

ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE W 2018 R.

Nuclear Power in the World in 2018

Andrzej Mikulski

Streszczenie: Artykuł przedstawia przegląd dokonań w energetyce jądrowej na świecie w 2018 r., natomiast sytuacja w Polsce po dziesięciu latach od przystąpienia do programu jądrowego przedstawiona będzie w osobnym artykule. Liczba reaktorów na świecie wzrosła o 2 bloki, przy czym włączono 9 nowych bloków i wyłączono 7 starych bloków, ale ogólna moc elektrowni jądrowych wzrosła o 4 870 MWe i wynosiła około 396,6 GWe. Prowadzone są prace przy budowie elektrowni jądrowych w 14 krajach, a nowe inwestycje planowane są 6 krajach. W dalszym ciągu z 39 reaktorów w Japonii, które mogą być uruchomione ponownie pracuje tylko 9 bloków, w tym 4 bloki uruchomione w 2018 r., a reszta oczekuje zezwolenia na uruchomienie.

Abstract: The paper presents the changes in nuclear power in the world in year 2018, but the situation in Poland after 10 years of starting nuclear program is described separately. Number of power reactor increased by 2 new connection to the grid and 7 permanently shutdown, but total installed power increased by 4 870 MWe and was equal to about 396,6 GWe. Construction works are in progress in 14 countries and 6 countries are planning to start construction. Still the most 39 of power reactors in Japan, which can be reconnected to the grid are waiting for permission to restart.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa na świecie, elektrownie jądrowe (EJ)

Keywords: nuclear power in the world, nuclear power plants (NPP)

Informacje o energetyce jądrowej na świecie w 2018 r. były już publikowane w PTJ zaraz na początku roku¹ i uzupełnione po dwóch kwartałach², nie mniej jednak warto przedstawić bilans całego roku. Zwyczajowo publikujemy w takim materiale informacje o zdarzeniach krajowych, ale w tym roku temat ten poruszamy w osobnym artykule z okazji dziesięciolecia drugiego podejście do energetyki krajowej w Polsce*.

Przedstawione informacje stanowią autorski wybór doniesień opartych głównie na wiarygodnych portalach internetowych prowadzonych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w Wiedniu, Światowe Stowarzyszenie Nuklearne (World Nuclear News - WNN) i Światową Niezależną Agencję Wiadomości Jądrowych - NUCNET (The Independent Global Nuclear News Agency).

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu opublikowała następującą statystykę energetyki jądrowej za 2018 rok przytoczoną w Tabeli 1. Widać z niej, że liczba reaktorów na świecie w 2018 r. zwiększyła się o 2 bloki, przy czym włączono 9 nowych bloków i wyłączono 7 starych bloków, a ogólna moc elektrowni jądrowych wzrosła o 4 870 MWe, gdyż nowo uruchamiane bloki posiadają większą moc elektryczną. Ogólna moc wszystkich elektrowni na koniec 2018 r. wynosiła około 396,6 GWe w 450 blokach. W Japonii uruchomiono ponownie 4 bloki, ale w dalszym ciągu większość z 39 reaktorów w Japonii, które mogą być uruchomione poddawana jest modernizacji i oczekuje na wydanie odpowiedniego zezwolenia.

* Zapowiadany materiał ukaże się w następnym numerze PTJ.

¹ Energetyka jądrowa na świecie i w Polsce w 2017 r., PTJ nr 1/2018, s. 14-20

² Pierwsza połowa 2018 r. w światowej i polskiej energetyce jądrowej, PTJ nr 3/2018, s. 8-17

