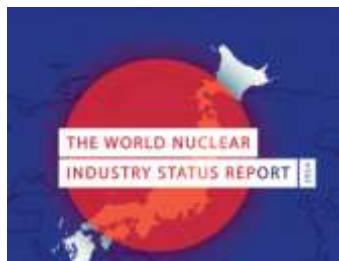


Streszczenie i Wnioski

World Nuclear Industry Status Report 2014

www.WorldNuclearReport.org



Główni autorzy:

Mycale Schneider
Email: mycale@orange.fr

Antony Froggatt
Email: a.froggatt@btinternet.com

Pełna wersja raportu po angielsku na stronie <http://www.worldnuclearreport.org/-2014-.html>

Tłumaczenie: Rafał Jantarski na zlecenie Fundacji im. Heinricha Bölla  HEINRICH BÖLL STIFTUNG
WARSZAWA

World Nuclear Industry Status Report 2014 jest kompleksowym omówieniem danych związanych z elektrowniami jądrowymi i obejmuje informacje dotyczące ich eksploatacji, budowy oraz produkowanej przez nie energii elektrycznej. Raport zawiera analizę nowych projektów jądrowych, zarówno w państwach dysponujących obecnie energią jądrową, jak i tych, które jej jak dotąd nie posiadają. W dwudziestostronicowym rozdziale, poświęconym ekonomicznemu aspektowi energii jądrowej, skupiono się na gwałtownie zmieniających się warunkach rynkowych dla projektów jądrowych, zarówno tych pozostających w eksploatacji, znajdujących się w budowie, jak i będących dopiero na etapie planowania. Raport zawiera także analizę strategii przyjmowanych przez dostawców technologii jądrowych, skupiając się w szczególności na przykładzie kontraktu dla angielskiej elektrowni Hinkley Point C. Autorzy raportu przedstawili również kondycję finansową najważniejszych koncernów energetycznych.

W raporcie z 2013 roku po raz pierwszy zawarto rozdział poświęcony sytuacji w Fukuszymie, który spotkał się z szerokim zainteresowaniem mediów i analityków. W tegorocznym raporcie informacje przedstawione w tym rozdziale zostały zaktualizowane.

Rozdział „Energia jądrowa a energia odnawialna”, będący analizą porównawczą inwestycji, mocy zainstalowanej i poziomu produkcji tych źródeł energii, został uzupełniony o fragment dotyczący zagadnień związanych z całokształtem systemu elektroenergetycznego. Autorzy raportu odpowiadają na pytanie, jak energia jądrowa daje sobie radę w systemach o wysokim udziale energii odnawialnej, a także czy jesteśmy świadkami zmierzchu myślenia w kategoriach dostawy pasmowej czy obciążenia szczytowego.

Wreszcie, liczący 45 stron Aneks nr 1 stanowi przegląd wszystkich 31 krajów dysponujących energią jądrową, ze szczególnym uwzględnieniem Chin, Japonii i Stanów Zjednoczonych.

Eksploatacja i budowa elektrowni jądrowych

(stan na 1 lipca 2014 roku)¹

Eksploatacja. W chwili obecnej elektrownie jądrowe posiada 31 państw na świecie². Całkowita liczba reaktorów wynosi 388 jednostek o łącznej mocy zainstalowanej 333 GW³. Tylko dwie japońskie jednostki (Ohi-3 i Ohi-4) produkowały energię elektryczną w 2013 roku. Autorzy raportu sklasyfikowali 43 japońskie reaktory⁴ jako pozostające w stanie „długoterminowego odłączenia od sieci” (Long-Term Outage - LTO)⁵. Oprócz reaktorów japońskich, do kategorii LTO zaliczono także jeden reaktor indyjski i jeden południowokoreański. Dziesięć reaktorów w elektrowniach Fukushima Daiichi i Daini uważa się za nieodwołanie zamknięte, stąd nie zostały one wliczone do ogólnej liczby elektrowni jądrowych pozostających w eksploatacji. W chwili pisania niniejszego raportu (w połowie lipca 2014 roku) wydaje się prawdopodobne, że dwa japońskie reaktory (Sendai-1 i Sendai-2 w prefekturze Kiusiu) wznowią pracę jeszcze przed końcem roku.

