



Perspektywy rozwoju rynku małych reaktorów modułowych

Bartosz Bieliszczuk, Zuzanna Nowak

Rozwój technologii małych reaktorów modułowych (SMR) sprawia, że możliwe staje się wykorzystanie energetyki jądrowej bez czoło- i kapitałochłonnych inwestycji w duże elektrownie. Rozwojem tego rynku interesują się więc eksporterzy technologii jądrowych, potencjalni importerzy i prywatni inwestorzy. Niższe koszty i szerokie możliwości zastosowania mogą sprawić, że SMR odegrają istotną rolę w wysiłkach na rzecz dekarbonizacji. Ich upowszechnienie będzie jednak zależać m.in. od pomyślnego komercyjnego wdrożenia pierwszych modeli, certyfikacji na rynkach europejskich oraz określenia polityki UE wobec energetyki jądrowej.

Technologia. SMR (*Small Modular Reactors*) to zaprojektowane w technologii modułowej małe reaktory jądrowe (o mocy do 300 MW, podczas gdy większość współczesnych dużych reaktorów ma moc ok. 1000 MW i więcej). Do kategorii SMR zaliczane są różne typy reaktorów: lekkowodne, prędkie, wysokotemperaturowe oraz na stopione sole. Na świecie istnieje (na różnych etapach rozwoju) ok. 50 koncepcji SMR. Reaktory modułowe mogą być używane do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej znajdującej zastosowanie przy produkcji wodoru, [odsalaniu wody morskiej](#) i innych procesach przemysłowych. Dzięki małym rozmiarom i charakterystyce bezpieczeństwa SMR mogą być budowane w lokalizacjach o słabo rozwiniętej sieci energetycznej, ograniczonej dostępności wody chłodzącej, a także w bliskości instalacji przemysłowych, np. zastępując konwencjonalne kotły gazowe lub węglowe. SMR mogą stanowić elastyczne i niezawodne wsparcie dla systemów energetycznych z coraz większym udziałem odnawialnych źródeł energii (OZE). Podobnie jak w przypadku dużych elektrowni jądrowych wyzwaniem dla wdrożenia SMR pozostaje jednak gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym oraz dopuszczenie ich na rynek przez regulatorów (certyfikacja rozwiązań technicznych poszczególnych typów SMR).

Rozwój technologii modułowej wynika z chęci pokonania barier, które w ostatnich latach hamowały inwestycje w dużą energetykę jądrową. Przełomowe znaczenie SMR wynika z faktu, że seryjna produkcja małych reaktorów

umożliwi znaczące obniżenie kosztów i czasu powstawania modułowych elektrowni jądrowych. Instalacja kolejnych, identycznych bloków w jednej lokalizacji pozwoli na łatwiejsze dostosowywanie podaży energii do lokalnego popytu oraz upraszczanie budowy.

Rynek SMR. Reaktory modułowe mogą stać się technologią eksportową potentatów branży jądrowej, a także atrakcyjnym rozwiązaniem dla krajów-importerów.

Rosyjski Rosatom, [jeden ze światowych liderów branży](#), planuje rozwijać SMR, wykorzystując doświadczenie w budowie małych reaktorów jądrowych dla [floty lodolamaczy](#). W 2027 r. w Jakucji ma zostać uruchomiona pilotażowa rosyjska elektrownia wykorzystująca SMR, która zasili m.in. lokalne kopalnie złota. Problemem wielu regionów Rosji jest brak dostępu do centralnej sieci elektroenergetycznej, czego rozwiązaniem mogą stanowić reaktory modułowe. SMR rozwijają też Chiny: [chińskie koncerny zdobyły duże doświadczenie dzięki dynamicznemu rozwojowi energetyki jądrowej w kraju i planują ekspansję zagraniczną](#). Obecnie pierwsze SMR powstają na wyspie Hajnan (w pobliżu istniejącej już elektrowni jądrowej), która według władz ma stać się wyspą „czystej energii”, m.in. jądrowej.

Amerykańska branża jądrowa od lat boryka się z problemami na rynku krajowym oraz konkurencją na rynkach zagranicznych. Szanse na rozwój upatruje nie tylko w budowie dużych reaktorów, ale także w pracach nad najnowszymi technologiami jądrowymi, w tym SMR.

Certyfikację amerykańskiego regulatora uzyskała już (w sierpniu 2020 r.) pierwsza konstrukcja reaktora SMR koncernu NuScale, a założona przez Billa Gatesa TerraPower jest wśród podmiotów, które otrzymały rządowe dofinansowanie na rozwój nowoczesnych technologii związanych z SMR. Według strategii przyjętej przez poprzednią administrację SMR mogą znaleźć zastosowanie m.in. w bazach wojskowych oddalonych od sieci elektroenergetycznej. Doświadczenie związane z ich upowszechnieniem w kraju może stanowić atut w promocji za granicą – [strategia postuluje zresztą współpracę z zagranicznymi regulatorami przy certyfikacji](#).

