

# ELEKTROWNIA JĄDROWA IM. ALVINA W. VOGTLE'A – NAJWIĘKSZA W USA

## *Alvin W. Vogtle Electric Generating Plant – the largest in the USA*

Jacek Nowicki

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono historię rozwoju Elektrowni Jądrowej Vogtle, która wkrótce stanie się największym obiektem energetyki jądrowej w USA. Dwa najnowsze bloki: 3 i 4 zbudowane są na bazie projektu Westinghouse AP1000 – w technologii modułowej z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa pasywnego, charakterystycznego dla generacji III+ jądrowych bloków energetycznych.

**Abstract:** The article presents the history of the development of the Vogtle Nuclear Power Plant, which will soon become the largest nuclear energy facility in the USA. The two newest units: 3 and 4 are built on the basis of the Westinghouse AP1000 design - in modular technology taking into account the principles of passive safety, characteristic for Generation III+ nuclear power units.

**Słowa kluczowe:** AP1000, Westinghouse Electric, Georgia Power, Southern Nuclear, Bechtel, bezpieczeństwo pasywne, generacja III+ reaktorów energetycznych, reaktory ciśnieniowe-wodne (PWR)

**Keywords:** AP1000, Westinghouse Electric, Georgia Power, Southern Nuclear, Bechtel, passive safety, generation III+ power reactors, pressurized water reactors (PWR)

Stany Zjednoczone są obecnie największym producentem energii elektrycznej z atomu, odpowiadającym za około 30% światowego wytwarzania w tym obszarze energetyki generacyjnej. Energetyczne bloki jądrowe w USA wyprodukowały w 2022 r. 772 terawatogodziny, co stanowi 18% całkowitej produkcji energii elektrycznej w miksie energetycznym kraju i około 55% energii wytwarzanej ze źródeł wolnych od emisji dwutlenku węgla. Prawie wszystkie moce wytwórcze amerykańskiej energetyki jądrowej pochodzą z bloków zbudowanych w latach 1967–1990. Od 1977 r. do 2013 r. nie rozpoczęto tam żadnej nowej budowy elektrowni jądrowej, najpierw z powodu obaw społecznych po wypadku w EJ Three Mile Island w 1979 r., a później na skutek niskich cen gazu ziemnego, sprzyjających rozwojowi elektrowni gazowych. Trzeci i czwarty blok EJ Vogtle w Georgii, wchodzące właśnie do eksploatacji zbudowane są w nowoczesnej technologii reaktorów generacji III+ typu Westinghouse AP1000 oferujących ujednoliconą, standardową konstrukcję dla amerykańskiego rynku przedsiębiorstw energetyki generacyjnej. AP1000 jest efektem ewolucyjnego rozwoju konstrukcji reaktorów II generacji Westinghouse'a i jest wyposażony w zaawansowane systemy bezpieczeństwa. Na przykład blok AP1000 w sytuacji awaryjnej może wyłączyć się pasywnie bez zewnętrznego zasilania lub interwencji człowieka (AP w nazwie oznacza ang. *Advanced Passive*). AP1000 budowany jest z modułów wyprodukowanych w warunkach przemysłowych poza placem budowy, a następnie zmontowanych na miejscu. Może to potencjalnie poprawić jakość i ułatwić konstrukcję

w porównaniu z reaktorami jądrowymi II generacji. Ponadto AP1000 zajmuje mniejszą powierzchnię, ma prostszą konstrukcję oraz wykorzystuje mniej rurociągów, zaworów i pomp niż starsze bloki energetyczne. Bloki Vogtle 3 i 4 są pierwszymi nowymi obiektami jądrowymi w amerykańskiej energetyce generacyjnej od ponad trzech dekad. Warto zatem przyjrzeć się bliżej tej inwestycji.