Przemysł jądrowy przeżywa dziś kryzys: na świecie pracuje obecnie 388 reaktorów, czyli o 50 jednostek mniej niż w szczytowym okresie, który przypadł na rok 2002. Pod względem łącznej mocy zainstalowanej reaktorów szczyt osiągnięty został w 2010 roku i wyniósł 367 GW. Od tego czasu moc zainstalowana reaktorów spada i obecnie sytuje się na poziomie sprzed dwudziestu lat. Roczna produkcja energii elektrycznej reaktorów najwyższa była w 2006 roku i wyniosła 2.660 TWh. W 2013 roku reaktory wyprodukowały 2.359 TWh,

¹ Patrz Aneks nr 7, stanowiący przegląd reaktorów pozostających w eksploatacji lub w budowie w rozbiciu na poszczególne kraje, a także udział energii jądrowej tych krajów w produkcji zarówno energii elektrycznej, jak i energii pierwotnej.

² Jeśli nie wskazano inaczej, dane te odzwierciedlają stan na 1 lipca 2014 roku.

³ Wszystkie liczby podane są dla nominalnej mocy zainstalowanej netto. Skrót „GW” oznacza gigawat lub tysiąc megawatów.

⁴ W tym reaktor Monju, wyłączony od 1995 roku, w bazie danych IAEA-PRIS figurujący w rubryce „długoterminowe wyłączenie”.

⁵ Autorzy raportu przyjęli założenie, że jednostce przyznawany jest status LTO, gdy w poprzednim roku kalendarzowym oraz pierwszej połowie roku obecnego nie wyprodukowała ona żadnej ilości energii elektrycznej. Okres, w którym jednostce przyznany jest status LTO, liczony jest od dnia odłączenia jej od sieci. Autorzy raportu przyjmują, że rozruch reaktora następuje w dniu przyłączenia do sieci, a jego zamknięcie w dniu odłączenia od sieci. Kategoria LTO pojawia się w raporcie po raz pierwszy i stanowi alternatywną propozycję wobec statystyk pochodzących z innych źródeł, które w coraz większym stopniu zniekształcają rzeczywisty obraz światowego przemysłu jądrowego. Oprócz reaktorów japońskich, kryteria LTO spełnia jeden reaktor indyjski i jeden południowokoreański.

co należy postrzegać jako ustabilizowanie poziomu produkcji (+ 0,6 procent) po dwóch kolejnych latach znaczących spadków (-4 procent w 2011 roku, -7 procent w 2012 roku). Odpowiada to poziomowi produkcji odnotowanemu w 1999 roku.

Udział energii jądrowej w globalnej produkcji energii elektrycznej stopniowo maleje. Od szczytu, wynoszącego 17,6 procent i przypadającego na rok 1996, spadł on do 10,8 procent w roku 2013⁶. Z kolei udział energii jądrowej w komercyjnej produkcji energii pierwotnej spadł z 4,5 procent w 2012 roku (poziomu po raz ostatni odnotowanego w 1984 roku⁷) do rekordowo niskich 4,4 procent⁸.

W 2013 roku, podobnie jak w roku poprzednim, 68 procent energii elektrycznej wyprodukowanej przez elektrownie jądrowe pochodziło od pięciu największych producentów tego źródła energii (odpowiednio Stany Zjednoczone, Francja, Rosja, Korea Południowa i Chiny). Podobnie jak rok wcześniej, w 2013 roku tylko Czechy odnotowały rekordowy udział energii jądrowej w całkowitej ilości wyprodukowanej przez siebie energii elektrycznej.

Wiek. W związku z tym, iż poza Chinami nie buduje się dziś dużych elektrowni jądrowych, średni wiek globalnej floty reaktorów jądrowych w przeliczeniu na jednostkę stale rośnie i w połowie 2014 roku wynosił 28,5 roku. Ponad 170 jednostek (44 procent całkowitej liczby reaktorów) działa już od co najmniej 30 lat lub dłużej – wśród nich jest 39 bloków, których okres eksploatacji przekroczył 40 lat.

Budowa. Tak jak w poprzednim roku, elektrownie jądrowe buduje obecnie czternaście państw. Białoruś dołączyła do krajów realizujących projekty jądrowe, podczas gdy Tajwan wstrzymał budowę dwóch jednostek. W lipcu 2014 roku budowanych było 67 reaktorów (o jeden więcej niż w lipcu 2013 roku) o łącznej mocy 64 GW. Średni okres budowy reaktora wynosi 7 lat. Należy jednak poczynić w tym kontekście następujące uwagi:

- Osiem reaktorów znajduje się na etapie budowy od ponad 20 lat, jeden budowany jest już od 12 lat.
- Budowa co najmniej 49 reaktorów przebiega z opóźnieniami, przy czym większość z nich jest dość znaczna (od kilku miesięcy do kilku lat). W ostatnim czasie po raz pierwszy

⁶ W raporcie z poprzedniego roku wskazano udział w wysokości 10,4 procent w roku 2012. Jednakże skorygowany udział dla tego roku wynosi 10,9 procent. Innymi słowy, udział energii jądrowej pozostaje na względnie stałym poziomie (-0,1 punktu procentowego).