Tabela 1 Statystyka reaktorów jądrowych w 2018 r. na podstawie danych MAEA/PRIS

Podłączenia do sieci energetycznej		Typ	Moc bloku	Data
ROSTOV-4	Rosja	PWR	1 011 MWe	2 luty
LENINGRAD-2-1	Rosja	PWR	1 085 MWe	9 marzec
YANGJIANG-5	Chiny	PWR	1 000 MWe	23 maj
TAISHAN-1	Chiny	PWR	1 660 MWe	29 czerwiec
SANMEN-1	Chiny	PWR	1 157 MWe	30 czerwiec
HAIYANG-1	Chiny	PWR	1 170 MWe	17 sierpień
SANMEN-2	Chiny	PWR	1 157 MWe	24 sierpień
HAIYANG-2	Chiny	PWR	1 170 MWe	13 październik
TIANWAN-4	Chiny	PWR	990 MWe	27 październik
razem 9 bloków o mocy 10 400 MWe				
Wyłączenia z eksploatacji				
OHI-1	Japonia	PWR	1 120 MWe	1 marzec
OHI-2	Japonia	PWR	1 120 MWe	1 marzec
IKATA-2	Japonia	PWR	538 MWe	23 maj
OYSTER CREEK	USA	BWR	619 MWe	17 wrzesień
CHINSHAN-1	Tajwan	BWR	604 MWe	3 październik
CHINSHAN-2	Tajwan	BWR	604 MWe	3 październik
LENINGRAD-1	Rosja	RBMK	925 MWe	22 grudzień
razem 7 bloków o mocy 5 530 MWe				
Rozpoczęcie budowy				
AKKUYU-1	Turcja	PWR	1 114 MWe	3 kwiecień
KURSK 2-1	Rosja	PWR	1 115 MWe	29 kwiecień
ROOPPUR-2	Bangladesz	PWR	1 080 MWe	14 lipiec
SHIN-KORI-6	Korea Płd.	PWR	1 340 MWe	20 wrzesień
HINKLEY POINT C-1	Wlk. Brytania	PWR	1 630 MWe	11 grudzień
razem 5 bloków o mocy 6 279 MWe				
Powtórne uruchomienie				
OHI-3	Japonia	PWR	1 127 MWe	14 marzec
GENKAI-2	Japonia	PWR	1 127 MWe	23 marzec
OHI-4	Japonia	PWR	1 127 MWe	11 maj
GENKAI-4	Japonia	PWR	1 127 MWe	16 czerwiec
razem 4 bloki o mocy 4 508 MWe				

Na podstawie dostępnych informacji publikowanych od początku ubiegłego roku sytuacja w poszczególnych krajach kształtuje się następująco, zaczynając od krajów, które uruchomiły reaktory w 2018 r.

(1) Chiny mogą się pochwalić uruchomieniem w 2018 r. siedmiu reaktorów. Pięć z nich stanowią nowe reaktory typu PWR należące do generacji III+ i zaprojektowane we Francji i Stanach Zjednoczonych. Pierwszy to francuski reaktor typu EPR uruchomiony 29 czerwca i przekazany do eksploatacji 13 grudnia w EJ Taishan. Dalsze cztery to bloki amerykańskie typu AP1000 (ostatni co prawda przekazany do eksploatacji 9 stycznia br.), tj. po dwa bloki w EJ Sanmen i EJ Haiyang. Budowa bloku nr 1 w EJ Sanmen trwała od kwietnia 2009 r. kiedy wylano pierwszy beton do rozpoczęcia eksploatacji 21 września 2019 r. czyli 10 lat i 5 miesięcy, ale był to pierwszy blok tego typu na świecie. Poza tym w Chinach uruchomiono pierwszy reaktor własnej konstrukcji nowego typu ACPR1000 w EJ Yangjiang jako blok nr 5. Listę uruchomionych reaktorów zamyka rosyjski reaktor typu WWER-1000 (wersja V-428M) w EJ Tianwan jako blok nr 4 w tej lokalizacji. W tym roku trwały też prace nad uruchomieniem dwóch bliźniaczych reaktorów wysokotemperaturowych typu HTR-PM pracujących na jedną turbinę o mocy 210 MWe. Obejmowały one między innymi: zamontowanie pokrywy zbiornika i próbę ciśnieniową pierwszej wytwornicy pary z wykorzystaniem powietrza. Niestety planowane uruchomienie zostało przesunięte na bieżący [2019] rok. Innym projektem jest budowa nisko-temperaturowego reaktora ciepłowniczego określonego skrótem NHR200-II, ale niepodane są na razie żadne terminy.

