 4	PHWR	680	Październik 1999
Yonggwang - 1	PWR	945	Sierpień 1986
Yonggwang - 2	PWR	945	Czerwiec 1987
Yonggwang - 3	PWR	989	Grudzień 1995
Yonggwang - 4	PWR	989	Marzec 1996
Yonggwang - 5	PWR	1000	Maj 2002
Yonggwang - 6	PWR	1000	Grudzień 2002
Ulchin - 1	PWR	950	Wrzesień 1988
Ulchin - 2	PWR	950	Wrzesień 1989
Ulchin - 3	PWR	995	Sierpień 1998
Ulchin - 4	PWR	995	Grudzień 1999
Ulchin - 5	PWR	1000	Lipiec 2004
Ulchin - 6	PWR	1000	Sierpień 2005
Razem 20 reaktorów		17 533	Właściciel KEPCO

Tabela 2. Koreańskie reaktory energetyczne w budowie

Reaktor	Typ	Przewidywana moc zainstalowana MWe	Początek budowy	Oddanie do eksploatacji
Shin Kori - 1	OPR 1000	1000	Czerwiec 2006	Grudzień 2010
Shin Kori - 2	OPR 1000	1000	Czerwiec 2007	Grudzień 2011
Shin Kori - 3	APR 1400	1350	Listopad 2008	Wrzesień 2013
Shin Kori - 4	APR 1400	1350	Październik 2009	Wrzesień 2014
Shin Wolsong - 1	OPR 1000	1000	Listopad 2007	Marzec 2012
Shin Wolsong - 2	OPR 1000	1000	Październik 2008	Styczeń 2013
Razem 6 reaktorów		6 700		

Tabela 3. Planowane koreańskie reaktory energetyczne zamówione lub zgłoszone do przetargu

Reaktor	Typ	Przewidywana moc zainstalowana MWe	Początek budowy	Oddanie do eksploatacji
Shin Ulchin - 1	APR 1400	1350	Marzec 2011	Grudzień 2015
Shin Ulchin - 2	APR 1400	1350	Marzec 2012	Grudzień 2016
Razem 2 reaktory		2 700		

Obecnie przemysł jądrowy Republiki Korei jest już na tyle rozwinięty, że nowo powstające reaktory są budowane z elementów produkowanych w kraju. Firmy koreańskie oferując nowoczesne projekty reaktorów uwzględniają nawet bardziej wyszukane wymagania dotyczące np. trzęsień ziemi. Przykładem atrakcyjności projektów i ofert firmy KEPCO może być podpisanie wstępnej umowy z firmami indonezyjskimi na dostarczenie reaktora energetycznego, którym najprawdopodobniej będzie OPR-1000.

Paliwo do pracujących elektrowni jądrowych, zarówno dla reaktorów PWR jak i CANDU, jest od roku 1990 produkowane przez Koreańskie Towarzystwo Paliwa Jądrowego (KNFC – *Korean Nuclear Fuel Company*) na podstawie dokumentacji opracowanej przez Koreański Instytut Badań Atomowych (KAERI – *Korean Atomic Research Institute*). Uran potrzebny do produkcji paliwa jest sprowadzany z Kanady, Australii oraz z innych dostępnych źródeł. Niektóre koncerny koreańskie są bezpośrednio zaangażowane w wydobywanie uranu w Kanadzie. Korea nie posiada własnych zakładów wzbogacania, a uran jest wzbogacany za granicą. Ostatnio podpisano długoterminowy kontrakt z firmami francuskimi.

Energetyka jądrowa jest przez społeczeństwo akceptowana. Pewne protesty były podnoszone w pobliżu elektrowni Kori i wynikały z lokalizacji składowiska odpadów niskoaktywnych.

Dotychczas nie zanotowano w elektrowniach poważniejszych awarii.

W Republice Korei pod patronatem KAERI prowadzone są liczne badania nad nowymi konstrukcjami małych reaktorów. Do ciekawszych rozwiązań należy opracowanie zintegrowanego modularnego zaawansowanego reaktora SMART (*System-integrated Modular Advanced Reactor*). Jest to reaktor typu PWR z zintegrowanymi generatorami pary i zaawansowanym systemem bezpieczeństwa. Reaktor jest przewidziany do wytwarzania mocy (do około 100 MWe) dla celów przemysłowych, jak np. odsalanie wody mor-



Rys. 1. Elektrownie jądrowe Korei Południowej

skiej. Jego czas pracy przewidziano na 60 lat przy 3-letnim cyklu paliwowym. Innym opracowaniem (z 1992 roku) jest zaawansowany koreański reaktor chłodzony ciekłym metalem KALIMER (*Korea Advanced Liquid Metal Reactor*), prędkie reaktor chłodzony sodem. Prowadzone są liczne prace nad reaktorami wysokotemperaturowymi, przeznaczonymi głównie do produkcji wodoru. Koreańskie naukowe ośrodki jądrowe prowadzą również ożywioną współpracę międzynarodową.

Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna (KRLD) – Korea Północna

Całkowicie odmienna sytuacja gospodarcza i polityczna panuje w Korei Północnej od 1946 roku, tzn. od czasu całkowitego zamknięcia granic, a w szczególności granicy pomiędzy dwoma państwami koreańskimi. Stan całkowitej izolacji kraju nie był historycznie dla ludności Korei niczym niezwykłym. Izolacja taka trwała przez ponad 500 lat w czasie panowania Dynastii Li, a Korea była nazywana „królestwem pustelniczym” lub „krajem zapomnianym”. Stworzenie wrażenia stałego zagrożenia zewnętrznego sprzyja skupieniu całego wysiłku społecznego na zbrojeniach i samowystarczalności. I taki kierunek rozwoju państwa został przyjęty przez rządzących.

Wytwarzana obecnie energia elektryczna uzyskiwana jest w 71% z hydroelektrowni i w 29% z elektrowni wykorzystujących jako źródła energii materiały kopalne. Nie pokrywa to w pełni rzeczywistego zapotrzebowania.

Program badań i budowy przemysłu jądrowego Korei Północnej rozpoczęto w 1954 roku od wydelegowania grupy naukowców i inżynierów do instytutów w ZSRR (w tym samym czasie podobna grupa z Korei Południowej wyjechała do Stanów Zjednoczonych).

W 1962 roku powstało w Yongbyon (Nyongbyon) Jądrowe Centrum Badawcze, w którym rok później uruchomiono otrzymany z ZSRR niewielki reaktor badawczy. W latach 70-tych budowano kopalnię uranu i zakłady oczyszczania uranu w Pyung San prowincji Hwang Hae na północy kraju, a następnie w Bak Chon. Ocenia się, że Korea Północna posiada zmagazynowane znaczne zapasy uranu.

W latach 80-tych podpisano z ZSRR umowę o współpracy technicznej i ekonomicznej oraz rozpoczęto negocjacje w sprawie o dostarczenie reaktorów energetycznych o mocy 2000 MWe. Jednocześnie prowadzono w Yongbyon prace nad budową laboratorium radiochemicznego, które ukończono w 1992 roku. Głównym celem prowadzonych w laboratorium prac jest przetwarzanie paliwa jądrowego.

W 1974 r. Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna została członkiem Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), a w grudniu 1985 roku podpisała *Traktat o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej* (NPT), stając się jej członkiem. W tym samym roku uruchomiono w Yongbyon pierwszy Doświadczalny Reaktor Energetyczny z moderatorem grafitowym chłodzony gazem (dwutlenkiem węgla) o mocy 5 MWe. Reaktor ten mógł produkować od 4-6 kg plutonu rocznie dla celów wojskowych. Jednocześnie prowadzono prace nad konstrukcją dwóch większych reaktorów o tym samym przeznaczeniu, jeden o mocy 50 MWe w Yongbyon i drugi o mocy 200 MWe w Taechon.

Od chwili podpisania *Traktatu o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej* KRLD przesłała do MAEA, po około 5 latach przed datą ostatecznego wejścia w życie Traktatu, raport o stanie materiałów jądrowych znajdujących się w posiadaniu państwa. Po przeprowadzeniu przez inspektorów MAEA kilku specjalnych (ad hoc) inspekcji (już w maju 1992 roku) stwierdzono istnienie pewnej nie zadeklarowanej w raporcie ilości plutonu. W 1993 roku władze koreańskie odrzuciły żądanie MAEA przeprowadzenia specjalnych inspekcji w Laboratorium Radiochemicznym i magazynach odpadów promieniotwórczych w Yongbyon grożąc wystąpieniem z Traktatu.

W 1994 roku władze koreańskie zadeklarowały zatrzymanie reaktora i wyładowanie rdzenia pod kontrolą MAEA, nie godząc się jednak na badanie

próbek paliwa w wymaganej przez MAEA ilości, uniemożliwiając przez to sprawdzenie historii pracy rdzenia reaktora.