### Patron elektrowni i powstanie bloków 1 i 2

**Elektrownia jądrowa im. Alvina W. Vogtle'a** (ang. *Alvin W. Vogtle Electric Genering Plant*) nazwana została dla upamiętnienia amerykańskiego prawnika, menadżera i pilota myśliwskiego z czasów II wojny światowej urodzonego 21 października 1918 r. w Birmingham w Alabamie. W 1939 r. uzyskał on tytuł licencjata na Uniwersytecie Auburn, a następnie studiował prawo na Uniwersytecie Alabama i Uniwersytecie Wirginii. Po przystąpieniu USA do II wojny światowej Alvin Vogtle rozpoczął służbę w Siłach Powietrznych Armii Stanów Zjednoczonych. Wyszkolony jako pilot myśliwski wykonał 35 lotów bojowych. W ostatnim locie nad Afryką Północną został zestrzelony i trafił do niemieckiej niewoli. W okresie powojennym A. W. „Sammy” Vogtle zajmował wysokie stanowiska w energetyce południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych, w tym prezesa zarządu zakładów energetycznych Alabama Power oraz Southern Company. Zmarłego 10 kwietnia 1994 r. bohatera czasu wojny zasłużonego także w okresie pokoju firma Southern Company postanowi-

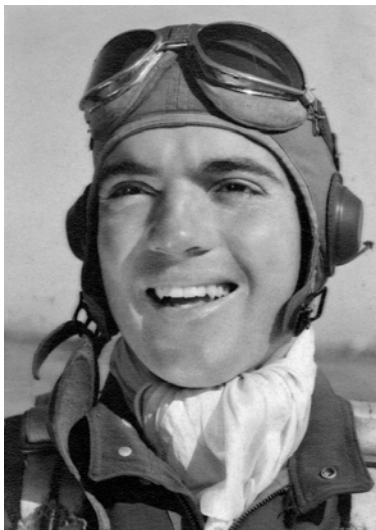
ła uhonorować nadając jego imię elektrowni jądrowej działającej już od kilku lat w pobliżu miejscowości Waynesboro w hrabstwie Burke w stanie Georgia, nad rzeką Savannah w pobliżu granicy oddzielającej stany Georgia i Karolina Południowa. Współwłaścicielami elektrowni są firmy: Georgia Power (45,7%), Oglethorpe Power Corporation – OPC (30%), Municipal Electric Authority of Georgia – MEAG Power, (22,7%) oraz Dalton Utilities (1,6%) zaś jej operatorem firma Southern Nuclear.

Budowa elektrowni rozpoczęła się w dniu 1 sierpnia 1976 r. Dwa pierwsze bloki EJ Vogtle powstały w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych z wykorzystaniem ciśnieniowo-wodnych (PWR) reaktorów firmy Westinghouse II generacji z 4-pętlowym układem obiegu pierwotnego. Bloki 1 i 2 zostały włączone do sieci odpowiednio: 27 marca 1987 r. i 10 kwietnia 1989 r. i rozpoczęły eksploatację komercyjną, również odpowiednio: 1 czerwca 1987 r. i 20 maja 1989 r. Łączny koszt budowy dwóch pierwszych bloków elektrowni Vogtle zamknął się kwotą 8,87 mld USD (około 16 mld. dolarów wg cen z 2018 r.). Turbozespoły dla obu jednostek dostarczyła firma General Electric. Główne systemy chłodzenia bloków 1 i 2 korzystają z dwóch chłodni kominowych, każda o wysokości 167 m. Układy chłodzenia skraplaczy pracują w obiegu zamkniętym, a wodę na uzupełnienie strat powstałych w wyniku odparowania dostarcza pobliska rzeka Savannah.

Moc elektryczna brutto obu jednostek wynosi 1229 MW każda, zaś moc netto (oddawana do sieci, po odliczeniu zużycia na potrzeby własne) odpowiednio: blok 1: 1150 MW oraz blok 2: 1152 MW. Rocznie oba bloki (dane z lat 2001-2022) dostarczały łącznie około 17 – 19 mln. MWh energii elektrycznej do sieci. W roku 2009 amerykańska Nuclear Regulatory Commission przedłużyła licencję na użytkowanie bloków 1 i 2 elektrowni Vogtle o dodatkowe 20 lat: do 16 stycznia 2047 r. dla bloku 1 oraz do 9 lutego 2049 r. dla bloku 2.