(2) Rosja uruchomiła u siebie dwa reaktory typu WWER-1000 w elektrowniach Rostów (blok nr 4) i Leningrad-II (blok nr 1) oraz zakończyła rok nowym rekordem w wytwarzaniu energii w elektrowniach jądrowych na poziomie ponad 204 TWh, co stanowi wzrost o ponad 0,5% w porównaniu z poprzednim 2017 rokiem. Odnosić też należy zamknięcie pierwszego reaktora typu RBMK pracującego w EJ Leningradzka od 1976 r. Ciekawa jest sytuacja, że Rosatom dostarczający elektrownie jądrowe do Egiptu (EJ Daaba) i na Węgry (EJ Paks) rozpiął kontrakt na część niejądrową, który wygrała firma GE Power. Dostarczy ona podstawowy projekt i wykona turbinę wraz z generatorem oraz będzie uczestniczyć w jej instalacji na miejscu i odbiorach technicznych. Federacja Rosyjska prowadzi szeroką akcję podpisywania porozumień o współpracy w dziedzinie energii jądrowej i można tu wymienić takie kraje jak Arabia Saudyjska, Chile, Chiny, Finlandia, Hiszpania, Kuba, Iran, Kazachstan, Serbia, Węgry, Włochy i Zambia, z którymi

podpisano porozumienia w czasie wystawy Atomexpo w Soczi w maju tego roku oraz umowami podpisanymi w innym terminie z takimi krajami jak Argentyna, Runda, Kongo i Serbia.

(3) Japonia uruchomiła następne 4 bloki (wszystkie typu PWR) i obecnie pracuje tam łącznie 9 bloków, a następne przygotowywane są do ponownej eksploatacji*. Zdecydowano o likwidacji dalszych 3 bloków, chodzi reaktory uruchomione w latach 1977-1981. Firma TEPCO prowadzi prace oczyszczające, na terenie zniszczonych reaktorów w EJ Fukushima Daini, które przeznaczone są do likwidacji. Najwięcej problemów przysparza obecnie przechowywanie i oczyszczenie wody wypompowanej z budynków reaktora.

Przechodząc do krajów europejskich budujących elektrownie to należy wymienić następujące kraje:

(4) Białoruś realizuje budowę EJ Ostrowiec wyposażonej w reaktory typu WWER-1200, instalując najważniejsze elementy wyposażenia (np. wytwornice pary w bloku nr 2) i przygotowuje się do uruchomienia bloku nr 1 w 2019 r. Ze zdziwieniem należy odnotować fakt pojawienia się informacji w marcu bieżącego [2019] roku, że premier Litwy Saulius Skvernelis zaoferował „gotowość zapewnienia Białorusi niezbędnej pomocy przy budowie elektrowni gazowej dającej niezależność od Rosji, jeśli ta zrezygnuje z atomu w Ostrowcu”. Wiadomo, że pierwszy blok ma być uruchomiony w tym roku, a taką propozycję należało składać, gdy podpisywany był kontrakt na budowę tej elektrowni wiele lat temu.³

(5) Słowacja kontynuuje prace przy ukończeniu budowy dwóch bloków typu WWER-440 w EJ Mochovec. W bloku nr 3 ukończono badania hydrauliczne na „zimno”, czyli przy ciśnieniu 17,7 MPa (111% ciśnienia podczas eksploatacji) i temperaturze 120°C. Trzeba powiedzieć, że to są bloki poważnie zmodernizowane, a moc ich przy uruchomieniu wzrośnie do 471 MWe, i może być przyszłości jeszcze zwiększona do 535 MWe. Obecnie uruchomienie bloku nr 3 przewidywane jest w 2019, a bloku nr 4 w 2020 r. (a w sierpniu podawano jeszcze terminy o rok wcześniej).

