

ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE I W POLSCE W 2021 ROKU

Nuclear Power in the World and in Poland in 2021

Andrzej Mikulski

Streszczenie: Artykuł przedstawia przegląd dokonań w energetyce jądrowej na świecie w 2021 r. z krótkim rozdziałem o Polsce, gdyż szczegóły z pierwszego półrocza przedstawione zostały na portalu internetowym cire.pl, a z trzeciego i czwartego kwartału w poprzednich numerach PTJ. W 2021 r. moc w zainstalowanej w blokach jądrowych nieznacznie zmalała z powodu wyłączenia trzech dużych bloków w Niemczech. Liczba budowanych bloków i rozpoczynanych inwestycji na świecie pozostała na tym samym poziomie. W Polsce podpisano porozumienie rządowe o przygotowaniu oferty na budowę wielkoskalowej elektrowni jądrowej przez firmę Westinghouse ze Stanów Zjednoczonych, ale firmy EDF z Francji i KHNP z Korei Południowej również zapowiadają złożenie ofert w tym zakresie. Zainteresowanie małymi reaktorami modułowymi (SMR) zostało znacznie poszerzone, gdyż oprócz firmy Synthos Green Energy zainteresowanie nimi wyraziło pięć innych firm jak: Orlen, ZE PAK, Ciech, KGHM i Unimot. Równolegle realizowany jest projekt Gospostrateg-HTR dotyczący przygotowań do budowy badawczego reaktora HTGR w Polsce. W 2022 r. wkraczamy z wstępnie wskazaną lokalizacją Lubiatowo-Kopalino, obietnicą opublikowania raportu środowiskowego, trzech ofert na budowę elektrowni jądrowej oraz obietnicą podjęcia ostatecznej decyzji do końca tego roku.

Abstract: The article presents an overview of the achievements in the nuclear energy sector in the world in 2021 with a short chapter on Poland, as details from the first half of the year were presented on the cire.pl website, and from the third and fourth quarters in previous issues of PTJ. In 2021, the installed capacity in nuclear units has slightly decreased due to the shutdown of three large units in Germany. The number of blocks built and investments commenced in the world remained at the same level. A government agreement was signed in Poland to prepare an offer for the construction of a large-scale nuclear power plant by the US company Westinghouse, but the companies EDF from France and KHNP from South Korea also announce that they will submit offers in this regard. The interest in small modular reactors (SMR) has been significantly expanded, because in addition to Synthos Green Energy, interest in them was expressed by five other companies, such as: Orlen, ZE PAK, Ciech, KGHM and Unimot. At the same time, the Gospostrateg-HTR project is being carried out concerning preparations for the construction of the HTGR research reactor in Poland. We are entering 2022 with the pre-selected Lubiatowo-Kopalino location and the promise of publishing an environmental report, three offers for the construction of a nuclear power plant and a promise to make a final decision by the end of this year.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, elektrownie jądrowe (EJ), SMR, HTGR

Keywords: nuclear power, nuclear power plants (NPP), SMR, HTGR

Wstęp

Rok 2021 w energetyce jądrowej można scharakteryzować jako podobny do poprzedniego pod względem wpływu pandemii COVID-19 w zakresie zanotowania umiarkowanych opóźnień w realizacji inwestycji, liczby bloków oddawanych do eksploatacji pozostała na tym samym poziomie, więcej było bloków wyłączanych z eksploatacji i więcej rozpoczynanych inwestycji. W Europie, a konkretnie w Finlandii długo oczekiwanym wydarzeniem było pierwsze uruchomienie reaktora EPR, a w Polsce poszerzenie zainteresowania małymi reaktorami modułowymi (SMR) oferowanymi przez GEH Nuclear i NuScale Power, które dodatkowo wyraziło łącznie pięć firm z perspektywą uruchomienia tych reaktorów przed 2030 r.

Przedstawiony materiał pochodzi z informacji dostępnych na portalach internetowych krajowych (biznesalert.pl, cire.pl, wnp.pl, wysokienapiecie.pl i energetyka24.com) i zagranicznych (world-nuclear-news.org, neimagazine.com i powermag.com) oraz portalach Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Państwowej Agencji Ato-

mistyki (PAA), Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) i Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ).

Sytuacja energetyki jądrowej na świecie

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) w Wiedniu opublikowała informacje statystyczne o energetyce jądrowej na świecie na koniec 2021 r., podając, że pracowało łącznie 438 reaktorów o mocy 390,1 MWe. Szczegółowe informacje o zmianach w 2021 r. przytoczono w Tabeli 1.