### Budowa bloków Vogtle 3 i 4

W drugiej połowie lat dwutysięcznych w Stanach Zjednoczonych przygotowywano się poważnie do budowy aż 31 dużych bloków jądrowych na bazie nowo-opracowanych konstrukcji z reaktorami generacji III/III+ takimi jak General Electric Hitachi ESBWR, Westinghouse AP1000, Mitsubishi US-APWR i Areva US-EPR. Wnioski o uzyskanie połączonej licencji na budowę i eksploatację (COL – ang. *Combined Operating License*)



**Fot. 1.** Alvin W. Vogtle (1918-1994) – z lewej jako pilot podczas służby w Siłach Powietrznych Armii Stanów Zjednoczonych podczas II wojny światowej; z prawej jako menadżer zarządzający firmami energetycznymi w Georgii i Alabamie w okresie powojennym (fot. domena publiczna)

**Photo 1.** Alvin W. Vogtle (1918-1994) - left, as a pilot while serving in the United States Army Air Forces during World War II; on the right as a manager of power utilities in Georgia and Alabama in the post-war period (photo public domain)

tych obiektów złożyło w U.S. NRC 13 amerykańskich przedsiębiorstw energetycznych.

W ramach tych ambitnych planów znaleźć się miała budowa kolejnych dwóch bloków EJ Vogtle oznaczonych odpowiednio numerami 3 i 4 na bazie technologii Westinghouse AP1000. W dniu 15 sierpnia 2006 r. spółka Southern Nuclear formalnie wystąpiła o wydanie zezwolenia na wykonanie wstępnych robót budowlanych ESP (ang. *Early Site Permit*). Formalny wniosek o przyznanie licencji COL inwestorzy złożyli 31 marca 2008 r. W dniu 9 kwietnia 2008 r. Georgia Power Company podpisała kontrakt na dostawę 2 bloków energetycznych przez Westinghouse Electric Company – firmę wchodzącą w tym czasie w skład korporacji Toshiba.

Bezpośrednim zarządzaniem projektem miała zająć się firma Shaw Group oraz jej oddział Stone & Webster. W ramach podziału zadań firmie Westinghouse Electric przypadło projektowanie i ogólne zarządzanie budową obiektu, zaś firmie Shaw produkcja modułów budowlanych i zarządzanie robotami budowlano-montażowymi. Projekt zyskał aprobatę Komisji Służby Publicznej stanu Georgia w dniu 17 marca 2009 r. Równolegle w Elektrowni Jądrowej Summer w Karolinie Południowej ruszyła budowa bloków 2 i 3 – również w technologii AP1000.

W dniu 26 sierpnia 2009 r. U.S. NRC wydała wstępne zezwolenie na budowę (ESP) dwóch nowych bloków, pozwalające na rozpoczęcie prac przygotowawczych do właściwej budowy. Oczekiwano wówczas, że blok 3 uruchomiony zostanie w roku 2016 zaś blok 4 w 2017. W grudniu 2011 r. amerykański dozór jądrowy wydał dla projektu bloku AP1000 certyfikat DCR (ang. *Design*

*Certification Rule*) – wersja 19. Zgodnie z nim obudowa bezpieczeństwa budynku reaktorowego została radykalnie wzmocniona w miejscach, w których ściany o konstrukcji przekładkowej (sandwicz dwóch płyt metalowych scalonych łącznikami i wypełnionych betonem) łączą się z konstrukcjami z żelbetu. Modyfikacje te wiązały się głównie z chęcią sprostania podwyższonym wymaganiom sejsmicznym i zachowania integralności na wypadek uderzenia w budynek dużego samolotu transportowego. Konieczność przeprojektowania budynku reaktora dla uzyskania zgodności z wersją 19 projektu spowodowała pierwsze poważniejsze opóźnienia budowy bloków Vogtle 3 i 4.