(6) Finlandia również prowadzi zaawansowane prace przy budowie reaktora typu EPR w EJ Olkiluoto nr 3 w Finlandii. Obecnie załadunek paliwa planowany jest w czerwcu 2019 r., a w październiku 2019 r. blok ma zostać przyłączony do sieci elektroenergetycznej, by w styczniu przyszłego [2020] roku rozpocząć regularną produkcję energii elektrycznej.

³ „Litwa proponuje Białorusi LNG zamiast atomu z Rosji” <https://biznesalert.pl/litwa-bialorus-atom-gaz-fsru-lng/>, 4 marzec 2019 [dostęp 28-03-2019]

(7) Francja w połowie roku ogłosiła, że ładowanie paliwa do bloku nr 3 typu EPR o mocy 1650 MWe w EJ Flamanville zostało przesunięte o rok, do czwartego kwartału 2019 r. względem poprzedniego planu, a koszt inwestycji wzrósł z 10,5 do 10,9 mld EUR. Wiąże to się z wykryciem wad w spawach obiegu wtórnego i koniecznością ich naprawy. Należy przypomnieć, że weryfikacja procesu produkcji zbiornika reaktora i dennicy wypadła pomyślnie, ale pokrywa reaktora uzyskała zgodę dozoru jądrowego na eksploatację tylko do 2024 r., a potem powinna być wymieniona. Udzielone zgody obwarowane są warunkiem monitoringu starzenia się i określonych kontroli w czasie eksploatacji. W całym 2018 r. odnotowano we Francji wzrost produkcji w elektrowniach jądrowych o 3,7% w stosunku do 2018 r., osiągając 393,2 TWh.

(8) Wielka Brytania (a w zasadzie francuska firma EDF) po wielu latach od rozpoczęcia przygotowań do budowy EJ Hinkley Point C przystąpiła do wylewania pierwszego betonu (listopad) i podtrzymuje termin jej uruchomienia w 2015 r. Próba zakwestionowania przez Austrię pomocy publicznej udzielanej przy budowie tej elektrowni została odrzucona przez Trybunał Generalny Unii Europejskiej. Ciekawa jest informacja, że części wyposażenia zbiornika reaktora (kosz paliwowy, reflektor i elementy górnego wyposażenia zbiornika) ma dostarczyć czeska firma Skoda. Jednocześnie firma EDF ogłosiła, że koszt budowy następnego bloku EJ Sizewell C będzie o 20% niższy niż tej pierwszej elektrowni. Ważą się losy budowy EJ Moor-side, gdyż firma Toshiba ogłosiła wycofanie się z projektu. Natomiast brytyjski urząd dozoru jądrowego (Office for Nuclear Regulation – ONR) zakończył drugi etap przeglądu projektu chińskiego reaktora typu UK HPR1000 i przejście do trzeciego z czterech etapów wydawania pozwolenia na budowę. Perspektywną lokalizacją ma być EJ Bradwell.

Jednym krajem w naszej części Europy planującym budowę elektrowni jądrowej to:

(9) Węgry, które przygotowują się do rozpoczęcia budowy EJ Paks II wyposażonej w dwa bloki typu WWER. Jednym z etapów jest kontraktacja wykonawców najważniejszych elementów wyposażenia. Jednym z nich są turbiny, które wykona firma General Electric (jest to dosyć dziwne, że Rosjanie dostarczają tylko dwa reaktory).

A krajem nieplanującym budowy dużych bloków, a raczej zainteresowanym małymi modularnymi reaktorami to:

(10) Ukraina, która realizuje plan uniezależnienia się od dostaw rosyjskiego paliwa do swoich elektrow-

ni i podpisała kontrakt z firmą Westinghouse na dostawę paliwa w latach 2020-2025. Ukraiński urząd dozoru wydał zezwolenie na przedłużenie eksploatacji bloku nr 3 w EJ Równy o 20 lat, czyli do 11 grudnia 2037 r. Od bieżącego roku blok nr 3 w EJ Południowa Ukraina pracuje w 100% na paliwie dostarczonym przez firmę Westinghouse i jest pierwszym reaktorem WWER-1000 pracującym w tym kraju na paliwie nie dostarczonym przez Rosję.