Z tabeli wynika, że liczba reaktorów na świecie w 2021 r. zmniejszyła się o 3 bloki, a łączna zainstalowana moc zmalała o 2493 MWe, a w tym najistotniejsze było wyłączenie z eksploatacji w Niemczech 3 dużych bloków typu PWR (1288-1410 MWe) w ramach planu odchodzenia od energetyki jądrowej przed pierwotnie przewidywanym okresem ich pracy przez 40 lat. Pozostałe wyłączone bloki były o znacznie mniejszej mocy, a trzy brytyjskie bloki chłodzone gazem typu AGR o mniejszej mocy (490-545 MWe) eksploatowane były przez 45-46 lat. Natomiast rozpoczynane budowy dotyczą bloków

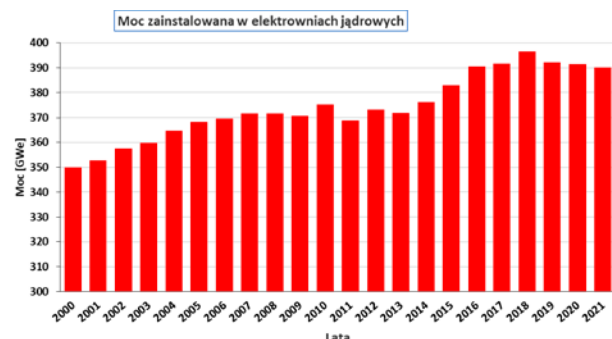
Tabela 1. Statystyka reaktorów jądrowych w 2021 r. na podstawie danych IAEA/PRIS
Table 1. Nuclear reactor statistics for 2021 based on IAEA/PRIS data

Nazwa bloku	Typ	Moc [MWe]	Kraj	Data
Nowe przyłączenia do sieci (6 bloków)		5250		
KAKRAPAR-3	PHWR	630	Indie	10 styczeń
KANUPP-2	PWR	1014	Pakistan	18 marzec
TIANWAN-6	PWR	1000	Chiny	11 maj
HONGYANHE-5	PWR	1061	Chiny	25 czerwiec
BARAKAH-2	PWR	1345	ZEA	14 wrzesień
SHIDAO BAY-1	HTGR	200	Chiny	20 grudzień
Reaktory wyłączone (9 bloków)		7743		
INDIAN POINT-3	PWR	1030	USA	28 kwiecień
DUNGENESS B-1	GCR	545	W. Brytania	7 czerwiec
DUNGENESS B-2	GCR	545	W. Brytania	7 czerwiec
KANUPP-1	PHWR	90	Pakistan	1 sierpień
HUNTERSTON B-1	GCR	490	W. Brytania	26 listopad
KUOSHENG-1	BWR	985	Taiwan	28 grudzień
BROKDORF	PWR	1410	Niemcy	31 grudzień
GROHNDE	PWR	1360	Niemcy	31 grudzień
GUNDREMMINGEN-C	BWR	1288	Niemcy	31 grudzień
Rozpoczęcie budowy (7 bloków)		6902		
AKKUYU-3	PWR	1114	Turcja	10 marzec
CHANGJIANG-3	PWR	1000	Chiny	31 marzec
TIANWAN-7	PWR	1171	Chiny	19 maj
BREST-OD-300	FBR	300	Rosja	8 czerwiec
XUDABU-3	PWR	1200	Chiny	28 lipiec
CHANGJIANG-4	PWR	1000	Chiny	28 grudzień
SANAOCUN-2	PWR	1117	Chiny	30 grudzień

typu PWR o dużej mocy (1000-1200 MWe) z wyjątkiem jednego doświadczalnego bloku na prędkich neutronach w Rosji o mocy 300 MWe.

Wykres zmian mocy zainstalowanej w elektrowniach jądrowych na przestrzeni ostatnich 21 lat pokazany jest na rys. 1. Widać na nim systematyczną tendencję wzrostową od 2000 r. do czasu awarii w EJ Fukushima w 2011 r. i późniejsze załamanie się jej oraz dalszy wzrost do roku 2018, po którym obserwujemy spadek zainstalowanej mocy w elektrowniach jądrowych.