W Europie eksportem tej technologii zainteresowane są m.in. Francja i Wlk. Brytania. Francja wytwarza ponad 70% swej energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych i należy do światowych liderów w tej dziedzinie. Jej rząd wspiera inwestycje w branży, w tym w SMR, jako część polityki przemysłowej i klimatycznej, a krajowe koncerny pracują nad własnym projektem SMR – NUWARD. Wlk. Brytania przewiduje, że reaktory modułowe będą wykorzystane przy realizacji planu zielonej rewolucji przemysłowej. Zamierza przeznaczyć do 385 mln funtów na fundusz zaawansowanych technologii jądrowych, z czego do 215 mln na SMR. Prace rozwojowe prowadzi m.in. brytyjski Rolls-Royce (nad reaktorami o mocy aż 440 MW).

SMR cieszą się rosnącym zainteresowaniem nie tylko eksporterów technologii. Wykorzystanie tych reaktorów do redukcji emisji CO₂ w energetyce i ciepłownictwie rozważają np. Finlandia i Estonia. Inwestycje w SMR planują też prywatni inwestorzy, m.in. z Polski.

Perspektywy rozwoju SMR. Można się spodziewać, że znaczenie SMR będzie rosło szczególnie po 2030 r., gdy zostaną wdrożone pierwsze komercyjne reaktory i możliwe będzie usprawnienie ich produkcji (dotychczas nie powstała jeszcze żadna taka instalacja). Producenci i operatorzy SMR nadal intensywnie współpracują z krajowymi i międzynarodowymi organami nadzoru jądrowego nad standaryzacją norm bezpieczeństwa. Wyzwanie stanowi zwłaszcza różnorodność pierwszych projektów. Najbardziej zaawansowanymi państwami w zakresie certyfikacji SMR są USA (zatwierdzenie projektu NuScale) oraz Kanada, Rosja i Chiny. Projekty tych państw będą najpewniej wyznaczać standardy regulacyjne dla całego sektora SMR.

Rozwój SMR hamują jednak względy ekonomiczne: ryzyko wynikające z braku standardów i wczesnego etapu rozwoju projektów, możliwe opóźnienia w budowie i przekraczanie budżetu (znane z dużej energetyki jądrowej), [konkurencja kosztowa ze strony OZE](#) i magazynów energii. Sprawiają one, że inwestycje w SMR obciążone są niepewnością

i wymagają znacznego wsparcia państwowego. Można się spodziewać, że finansowanie prywatne będzie wzrastało przy większym zaufaniu do tej technologii – szczególnie dzięki rozwojowi w państwach OECD.

Istotną rolę będą odgrywać SMR w polityce przemysłowej oraz planach transformacji energetycznej konkretnych państw i UE. [Europejski Zielony Ład](#) – kładący nacisk na wykorzystywanie rozwiązań nisko- lub zeroemisyjnych m.in. w energetyce, ciepłownictwie, przemyśle – teoretycznie stwarza możliwość zwiększenia wsparcia takich innowacji jak SMR. Wciąż jednak w UE trwa debata o spełnianiu przez energetykę jądrową warunków do uznania jej za zrównoważone źródło energii, zgodne z europejską zieloną taksonomią. Wątpliwości Komisji Europejskiej (KE) budzi m.in. kwestia, czy gospodarka odpadami jądrowymi spełnia kryterium „braku znaczącej szkodliwości” dla ludzi i środowiska. W marcu br. naukowcy Wspólnego Centrum Badawczego (Joint Research Centre – dykcja generalna KE zapewniająca doradztwo oparte na dowodach naukowych) opublikowali raport postulujący uznanie energetyki jądrowej za zrównoważoną. Wnioski z dokumentu zostaną przeanalizowane przez kolejne ciała doradcze KE, a ostateczna decyzja będzie opublikowana w drugiej połowie br. Kraje członkowskie dzielą się na zdecydowanych przeciwników energetyki jądrowej (m.in. Niemcy, Austrię) oraz zwolenników wiążących przyszłość z tą technologią (m.in. Polskę, Francję, Węgry, Czechy, Słowację). Ze względu na znaczenie energetyki jądrowej w UE (odpowiada za ok. 25% produkcji energii elektrycznej) wątpliwe jest, by KE przychyliła się do opinii przeciwników. Dlatego albo określi technologię jądrową jako „neutralną” i pozostawi decyzję o jej wdrażaniu poszczególnym krajom UE, albo wyda ocenę pozytywną, co otworzy możliwość finansowania technologii jądrowych, w tym SMR, na równi z np. OZE.

Wnioski. Upowszechnienie SMR może oznaczać możliwość rozwoju całej branży jądrowej po latach stagnacji. Dla Polski, planującej inwestycje w tradycyjne elektrownie jądrowe, stworzy szansę pogłębienia współpracy eksperckiej i technicznej, w tym z sojusznikami, m.in. z Francją, USA i Wlk. Brytanią. W interesie Polski leży, by wraz z państwami, które podobnie postrzegają znaczenie energetyki jądrowej, zabiegać o włączenie tego źródła energii w plany dekarbonizacji UE (i uwzględnienie np. kryterium neutralności technologicznej). W tym kontekście istotne będą kolejne raporty dotyczące energetyki jądrowej zlecone przez KE, a także sygnały płynące z zaplanowanego na listopad szczytu klimatycznego w Glasgow (COP26).