wystąpiła w USA o ochronę upadłościową z powodu strat poniesionych na budowach nowych bloków elektrowni Vogtle i Summer. Administracja prezydenta Donalda Trumpa przyznała wówczas 8,3 mld USD gwarancji pożyczkowych na finansowanie kontynuacji dwóch bloków budowy EJ Vogtle, przy jednoczesnym zamknięciu budowy bloków 2 i 3 w EJ Summer w lipcu 2017 r. Z ekonomicznego punktu widzenia w pomyslnym ukończeniu budowy nowych bloków EJ Vogtle kluczową rolę odegrało właśnie przyznanie federalnych gwarancji pożyczkowych, koordynowanych przez Departament Energii dla firm realizujących projekt, których łączna kwota sięgnęła 12 mld USD. Gwarancje te



**Fot. 2.** Nowe bloki Elektrowni Jądrowej Vogtle. Na pierwszym planie blok 4, w tle blok 3. Fotografia z października 2023 r. (fot. Georgia Power Company)

**Photo 2.** New units of the Vogtle Nuclear Power Plant. In the foreground, unit 4, in the background, unit 3. Photograph from October 2023 (photo Georgia Power Company)

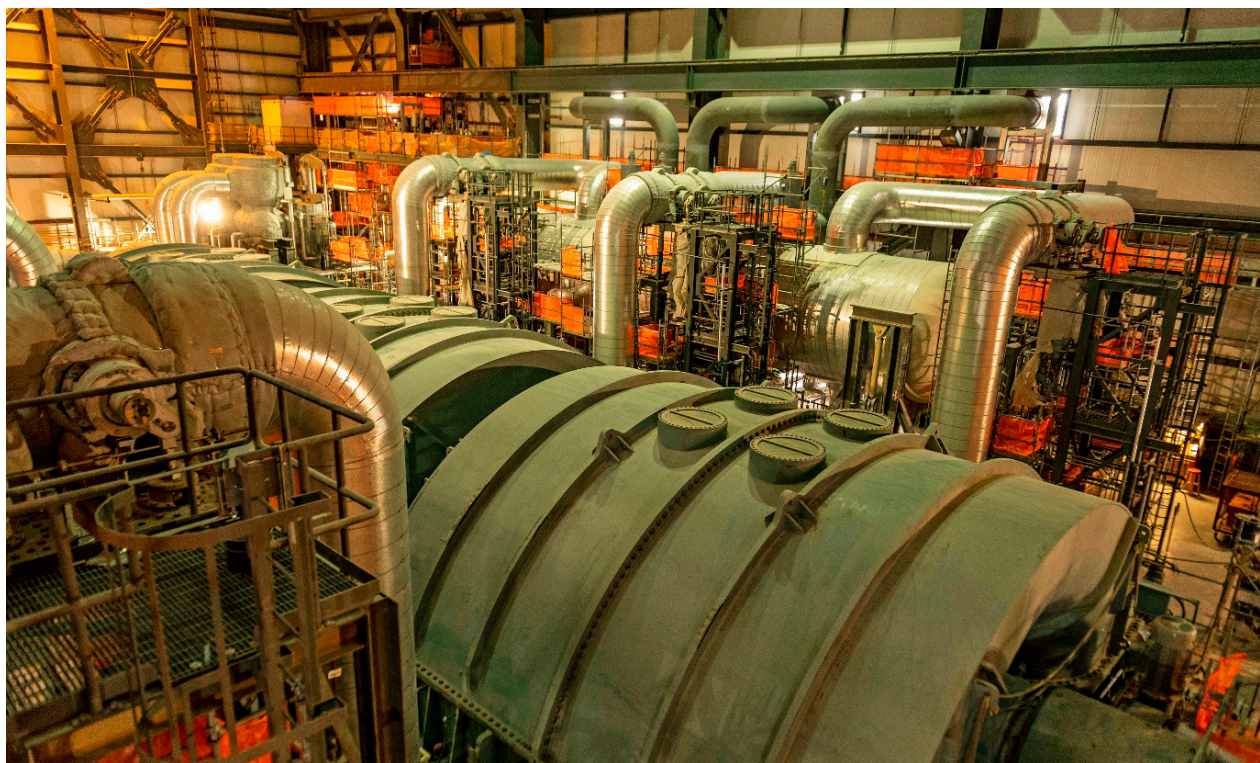
Realizacja projektu stała się możliwa dzięki udzieleniu inwestorom federalnych gwarancji pożyczkowych. W dniu 16 lutego 2010 r. prezydent Barack Obama podpisał gwarancje w wysokości 8,33 mld USD dla budowy nowych bloków. Oczekiwane koszty budowy wynosiły wówczas 14 mld USD. Inwestycja Georgia Power wyniosła około 6,1 mld USD, natomiast pozostała część podzielona została pomiędzy przedsiębiorstwa OPC, MEAG Power i Dalton Utilities. W lutym 2013 r. współwykonawca projektu, firma Shaw, została zakupiona przez Chicago Bridge & Iron Company (CB&I). Budowa bloków 3 i 4 rozpoczęła się odpowiednio 12 marca i 19 listopada 2013 r.