Statystyka 52 budowanych reaktorów w różnych krajach pokazana jest w Tabeli 2 na podstawie materiałów



Rys. 1. Zmiana zainstalowanej mocy w elektrowniach jądrowych na świecie w latach 2000-2021

Fig. 1. Installed capacity of nuclear power plants in the world in years 2000-2021

MAEA/PRIS. Widzimy, że bez przykładowy prym wiodą Chiny z 14-toma budowanymi blokami. Dalej idą Indie, Korea Płd. i Rosja, dla której ta statystyka jest myląca, gdyż nie wyróżnia się bloków budowanych za granicą przez Rosatom, a w tej grupie są bloki budowane na Białorusi, w Bangladeszu, Chinach, Indiach i na Słowacji. Poza tym statystyka ta jest nieaktualna w dwóch przypadkach. W pierwszym MAEA podaje, że blok EPR w Finlandii jest stale budowany, gdyż nie został po raz pierwszy przyłączony do sieci energetycznej, ale jego rozruch fizyczny przeprowadzono w grudniu 2021 r., więc budowa została formalnie zakończona. W drugim przypadku dowiadujemy się, że dwa rosyjskie bloki WWER-1000 budowane są stale na Ukrainie w EJ Chmielnicki podczas gdy inne dokumenty mówią, że budowa dawno została przerwana i znane są plany budowy w tym miejscu amerykańskiego reaktora AP1000.

Jednym z koronnych argumentów przeciwników energetyki jądrowej jest czas budowy poszczególnych bloków. Przeciwnicy energetyki jądrowej wskazują na występujące tu horrendalne opóźnienia przytaczając przykłady budowy reaktorów EPR. Dotyczy to bloku nr 3 w elektrowni jądrowej Olkiluoto w Finlandii, który szczęśliwie został po raz pierwszy uruchomiony osiągając stan krytyczny w grudniu 2021 r., a oddanie do eksploatacji planowane jest w maju br. Drugim przykładem jest blok

Tabela 2. Zestawienie budowanych reaktorów na koniec 2021 r.
Table 2. List of reactors under construction at the end of 2021

Kraj	Liczba bloków	Całkowita moc [MWe]
Chiny	14	14792
Indie	6	4194
Korea Płd., Rosja	8 (po 4 bloki)	9119
Turcja	3	3342
Bangladesz, Japonia, Słowacja, Stany Zjednoczone, Ukraina, Wielka Brytania, Zjednoczone Emiraty Arabskie	14 (po 2 bloki)	15947
Argentyna, Białoruś, Brazylia, Finlandia, Francja, Iran, Pakistan	7 (po 1 bloku)	7693
Suma	52	55087

nr 3 w elektrowni jądrowej Flamanville we Francji zmagający się z usterkami wykonawczymi, które wymagają naprawy, ale według aktualnych informacji ma być uruchomiony dopiero w przyszłym roku. W tych dwóch przypadkach rozpoczynano budowę, gdy projekty techniczne nie były w pełni przygotowane i zatwierdzone przez urzędy dozoru jądrowego w Finlandii i we Francji. Sytuacja z uruchomionymi blokami EPR w Chinach jest zupełnie inna. Budowa ich rozpoczęta została w 2009 i 2010 r. (przypominam, że w Finlandii i we Francji budowy rozpoczęte zostały w 2005 i 2007 r.), zatem wiele niedociągnięć technicznych zostało wcześniej usuniętych. Poza tym, tu i ówdzie wyrażane są obawy o przestrzeganie rygorystycznych wymagań bezpieczeństwa przy ich budowie i co mogło spowodować, że zostały one wcześniej uruchomione w Chinach niż w Europie.

Jak wygląda sprawa czasu budowy najłatwiej prześledzić dla bloków uruchomionych w ubiegłym roku. Odpowiednie informacje podane są w Tabeli 3. Wylizyczny średni czas budowy dla wszystkich bloków wynosił 7 lat i 2 miesiące (w tym dwóch prototypowych bloków typu ciężko-wodnego w Indiach i wysokotemperaturowego w Chinach), a dla kolejnych bloków (nie pierwszych określanych jako FOAK – First of a Kind) typu PWR o mocy ponad 1000 MWe i należących do generacji III+ czas ten wynosił 6 lat i 3 miesiące. Należy wyraźnie zaznaczyć, że jest to czas samej budowy od wylania tzw. pierwszego betonu do osiągnięcia po raz pierwszy stanu

krytycznego bez oczekiwania na uzyskanie stosownych zezwoleń na rozpoczęcie budowy i czasu dalszych prób podłączenia do sieci energetycznej, a w dalszej kolejności do rozpoczęcia regularnej pracy danego reaktora na pełnej mocy.

Sytuację w światowej energetyce jądrowej w najważniejszych krajach świata w ubiegłym roku można scharakteryzować następująco.

Argentyna – od wielu lat realizuje z licznymi trudnościami budowę małego reaktora CAREM typu iPWR o mocy 25 MWe i obecnie przewiduje się jego uruchomienie w 2024 r.