⁷ „Statistical Review of World Energy”, BP, czerwiec 2014 roku.

⁸ Tamże.

przyznano, że trzy czwarte reaktorów (21/28) budowanych obecnie w Chinach ma znaczne opóźnienia wynoszące od kilku miesięcy do dwóch lat.

- Pozostałe 18 reaktorów zaczęto budować albo w ostatnich pięciu latach albo nie nastąpił jeszcze przewidywany moment ich rozruchu, dlatego też niezwykle trudno jest ocenić, czy ich budowa przebiega zgodnie z zakładanym harmonogramem.
- Dwie trzecie budowanych jednostek (43 reaktory) znajduje się na terenie trzech państw: Chin, Indii i Rosji.

Średni czas budowy 37 jednostek, która począwszy od 2004 roku przebiega w dziewięciu krajach, wyniósł 10 lat, przy czym należy odnotować w tym kontekście duży rozrzut wynoszący od 3,8 lat do 36,3 lat. 28 lat po katastrofie w Czarnobylu żaden z reaktorów nowej generacji, czy też tak zwanej generacji III lub III+, nie wszedł jeszcze do eksploatacji, a budowa podobnych reaktorów w Finlandii i we Francji ma już wiele lat opóźnienia.

Status reaktorów i programy jądrowe

- **Uruchomienia i wyłączenia.** W 2013 roku uruchomiono cztery reaktory (trzy w Chinach, jeden w Indiach), natomiast jeden zamknięto (w Stanach Zjednoczonych)⁹. W pierwszej połowie 2014 roku uruchomiono dwa reaktory (po jednym w Chinach i w Argentynie), a żadnego nie zamknięto.

- **Opóźnienia w realizacji programów jądrowych państw nie posiadających reaktorów.** Odnotowano opóźnienia w realizacji większości względnie zaawansowanych programów jądrowych w krajach nie posiadających dotychczas tego źródła energii. Dotyczy to Bangladeszu, Jordanii, Litwy, Polski, Arabii Saudyjskiej, Turcji i Wietnamu.

Realizacja nowych projektów jądrowych

- **Rozpoczęcie budowy.** W 2013 roku rozpoczęto budowę 10 reaktorów, w tym 4 jednostek w dwóch elektrowniach w Stanach Zjednoczonych, które realizują taką inwestycję po raz pierwszy od 35 lat. W pierwszej połowie 2014 roku rozpoczęto budowę drugiej jednostki na Białorusi, a w Argentynie zaczęto także prace nad małą elektrownią pilotażową o mocy 25 MW.

⁹ Zamknięcie definiuje się jako ostateczne odłączenie od sieci. Za datę zamknięcia uważa się ostatni dzień, w którym reaktor wyprodukował energię elektryczną.

- **Wstrzymanie budowy.** Na Tajwanie wstrzymano budowę dwóch jednostek trwającą od 15 lat (Lungmen-1 i Lungmen-2).

- **Opóźnienia w procesie zatwierdzania.** Zatwierdzanie projektów nowych reaktorów nieustannie napotyka przeszkody. W Stanach Zjednoczonych, Komisja Dozoru Jądrowego (Nuclear Regulatory Commission– NRC) z początku przesunęła rozpoczęcie procesu certyfikacji reaktora EPR¹⁰ budowanego przez francusko-niemieckie konsorcjum na rok 2015, zaś w chwili obecnej nie przewiduje już daty zakończenia tego procesu. NRC odrzuciło wnioski o udzielenie licencji dla południowokoreańskiego reaktora APR1400, ze względu na brak informacji w obszarach kluczowych dla zakończenia tego procesu. Proces oceny standardowych rozwiązań dla bloków jądrowych przeprowadzony przez NRC przesła jedynie technologia AP1000, opracowana przez Westinghouse. Nie ogłoszono także przewidywanej daty zakończenia procesu odnowienia licencji dla dwóch wersji reaktora ABWR (GE-Hitachi i Toshiba).

- **Opóźnienia w rozpoczęciu budowy.** Wiele państw musi liczyć się z opóźnieniami w rozpoczęciu budowy reaktorów, dotyczy to także Wietnamu, choć jego program jądrowy uważany był dotychczas za jeden z najbardziej zaawansowanych.