Na świecie reaktory energetyczne aktualnie budowane są w takich krajach jak:

(11) Stany Zjednoczone Ameryki, które zanotowały w 2018 r. rekord w produkcji energii elektrycznej wynoszący 807,1 TWh. Stało to się po 8 latach od poprzedniego rekordu w 2010 r. mimo wyłączenia siedmiu elektrowni od 2013 r. o łącznej mocy 5,3 GWe, uruchomieniu tylko jednej elektrowni Watts Bar 2 o mocy 1,2 GWe, ale również podniesieniu mocy w pracujących elektrowniach o 2 GWe, co jest równoważne z uruchomieniem dwóch reaktorów takich jak Watts Bar. Na początku 2018 r. było eksploatowanych 98 reaktorów w 60 elektrowniach, a rekord produkcji osiągnięto dzięki skróceniu czasu wymiany paliwa i podniesieniu sprawności termicznej. Budowa bloków AP1000 napotyka na zasadnicze trudności związane z przekroczeniem kosztów inwestycji i budowa w EJ Summer dwóch bloków została przerwana już w poprzednim roku (sierpień 2017) i kontynuowana jest tylko budowa dwóch bloków w EJ Vogtle. W bloku nr 3 zainstalowano pierwszą z czterech głównych pomp obiegu pierwotnego. Bloki w tej elektrowni mają być uruchomione odpowiednio w listopadzie 2021 i w listopadzie 2022 r., a w tej chwili trwa intensywne szkolenie personelu, które powinno zakończyć się przed pierwszym załadowaniem paliwa. Szkolona grupa liczy 56 osób, a docelowo dla dwóch bloków powinna liczyć 75 osób.

(12) Indie mogą się pochwalić pobiciem rekordu nieprzerwanej pracy reaktora jądrowego w EJ Kaiga, w której blok nr 1 został wyłączony 31 grudnia. Jest to blok typu PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) - inna nazwa ciśnieniowego reaktora ciężkowodnego typu CANDU, który został uruchomiony 13 maja 2016 r. i wyłączony po przepracowaniu 962 dni. Rekordy takie są możliwe tylko w reaktorach z ciągłą wymianą paliwa, jakimi są reaktory CANDU w Kanadzie i AGR w Wielkiej Brytanii.

(13) Zjednoczone Emiraty Arabskie informują o kontynuowaniu prac przy EJ Bakarrah składającej się z 4 bloków, w bloku nr 3 zakończone testy obiegu pierwotnego „na zimno”.

Zakończenie budowy bloku nr 1 odbyło się bardzo uroczystie, w ceremonii uczestniczył prezydent Korei Południowej Moon Jae-in i książę Mohamed bin Zayed Al Nahyan. Niestety uruchomienie bloku nr 1 mimo uzyskania zgody dozoru jądrowego zostało przesunięte na 2019 r., z powodu braku dostatecznego przygotowania personelu operacyjnego.

(14) Turcja rozpoczęła budowę pierwszego bloku w EJ Akkuyu dostarczanej przez Rosję poprzez rozpoczęcie wylewania pierwszego betonu pod fundament reaktora z udziałem obu prezydentów Władimira Putina i Tayyipa Erdogana poprzez połączenie za pomocą video z Ankarą, gdzie obaj w tym czasie przebywali.

(15) Bangladesz realizują budowę bloku nr 1 w EJ Rooppur dostarczanego przez Rosję i osiągnięty został etap zakończenia betonowania płyty fundamentowej i rozpoczęto instalowanie tzw. chwytacza rdzenia, a przy bloku nr 2 rozpoczęto wylewanie płyty fundamentowej.