Bangladesz – realizuje budowę dwóch bloków typu WWER-1200 w EJ Rooppur z planem uruchomieniem pierwszego z nich w 2023 r.

Białoruś – pierwszy blok w EJ Ostrowiec został podłączony do sieci energetycznej, ale jego praca na pełnej mocy została przerwana przez trzy awaryjne wyłączenia w 2021 r. (16 stycznia, 12 lipca i 17 listopada), a w drugim bloku trwają przygotowania do uruchomienia w bieżącym roku.

Chiny – są krajem, gdzie buduje i planuje się najwięcej reaktorów w oparciu o własną konstrukcję reaktora HPR1000 (Hualong One) o mocy 1000 MWe, a konkretnie wymieniana jest imponująca liczba wybudowania 150 bloków w ciągu 15 lat. W połowie czerwca 2021 r. pojawiła się informacja o nieszczelności elementów paliwowych w reaktorze EPR, blok nr 1 w EJ Taishan i wzbudziła zaniepokojenie firmy EDF, dostawcy tego reaktora, a konkretnie opóźnianie jego wyłączenia. Stwierdzono, że było to zgodne z chińskimi przepisami, ale we Francji reaktor w tej sytuacji byłby natychmiast wyłączony. Chińczycy wyłączyli reaktor dopiero cztery tygodnie później i zapowiedzieli zbadanie tego zdarzenia, ale nigdzie wyniki takiego badania nie zostały opublikowane. W ubiegłym roku rozpoczęto budowę małego reaktora modułowego ACP100 (Linglong One) o mocy 125 MWe jako zintegrowanego reaktora ciśnieniowego (iPWR) z obiegiem wymuszonym, który ma służyć do produkcji energii elektrycznej i ciepła dla celów komunalnych. Poza tym, pod koniec roku uruchomiono dwa bliźniacze wysokotemperaturowe reaktory chłodzone helem HTR-PM pracujące na jednej turbinie o mocy 210 MWe i obecnie trwają przygotowania do ich pracy na pełnej mocy. Jest to powrót do technologii takich reaktorów rozwijanej w Niemczech i USA w od ok. 1980 r.

Tabela 3. Czas budowy bloków uruchomionych w 2021 r.
Table 3. Time of construction of units commissioned in 2021

Reaktor	Typ reaktora	Model	Moc brutto [MWe]	Rozpoczęcie budowy	Stan krytyczny	Czas budowy [lata/miesiące]
Barakah-2	PWR	APR-1400	1400	16 kwiecień 2013	27 sierpień 2021	8/4
Hongyanhe-5	PWR	ACPR-1000	1119	29 marzec 2015	13 czerwiec 2021	6/2
Kakrapar-3	PHWR	PHWR-700	700	22 listopad 2010	22 lipiec 2020	9/8
Kanupp-2	PWR	ACP-1000	1100	20 sierpień 2015	28 luty 2021	5/6
Shidao Bay-1	HTGR	HTR-PM	211	9 grudzień 2012	12 wrzesień 2021	8/8
Tianwan-6	PWR	CNP-1000	1118	7 wrzesień 2016	4 maj 2021	4/9

i później zaniechanej z powodu trudności technicznych i oby tym razem konstrukcja ta (ze złożem usypanym) okazała się udana i gotowa do powielania.

Finlandia – przeprowadziła w grudniu 2021 r. udany rozruch fizyczny reaktora EPR w EJ Olkiluoto i trwają przygotowania do podłączenia go do sieci energetycznej.

Francja – oczekuje na uruchomienie reaktora EPR w EJ Flamanville, które po kolejnych przesunięciach przewidywane jest w 2023 r. oraz trwają przygotowania do ogłoszenia planu budowy 6 reaktorów oznaczonych jako EPR2.

Japonia – nie został ponownie uruchomiony żaden reaktor wyłączony po katastrofie w Fukushima i pracowało w 2021 r. tylko 9 reaktorów, a 16 oczekuje na ponowne uruchomienie.

Niemcy – wyłączono trzy reaktory w elektrowniach Brokdorf, Grohnde i Grundremmingen z końcem 2021 r. zgodnie z planem odchodzenia od energetyki jądrowej. Zrealizowano to mimo protestów obrońców energetyki jądrowej, a wyłączenie ostatnich trzech reaktorów planowane jest w grudniu 2022 r.

Rosja – realizuje obecnie najwięcej inwestycji jądrowych zagranicą w takich krajach jak: Bangladesz, Białoruś, Chiny, Indie Iran i Turcja oraz ma największe plany nowych inwestycji w takich krajach jak: Algieria, Boliwia, Finlandia, Indonezja, Jordania, Kazachstan, Nigeria, Południowa Afryka, Tadżykistan i Uzbekistan.