- **Opóźnienia w realizacji i wycofanie się z projektów jądrowych.** W ostatnich kilku latach realizacja wielu projektów jądrowych odsuwana była w nieokreśloną przyszłość lub ostatecznie zaniechana. Ostatnim przykładem wycofania się z realizacji programu jądrowego jest anulowanie przez Czechy, w kwietniu 2014, przetargu na dwa bloki jądrowe dla czeskiej elektrowni w Temelinie. Jako oficjalną przyczynę podano niskie ceny energii elektrycznej i brak gwarancji rządowych.

Warunki ekonomiczne i finansowe

- **Wzrost kosztu kapitału.** Koszty budowy są kluczowym czynnikiem determinującym ostateczne koszty produkcji energii elektrycznej, a wiele realizowanych dziś projektów znacznie przekroczyło już zakładany budżet. W ostatnich dziesięciu latach szacowany koszt inwestycji wzrósł z 1000 dolarów do około 8000 dolarów za zainstalowany kilowat. Ta druga, rekordowa, kwota zapisana jest w kontrakcie na budowę dwóch reaktorów EPR, mających powstać w angielskiej elektrowni Hinkley Point. Szacowany koszt budowy wzrósł zasadniczo

¹⁰ Europejski Reaktor Wodny Ciśnieniowy (w Europie) lub Ewolucyjny Reaktor Wodny Ciśnieniowy (w Stanach Zjednoczonych i pozostałych krajach).

we wszystkich krajach, w tym w Chinach, Finlandii, Francji i Zjednoczonych Emiratach Arabskich. W Stanach Zjednoczonych, w związku z rosnącymi kosztami inwestycji, spółka budująca dwa bloki jądrowe w elektrowni VC Summer w Karolinie Południowej, od 2009 roku siedem razy zwracała się o podniesienie przyszłych cen energii. Spółka realizująca podobny projekt w elektrowni Vogtle w Georgii sygnalizowała skromny wzrost kosztów, lecz niezależny podmiot monitorujący inwestycję wyraził wątpliwości, dotyczące niedoszacowania tej inwestycji.

- **Pomoc publiczna.** Kontrakt różnicowy, swoisty rodzaj taryfy gwarantowanej, będącej angielskim modelem subwencjonowania energii elektrycznej produkowanej przez nowe elektrownie jądrowe, stoi prawdopodobnie w sprzeczności z unijnymi regułami konkurencji. W lutym 2014 roku Komisja Europejska otworzyła w tej sprawie formalne postępowanie, zaznaczając, że „na obecnym etapie wydaje się, że przewidywane działania mają charakter pomocy publicznej”. W lipcu 2014 roku nie był jeszcze znany rezultat postępowania, lecz jest prawdopodobne, że do proponowanego modelu finansowania będzie należało wprowadzić daleko posunięte zmiany, jeśli projekt miałby wejść w fazę realizacji.

- **Wzrost kosztów eksploatacji.** W niektórych państwach (w tym we Francji, Niemczech, Stanach Zjednoczonych i Szwecji) historycznie niskie koszty eksploatacji po uwzględnieniu inflacji, w szczególności poważniejszych napraw, wzrosły tak niepomierne, że dziś średni koszt eksploatacji reaktora sytuuje się tuż poniżej lub nawet przekracza normalny zakres cen na hurtowym rynku energii. Największy operator elektrowni jądrowych na świecie, należący do państwa francuski koncern energetyczny EDF, odnotował w 2012 roku deficyt w dochodach wynoszący 1,5 miliarda euro (2 miliardy dolarów), gdyż stawki płacone przez odbiorców nie wystarczały na pokrycie kosztów eksploatacji. Zgodnie z ustaleniami francuskiego Trybunału Obrachunkowego, w latach 2010-2013 koszt produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych wzrósł o 21 procent, z 49,6 euro/MWh do 59,8 euro/MWh (z 67,8 dolarów do 81,7 dolarów/MWh) – stanowi to realny wzrost rzędu 16 procent. W Niemczech operator E.ON zdecydował się zamknąć jeden ze swoich reaktorów siedem miesięcy przed ustawowym terminem, gdyż przewidywany zysk nie pokryłby kosztów jego eksploatacji. W Szwecji, w przypadku przynajmniej trzech reaktorów, dochód ze sprzedaży energii elektrycznej był niższy od kosztów produkcji w dwóch z czterech ostatnich lat. W Stanach Zjednoczonych spółki energetyczne zdecydowały się wyłączyć przynajmniej pięć reaktorów, które nie były w stanie pokryć swoich kosztów eksploatacji – wśród nich znalazły się dwie jednostki, posiadające zezwolenie na działalność także po roku 2030. Autorzy jednego z opracowań poświęconych tej tematyce wskazali 38 amerykańskich reaktorów, które może spotkać podobny los. W Belgii, operator Electrabel (należący do GDF-

Suez) przegrał sprawę sądową dotyczącą podatku od paliwa jądrowego i rozważa dziś, czy eksploatacja siedmiu należących do niego elektrowni ma jeszcze rację bytu.