(16) Korea Południowa realizuje obecnie budowę dwóch bloków w EJ, ale nie przewidywane jest w przyszłości wydłużanie czasu eksploatacji 24 pracujących bloków i ich liczba, według planów na dzisiaj, ma zmniejszyć się do 14 bloków w 2018 r.

(17) Argentyna realizuje ciekawy projekt zintegrowanego reaktora ciśnieniowego CAREM typu iPWR o mocy 25 MWe i w tym roku dostarczono rury do producenta 12 wytwornic pary umieszczonych wewnątrz zbiornika reaktora. Przepływ wody realizowany jest w wytwornicach na zasadzie grawitacyjnej bez korzystania z pomp obiegu pierwotnego. Reaktor ten ma być uruchomiony w 2021 r.

Wśród innych krajów na świecie rozważających budowę elektrowni jądrowych należy wymienić:

(18) Uzbekistan, który zaskoczył wielu obserwatorów, ogłoszoną w grudniu decyzją o budowie pierwszego od 30 lat reaktora energetycznego w Azji Centralnej.

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu czynnie włącza się w pomoc dla krajów rozpoczynających erę energii jądrowej. W 2018 r. przeglądy bezpieczeństwa i specjalne misje przeprowadzono na Białorusi (EJ Ostrowiec), w Bangladeszu (EJ Rooppur) i Armenii (EJ Metsamor) oraz w Arabii Saudyjskiej, gdzie planowane jest ogłoszenie przetargu na budowę pierwszej elektrowni.

W doniesieniach WNN⁴ znalazła się też informacja, że **Polska** planuje uruchomić pierwszą elektrownię jądrową w 2033 r. jak podano w roboczej (draft) wersji polityki energetycznej. Docelowo planowane jest osiągnięcie zainstalowanej mocy na poziomie 6-9 GWe w 2043 r. i uzyskanie 10% produkowanej energii elektrycznej z elektrowni jądrowych.

Przedstawiony materiał przeglądowy oparty jest na powszechnie dostępnych, wiarygodnych materiałach z portali internetowych jak WNN i NUCNET i mimo wielkiej staranności w zbieraniu materiału nie rości sobie pretensji że jest kompletny w stu procentach.

Podsumowując przedstawione informacje, możemy stwierdzić, że prowadzone są prace przy budowie energetycznych reaktorów jądrowych w 14 krajach (Argentyna, Bangladesz, Białoruś, Chiny, Finlandia, Francja, Indie, Korea Południowa, Turcja, Rosja, Słowacja, Wielka Brytania, USA, Zjednoczone Emiraty Arabskie), a nowe inwestycje w najbliższych latach planowane są 6 krajach (Chiny, Rosja, Indie, Węgry, Polska i Uzbekistan).

*dr inż. Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,
Warszawa*

* Dodatkowa informacja uzupełniająca

Portal WNN podaje informację o uruchomieniu 5 reaktorów a faktycznie po raz pierwszy uruchomiono 4 reaktory. Różnica wynika z faktu, że reaktor nr 3 w EJ Ikata po trzęsieniu ziemi i awarii w EJ Fukushima w 2011 r. został ponownie uruchomiony w kwietniu 2016 r. i pracował do przeładunku paliwa w październiku 2017 r. z przewidywanym ponownym uruchomieniem w styczniu 2018 r. Na skutek skargi czterech mieszkańców z nakazu sądu dalsza eksploatacja została wstrzymana i dopiero po rozpatrzeniu przedstawionych ekspertyz przez operatora i wszystkich odwołań od nakazu wstrzymania eksploatacji na korzyść jej wznowienia, blok został uruchomiony ponownie w listopadzie 2018 r., ale w statystyce MAEA/PRIS przyjęto za właściwy rok pierwszego uruchomienia po katastrofie, czyli 2016 rok.

⁴ Nuclear included in Poland's draft energy policy, 26 November 2018 <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nuclear-included-in-Poland-s-draft-energy-policy>[dostęp 28-03-2019]