W 2016 r. firmy Southern Company i Westinghouse dodały do projektu firmę kontraktującą Bechtel, aby dzielić się obowiązkami w zakresie zarządzania budową. Na projekcie Vogtle cieniem położyły się problemy finansowe firmy Westinghouse, która w marcu 2017 r.

pozwoliły na zredukowanie kosztów bieżącego finansowania budowy.

W porównaniu do bloków w technologii AP1000 w EJ Sanmen i EJ Haiyang zbudowanych nieco wcześniej w Chinach, amerykańskie jednostki Vogtle 3 i 4 są wyposażone w doskonalsze systemy bezpieczeństwa. Na przykład znacznie solidniejsza jest konstrukcja obudów budynków reaktorowych. Zamknięte systemy chłodzenia skraplaczy obiegu wtórnego bloków 3 i 4 elektrowni wykorzystują dwie chłodnie kominowe o wysokości 180 m każda. Nowoczesne turbogeneratory z turbinami parowymi złożonymi z jednego stopnia wysokoprężnego i trzech stopni niskoprężnych dostarczyła firma Toshiba America Energy Systems.

Podobnie jak na innych współczesnych budowach elektrowni jądrowych w projekcie Vogtle 3 i 4 wystąpiły opóźnienia i problemy realizacyjne. Doświadczenia zebrane przy montażu bloku 3 oraz dwóch nieukończono-



**Fot. 3.** Turbozespół bloku Vogtle 3 w podczas końcowej fazy montażu i przygotowań do prób, luty 2021 r. (fot. Georgia Power Company)  
**Photo 3.** Vogtle 3 turbine unit during the final phase of assembly and preparation for tests, February 2021 (photo Georgia Power Company)

nych bloków elektrowni Summer pozwoliły na znacznie „gładszy” przebieg prac budowlano-montażowych bloku 4. W latach 2018-2019 w wyspie jądrowej bloku 3 zainstalowano wszystkie elementy obiegu pierwotnego, co pozwoliło w marcu 2019 r. zamontować górną kopułę wewnętrznej części obudowy bezpieczeństwa. Pod koniec 2019 r. ukończono wyposażanie głównej sterowni bloku 3, co pozwoliło na rozpoczęcie testów systemów sterowania. W lutym 2020 r. rozpoczął się finalny montaż górnej części budynku wyspy jądrowej bloku 3, w której zainstalowany jest system zbiornika PCCWST (ang. *Passive Containment Cooling Water Storage Tank*) pasywnego układu chłodzenia obudowy bezpieczeństwa.