- **Przedłużenie zezwoleń na eksploatację.** Reguły, dotyczące wydawania zezwoleń na przedłużenie eksploatacji poza pierwotnie zakładany okres, różnią się w zależności od kraju. Podczas gdy w Stanach Zjednoczonych około trzy czwarte reaktorów już dziś uzyskało przedłużenia pozwalające na pracę przez okres sięgający 60 lat, we Francji przyznaje się przedłużenia tylko na okres 10 lat, a przedstawiciele organów przeprowadzających kontrole bezpieczeństwa jasno stwierdzili, że nie ma gwarancji, iż wszystkie jednostki pomyślnie przejdą gruntowną inspekcję przeprowadzaną po ukończeniu przez nie 40 lat. Według jednego z opracowań koszt modernizacji *pojedynczego reaktora* po czterdziestu latach eksploatacji wahać się będzie między 1 miliardem a 4 miliardami euro (1,4–5,5 miliarda dolarów). Co więcej, propozycje przedłużenia eksploatacji zdają się stać w sprzeczności z rządowymi planami restrukturyzacji sektora jądrowego, zakładającym, iż do 2025 roku jego udział w produkcji energii elektrycznej spadnie z trzech czwartych do połowy.

- **Koszty po katastrofie w Fukuszymie.** Skala dodatkowych kosztów związanych z koniecznością unowocześnienia i modernizacji reaktorów w następstwie katastrofy w Fukuszymie nie jest jeszcze znana i waha się znacznie w zależności od wymogów stawianych przez organy odpowiedzialne za bezpieczeństwo reaktorów w poszczególnych krajach. Przynajmniej w niektórych krajach, jak na przykład w Japonii i we Francji, znacznie wpłyną one na konkurencyjność energetyki jądrowej.

- **Dochód i dług.** W 2013 roku po raz pierwszy w swojej sześćdziesięcioletniej historii niemiecki koncern energetyczny RWE zanotował stratę w wysokości 2,8 miliarda euro (3,8 miliarda dolarów). Było to następstwem odpisów związanych z aktualizacją wartości aktywów, przede wszystkim elektrowni konwencjonalnych, o łącznej wartości sięgającej prawie 5 miliardów euro (6,8 miliarda dolarów). Poziom długu europejskich spółek energetycznych jest wciąż bardzo wysoki. Dwie największe francuskie grupy energetyczne (EDF i GDF-Suez) oraz dwa największe niemieckie koncerny energetyczne (E.ON i RWE) dzielą między sobą niemal po równo przeszło 127 miliardów euro długu (173 miliardy dolarów).

- **Rating kredytowy.** W ostatnim roku, w ratingu kredytowym 11 analizowanych spółek energetycznych zaszło kilka zmian: rating GDF-Suez został obniżony przez agencję Standard and Poor's z poziomu A do BBB+, zaś TVO, fińskiej spółce energetycznej budującej reaktory EPR, zmieniono perspektywę na negatywną. Agencja Moody's uznała

decyzję czeskiej spółki energetycznej CEZ o zaniechaniu budowy nowych reaktorów za „pozytywnie wpływającą na zdolność kredytową”, a realizację projektów jądrowych za „negatywnie wpływającą na zdolność kredytową”.

- **Wartość udziałów.** Od roku 2008 udziały dziesięciu największych europejskich spółek energetycznych o łącznej wartości 1 biliona euro (1,4 biliona dolarów) utraciły połowę swojej wartości. Spółki azjatyckie zdołały w tym okresie nieco odrobić straty, choć średnia wartość ich udziałów wciąż wynosi niemal połowę wartości z 2008 roku, natomiast udziały europejskich spółek energetycznych wciąż znajdują się 30 procent poniżej ich pierwotnej wartości. Z kolei wartość udziałów spółek energetycznych w Stanach Zjednoczonych znajduje się 30 procent *powyżej* poziomu sprzed pięciu lat, i to pomimo miarowego spadku konsumpcji energii elektrycznej, który w tym kraju zaczął się w 2007.