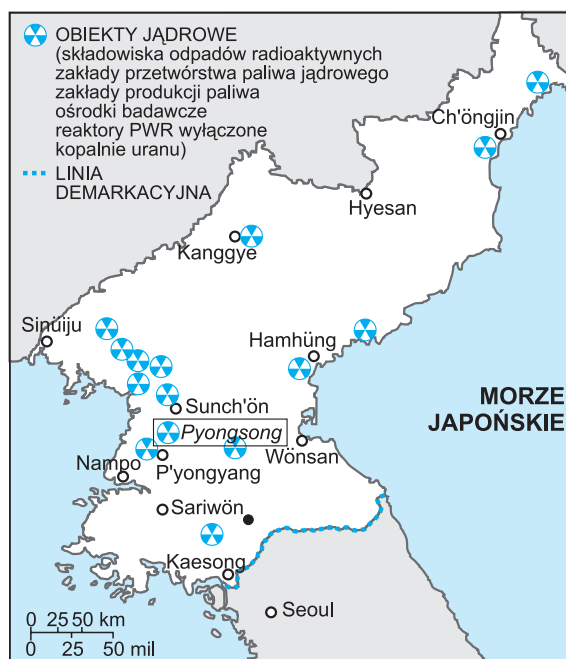
W 1994 r., po długich negocjacjach Korei Północnej z udziałem grupy pięciu państw (Korei Południowej, Stanów Zjednoczonych, Chin, Rosji i Japonii) uzgodniono ramowy program budowy dwóch reaktorów energetycznych, każdy o mocy 1000 MWe, do końca 2003 roku w zamian za zamrożenie militarnego programu jądrowego. Stany Zjednoczone będące organizatorem przedsięwzięcia zadeklarowały, że do czasu powstania elektrowni będą dostarczać znaczne ilości ton oleju opałowego rocznie. Ostatecznie umowę o budowie pomiędzy Organizacją Rozwoju Energetyki Korei (KEDO – *Korean Energy Development Organization*) a południowo-koreańskim KEPCO, przy udziale organizacji międzynarodowych podpisano w 1999 roku. Zaoferowano również dostarczanie z sieci energetycznej Korei Południowej 2000 MWe rocznie. Prace nad realizacją kontraktu zawieszono w 2003 r., a następnie wielokrotnie przesuwano termin ich ponownego rozpoczęcia.

W 2002 roku, w wyniku podejrzeń, że mimo zawartych umów nie zaprzestano prac nad bronią jądrową, Stany Zjednoczone zaprzestały dostarczania oleju opałowego. W grudniu 2002 r. władze północno-koreańskie usunęły inspektorów MAEA wyrażając wolę wystąpienia z *Traktatu o Niezrozszerzaniu Broni Jądrowej*, co nastąpiło w styczniu 2003 r. Przypuszcza się, że w październiku 2006 r. dokonano podziemnej próby jądrowego urządzenia wybuchowego.

W lutym 2007 roku władze północno-koreańskie ponownie zgodziły się na powrót inspektorów MAEA do Yongbyon, powtórnie wyłączono reaktor i zamknięto zakład przetwarzania paliwa. W 2008 r. ponownie usunięto inspektorów MAEA i zapowiedziano powrót do poprzedniego programu.

Obecnie uważa się, że Korea Północna jest w posiadaniu wystarczającej ilości plutonu i wzbogaconego uranu do wytworzenia kilku jądrowych urządzeń wybuchowych. Ta sytuacja może stanowić bezpośrednie zagrożenie nie tylko w tym regionie świata, ale również szersze zagrożenie wynikające z potencjalnych możliwości sprzedaży technologii lub materiałów jądrowych.

Należy podkreślić, że wszystkie państwa tego regionu (Japonia, Korea Południowa, Tajwan) posiadające rozwiniętą energetykę jądrową przestrzegają warunków *Traktatu o Niezrozszerzaniu Broni Jądrowej*.



Rys. 2. Obiekty jądrowe Korei Północnej

Drastycznego niedoboru energii elektrycznej doświadczyłem wielokrotnie w trakcie moich kilku pobytów w Yongbyon, a szczególnie w czasie ostatniego pobytu w grudniu 2002 r., tuż przed usunięciem inspektorów MAEA. Oprócz częstych i długotrwałych przerw (szczególnie w ciągu dnia) w dostawie prądu, napięcie w sieci prawie nigdy nie spełniało wymagań uznanych za krajową normę. Uniemożliwiało to normalną pracę przyrządów, obowiązkową łączność z MAEA w Wiedniu, opracowanie i rejestrację wyników pomiarów, a nawet przygotowywanie posiłków.

dr inż. Krzysztof Rzymkowski
Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii
Nuklearnej, Warszawa

Literatura

1. Dziak Waldemar J., Kim Ir Sen Wiedza Powszechna 2001, Warszawa
2. Nuclear Power In North Korea and South, www.world-nuclear.org
3. Yo-Taik Song, R. Alvarez, The North Korean Program Technical and Policy Issues Phy, May 2008, Washington Nuclear Power in Korea World Nuclear Association, www.world-nuclear.org/info/inf81.html - 46k, May 2008