Końcowe prace wyposażeniowe i wstępne testy bloku 3 trwały przez kilkanaście miesięcy w latach 2020-2021, na co nałożył się okres pandemii. 26 kwietnia 2021 r. ukończono próbę gorącą (ang. *hot functional test*) obiegu pierwotnego bloku 3. 14 października 2022 r. rozpoczęła się operacja załadunku 157 zespołów paliwa jądrowego do reaktora. Kolejno przystąpiono do fazy prób rozruchowych, sprawdzenia działania urządzeń w warunkach ciśnień i temperatur projektowych. Podczas prób uruchomieniowych w lutym 2023 r. w układzie chłodzenia wystąpiły nieoczekiwane wibracje, ale dość szybko poradzono sobie z tym problemem. 6 marca 2023 r. reaktor Vogtle 3 po raz pierwszy uzyskał stan krytyczny, a 1 kwietnia pracujący blok

zsynchronizowano z siecią wysokiego napięcia energetyki zawodowej. Od 31 lipca 2023 r. rozpoczęła się jego normalna eksploatacja komercyjna.

Równolegle postępowały prace nad bliźniaczym blokiem Vogtle 4, który ma być obiektem referencyjnym dla pierwszego bloku AP1000 planowanego do zbudowania w Polsce w lokalizacji Lubiatowo-Kopalino w gminie Choczewo na Pomorzu Gdańskim, a projektowanego obecnie przez konsorcjum Westinghouse-Bechtel. W dniu 1 maja 2023 r. ukończono próbę gorącą obiegu pierwotnego tego obiektu, zaś 18 sierpnia 2023 r. przystąpiono do załadunku paliwa jądrowego. Na początku października 2023 r. podczas prób uruchomieniowych stwierdzono usterkę techniczną w jednej z czterech głównych pomp chłodziwa obiegu pierwotnego, na skutek czego spodziewany termin uruchomienia bloku 4 przesunął się na pierwszy kwartał 2024 r.

W przyszłym roku, po uruchomieniu bloków 3 i 4 EJ Vogtle będzie największym obiektem energetyki jądrowej w Stanach Zjednoczonych dysponując mocą elektryczną netto wynoszącą 4536 MW (w sumie cztery bloki razem), odbierając palmę pierwszeństwa elektrowni Palo Verde w Arizonie (4200 MW) zbudowanej w latach osiemdziesiątych ub. stulecia na bazie bloków System 80 projektu nieistniejącej już dziś firmy Combustion Engineering. Spodziewany czas eksploatacji nowych bloków Vogtle 3 i 4 zgodnie z ocenami większości ekspertów wyniesie co najmniej 80 lat. Łączne koszty



**Fot. 4.** Pomieszczenie głównej sterowni bloku Vogtle 4 – październik 2023 r. (fot. Georgia Power Company)  
**Photo 4.** Main control room of Vogtle 4 unit – October 2023 (photo Georgia Power Company)

budowy nowych bloków ocenia się obecnie na 30 mld. USD. W szczytowym punkcie budowy nowych bloków na ich placu budowy pracowało około dziewięciu tysięcy ludzi. Inwestycja pozwoliła również na utworzenie około 800 stałych miejsc pracy koniecznych do normalnej eksploatacji elektrowni. Oczekuje się, że rocznie bloki Vogtle 3 i 4 wytwarzać będą 17 200 000 megawatogodzin czystej ekologicznie energii, zapobiegając jednocześnie emisji do atmosfery 10 mln ton dwutlenku węgla.

*dr inż. Jacek Nowicki,  
 Departament Bezpieczeństwa Jądrowego,  
 Państwowa Agencja Atomistki*

#### Literatura:

- [1] Celiński Z., Strupczewski A., *Podstawy energetyki jądrowej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1984 r.
- [2] Kubowski J., *Elektrownie jądrowe*, wyd. II, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2014 r.
- [3] Nowicki J., *Blok jądrowy z reaktorem energetycznym AP1000. Rozwiązania konstrukcyjne i perspektywy zastosowań*, „Energetyka”, nr 8/2020.
- [4] Nowicki J., *Energetyczny blok jądrowy Westinghouse AP1000 – geneza, konstrukcja, cechy bezpieczeństwa i zastosowania*, „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna”, nr 4(130)/2023.