Raport o sytuacji w Fukuszymie

Na tę część raportu składa się analiza wyzwań związanych z bezpośrednim usuwaniem skutków na miejscu katastrofy, jak i szerszych implikacji wydarzeń z marca 2011 roku. Trzy lata po katastrofie są one wciąż bardzo poważne.

- **Wyzwania na miejscu katastrofy.** Od listopada 2013 roku do lipca 2014 roku, do wspólnego basenu zdołano przenieść ponad trzy czwarte wypalonego paliwa jądrowego, pozostającego dotychczas w silnie uszkodzonym basenie reaktora nr 4. Operacja ta ma zakończyć się do końca roku 2014. Znacznie zmniejszy się więc ilość substancji radioaktywnych mogących ulec degradacji (opróżnienie basenu, zapalenie się wypalonego paliwa), w szczególności na ryzyko wystąpienia w tym rejonie poważnych trzęsień ziemi czy ekstremalnych zjawisk pogodowych.

Główne wyzwania związane z usuwaniem skutków katastrofy pozostają jednak w znacznej mierze te same. Poziom promieniowania w budynkach reaktorów nr 1-3 wciąż jest tak wysoki, że uniemożliwia podjęcie bezpośrednich działań przez ekipy ratownicze. Znaczne ilości wody – około 360 ton dziennie – wpompowywane są do zniszczonych reaktorów, aby schłodzić ich stopione rdzenie. Woda ta, wraz z podobnymi ilościami wód gruntowych, przesiąka do piwnic budynków reaktora. Jest ona częściowo poddawana procesowi odkażania, a następnie ponownie wprowadzana do reaktorów. Ilość radioaktywnej wody, która nie może zostać wykorzystana ponownie, cały czas więc rośnie i 15 lipca 2014 roku przekroczyła 500.000 ton, przy tym warunki jej przechowywania są dalekie od idealnych. Do tego doliczyć należy około 90.000 ton wody znajdującej się w piwnicach elektrowni.

Do końca marca 2015 roku pojemność zbiorników ma zostać zwiększona do 800.000 ton. Odnotowano także wiele wycieków, w tym odkryty w sierpniu 2013 roku wyciek 300 ton płynu ze zbiornika zawierającego wysoce radioaktywną wodę¹¹ (incydent zaklasyfikowano jako poziom 3. na Międzynarodowej Skali Zdarzeń Jądrowych i Radiologicznych), a także wyciek 100 ton wody z innego zbiornika o nawet wyższym poziomie radioaktywności¹². Przy tym okazało się, że setek zbiorników o pojemności 1000 m³ każdy nie wyposażono chociażby w przepływomierze. W przyszłości kilkaset zbiorników, zwyczajnie skręconych za pomocą śrub, zastąpionych zostanie spawanymi kontenerami. Wyrafinowane systemy odkażania wody co rusz nawiedzają awarie i jeszcze nie pracowały one przez dłuższy okres czasu. Wiele obiecywano sobie po podziemnej lodowej ścianie wykonanej kosztem pół miliarda dolarów. Ma ona zostać ukończona do marca 2015 roku i uniemożliwić napływ wody do piwnic reaktora. Jednak rozwiązanie to ma przed sobą niepewną przyszłość, gdyż w czasie testów nie udało się zamrozić małego odcinka próbnego. W międzyczasie TEPCO udało się zawrzeć porozumienie ze związkiem zawodowym lokalnych rybaków. Przewiduje ono, iż w kwietniu 2014 roku wprowadzone zostanie rozwiązanie, umożliwiające spływającym wodom gruntowym omińnięcie elektrowni oraz ich kontrolowany spływ bezpośrednio do morza. Szacuje się, że pozwoli to ograniczyć przesiąkanie wody do piwnic o jedną czwartą, czyli około 100 m³ dziennie.

Od marca 2011 roku na terenie elektrowni pracowało już około 32.000 osób, z czego 28.000 jako podwykonawcy (nie wliczając w to strażaków, policjantów i wojskowych). Do maja 2014 roku na terenie elektrowni pracowało każdego dnia średnio 4.200 osób, co oznacza wzrost o 40 procent w stosunku do roku poprzedniego. Rekrutacja do pracy na tym terenie staje się jednak coraz trudniejsza.