Stany Zjednoczone (USA) – kontynuowana jest budowa dwóch bloków typu AP1000 w elektrowni jądrowej Vogtle, gdzie uruchomienie bloku nr 3 planowane jest w trzecim kwartale 2022 r.

Turcja – kontynuowana jest budowa 3 bloków WWER-1200 w EJ Akkuyu, a rozpoczęcie budowy czwartego bloku planowane jest z początkiem 2022 r., natomiast uruchomienie pierwszego bloku w 2023 r.

Na poziomie **Unii Europejskiej** wszystko wskazuje, że energetyka jądrowa (atom) mimo sprzeciwu kilku krajów zostanie zaakceptowana w taksonomii i będzie mogła być finansowana z funduszy unijnych.

Energetyka jądrowa w Polsce

Sytuacja energetyki jądrowej w Polsce w 2021 r. była już omawiana w trzech publikacjach: na portalu internetowym [cire.pl](https://www.cire.pl)¹ za pierwsze półrocze oraz w PTJ za trzeci i czwarty kwartał więc nie warto tu tych informacji powtarzać. Główne elementy wydarzeń już całego 2021 r. są następujące:

- trwa oczekiwanie na ofertę budowy reaktorów wielkoskalowych amerykańskiej firmy Westinghouse przygotowywana na podstawie umowy międzyrządowej oraz osobne oferty francuskiej firmy EDF i po-

łudniowo-koreańskiej firmy KHNP, a wszystkie mają być dostarczone do połowy bieżącego roku,

- zainteresowanie budową małych reaktorów modułowych (SMR) zgłosiły dodatkowo dwie spółki skarbu państwa (PKN Orlen i KGHM) oraz trzy firmy prywatne (Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin, Ciech i Unimot) dołączając do wcześniejszej aktywności na tym polu od 2019 r. firmy Synthos Green Energy,
- zapowiadana jest budowa dwóch różnych małych reaktorów SMR, a mianowicie reaktora BWRX-300 firmy General Electric Hitachi Nuclear o mocy 300 MWe i zespołu czterech reaktorów VOYGR firmy NuScale Power o mocy 77 MWe każdy,
- wskazana została wstępna lokalizacja pierwszej elektrowni jądrowej w gminie Choczewo, a konkretnie jako Lubiawo-Kopalino,
- zapowiedziano ogłoszenie raportu lokalizacyjnego Lubiawo-Kopalino w pierwszym kwartale 2022 r. po usunięciu w drodze zmiany odpowiedniej ustawy zastrzeżeń prawnych, że przystąpiono do jego przygotowania w 2016 r., gdy obowiązywały inne przepisy dotyczące ochrony środowiska,
- realizowana była druga faza projektu Gospostrateg-HTR pt. „Przygotowanie instrumentów prawnych, organizacyjnych i technicznych do wdrażania reaktorów HTR”, który ma się zakończyć marcu 2022 r.

Podsumowanie

Na poziomie światowym energetyka jądrowa zyskuje większe poparcie rządów i społeczeństwa i jest rozwijana w kilku krajach jako uzupełnienie reaktorów wycofywanych z eksploatacji, a dalsze kraje planują uruchomienie u siebie pierwszych elektrowni jądrowych. Jakie to będą reaktory trudno w tej chwili przewidzieć, gdyż dynamicznie rozwija się koncepcja małych reaktorów modułowych. Patrząc na sytuację w naszym kraju to perspektywa uruchomienia pierwszego dużego bloku w 2033 r. (a są głosy licznych ekspertów pozarządowych, że jest to termin nierealny) i małego reaktora modułowego już ok. 2029 r. każe zastanowić się jaką drogą warto iść – duży i mały atom czy tylko mały atom (tak to się popularnie mówi, ale moim zdaniem chodzi o bloki o mocy ok. 300 MWe).

W 2022 r. wkraczamy ze wstępnie wskazaną lokalizacją Lubiawo-Kopalino pierwszej elektrowni jądrowej, zapowiedzią opublikowania raportu środowiskowego, oczekiwaniem na przedstawienie trzech ofert na budowę elektrowni jądrowej oraz obietnicą podjęcia ostatecznej decyzji do końca tego roku.

dr inż. Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleonowe,
Warszawa

¹ Energetyka jądrowa w Polsce w pierwszej połowie 2021 roku – OPINIE ([cire.pl](https://www.cire.pl)). <https://www.cire.pl/artikuly/opinie/186976-energetyka-jadrowa-w-polsce-w-pierwszej-polowie-2021-roku>