W grudniu 2013 roku TEPCO formalnie ogłosiło zamknięcie reaktorów nr 5 i 6 w elektrowni Fukushima Daiichi (I). Cztery reaktory w elektrowni Fukushima Daini (II) oficjalnie wciąż uznawane są za gotowe do podjęcia pracy, choć znajdują się 15 kilometrów od elektrowni Fukushima Daiichi wewnątrz strefy wykluczenia. Dlatego też ich ponowne uruchomienie wydaje się być zupełnie nierealne.

• **Wyzwania niebezpośrednio związane z miejscem katastrofy.** Według oficjalnych danych, w marcu 2014 roku ponad 130.000 mieszkańców prefektury Fukushima wciąż jest

¹¹ 80 milionów Bq/litr promieniowania beta emitującego radionuklidy (stront, tryt itd.) i 100.000 Bq/litr cezu-137.

¹² 230 milionów Bq/litr emiterów promieniowania beta i 9.300 Bq/litr cezu-137.

ewakuowanych. W wyznaczonej strefie ewakuacji żyło około 100.000 osób, wiele dobrowolnie zmieniło miejsce zamieszkania. Cały czas około 137.000 obywateli mieszka w prowizorycznych kompleksach mieszkalnych rozrzuconych na obszarze około siedmiu prefektur. Oficjalnie mówi się o 1.700 zgonach na skutek zaburzeń psychicznych lub braku należytej opieki medycznej w następstwie katastrofy i późniejszej ewakuacji. Odnotowuje się także rosnącą liczbę samobójstw.

W kwietniu 2014 roku po raz pierwszy zezwolono kilkuset ewakuowanym mieszkańcom na powrót do ich miejsca zamieszkania. Szacuje się jednak, że zdecydował się na to zaledwie co czwarty mieszkaniec tych obszarów. Inni dojeżdżają na miejsce ze swojego obecnego miejsca zamieszkania. Badanie wykonane na zlecenie rządu i trzymane w tajemnicy przez sześć miesięcy wykazało, że choć obecny poziom promieniowania jest niższy od rocznej dawki 20 mSv notowanej po bezpośrednim zażegnaniu kryzysu, to jednak może przekroczyć poziom 1 mSv rocznie, czyli normę, którą na obszarach wyznaczonych do ponownego zasiedlenia uważano przed katastrofą za dopuszczalną.

Na obszarach dotkniętych katastrofą władze utworzyły „Strefę Systematycznego Badania Poziomu Skażenia”. Włączono do niej 101 gmin znajdujących się w ośmiu prefekturach, w których przewidywane roczne dawki promieniowania wahają się między 1 mSv a 20 mSv. Ich władze odpowiedzialne są za prace mające na celu zmniejszenie poziomu skażenia. Dodatkowo za odkażanie na terenach, gdzie odnotowano dawkę promieniowania przekraczającą 20 mSv, odpowiedzialny jest rząd – dotyczy to 11 gmin prefektury Fukusizima, o łącznej powierzchni 235 km². Prace te nie przebiegają jednak zgodnie z założonym harmonogramem, głównie z powodu trudności technicznych, braku obiektów do składowania odpadów, a także niewystarczającej liczby rąk do pracy. Do opóźnień przyczyniają się także spory o pokrycie kosztów, toczące się między Ministerstwem Środowiska odpowiedzialnym za odkażanie, a TEPCO, operatorem elektrowni w Fukusizimie. W latach 2011-2013 na odkażanie miano przeznaczyć 1,3 biliona jenów (13 miliardów dolarów), lecz jak dotąd wydano zaledwie jedną trzecią tej sumy, a TEPCO zwróciło mniej niż 20 procent poniesionych już kosztów. Prace nad odkażaniem prowadzą liczne spółki i podwykonawcy tworzący nieprzejrzystą sieć zależności i powiązań. Agencja prasowa *Reuters* ustaliła, że japońskie Ministerstwo Środowiska przyznało kontrakty 733 spółkom i 56 podwykonawcom – niektóre z tych podmiotów do pracy na skażonych obszarach zatrudniają bezdomnych. Pojawiają się także doniesienia, że w system ten zaangażowana jest także japońska mafia Yakuza.

Do 11 lipca 2014 roku do TEPCO wpłynęło ponad 2,2 miliona żądań o wypłatę odszkodowania. Zostały one wniesione zarówno przez pojedyncze osoby, jak i firmy, związki zawodowe oraz samorządy. Za uregulowanie około 2 milionów roszczeń TEPCO zapłaciło jak dotąd łącznie 4 biliony jenów (40 miliardów dolarów). Przeciwko TEPCO toczą się też liczne postępowania sądowe, w tym jedno związane z pozwem grupy amerykańskich marynarzy poddanych promieniowaniu podczas działań marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych, udzielającej Japonii wsparcia w akcji ratowniczej bezpośrednio po katastrofie. W marcu 2014 roku, ponad 4.000 obywateli z 39 państw wniosło pozew zbiorowy przeciwko dostawcom technologii jądrowych, w tym Hitachi, Toshiba i General Electric, o wypłatę odszkodowania ofiarom katastrofy w Fukuszymie.

Energia jądrowa a energia odnawialna

Rok 2013 obfitował w wydarzenia pogłębiające rozdźwięk między energetyką jądrową a energetyką odnawialną w kontekście ich kosztów i perspektyw rynkowych.

- **Inwestycje.** W 2013 roku łączna suma inwestycji w energię odnawialną wyniosła 214 miliardów dolarów. Suma ta maleje drugi rok z rzędu (rekordowym rokiem był 2011, z sumą 300 miliardów dolarów), choć wciąż jest czterokrotnie wyższa niż w roku 2004. Jednak za spadek ten w czterech piątą odpowiedzialne są malejące koszty, a tylko w jednej piątej niższy poziom sprzedaży. Podobnie jak w 2012 roku, przy inwestycjach rzędu 54,2 miliarda dolarów, Chiny okazały się największym inwestorem w energię odnawialną. Niektóre państwa, jak dotąd mocno inwestujące w technologie odnawialne, zanotowały w zeszłym roku znaczne obniżenie pułapu inwestycji. Dotyczy to Włoch (-76 procent), Niemiec (-57 procent) i Stanów Zjednoczonych (-23 procent). Z drugiej strony należy jednak zauważyć, że w niektórych państwach poziom inwestycji w tym obszarze znacznie wzrósł. Jest to przypadek Japonii (+75 procent) oraz Wielkiej Brytanii (+46 procent), które tym samym awansowały odpowiednio na trzecią i czwartą pozycję na liście największych inwestorów w energetykę odnawialną, a także Australii, debiutującej w pierwszej dziesiątce tego zestawienia. Nie należy także zapominać, że wraz ze spadkiem cen odnawialnych źródeł energii, możliwe jest wybudowanie instalacji o większej mocy przy coraz niższym koszcie. Z całkowitej puli 1,6 biliona dolarów zainwestowanych w energię odnawialną na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia Europa wydała 40 procent, a same tylko Chiny aż 20 procent tej sumy. Według nowego opracowania Międzynarodowej Agencji Energetycznej, organizacji działającej pod egidą OECD, w latach 2000-2013 światowe inwestycje w elektrownie kształtowały się następująco: energia odnawialna – 57 procent, paliwa kopalne – 40 procent, zaś energia jądrowa – 3 procent.

• **Moc zainstalowana.** Od 2000 roku światowy sektor wiatrowy rozwijał się w średnim tempie 25 procent rocznie, a sektor fotowoltaiczny 43 procent rocznie. W samym tylko roku 2013 do sieci przyłączono 32 GW instalacji wiatrowych oraz 37 GW instalacji fotowoltaicznych. W stosunku do poziomu z roku 2000 łączna moc zainstalowana reaktorów jądrowych zmniejszyła się o 19 GW¹³. W Unii Europejskiej w tym samym okresie moc zainstalowana energii wiatrowej wzrosła o 105 GW, wyprzedzając tym samym elektrownie opalane gazem (103 GW) oraz instalacje fotowoltaiczne (80 GW), przy jednoczesnym spadku mocy zainstalowanej elektrowni jądrowych (13 GW). Tylko w 2013 roku do sieci podłączono po 13 GW energii wiatrowej i słonecznej. Moc zainstalowana elektrowni konwencjonalnych spadła, a energii jądrowej pozostała na dotychczasowym poziomie. Z końcem roku 2013 Chiny posiadały działające instalacje wiatrowe o mocy 91 GW, zaś łączna moc zainstalowana bloków jądrowych pozostających w eksploatacji po raz pierwszy była mniejsza od łącznej mocy zainstalowanej systemów fotowoltaicznych, sięgającej 18 GW. W 2013 roku Chiny przyłączyły do sieci 3 GW energii jądrowej oraz co najmniej 12 GW energii słonecznej. Ustanowiły tym samym nowy rekord w ilości systemów fotowoltaicznych zainstalowanych w jednym roku, pobijając dotychczasowy rekord Niemiec wynoszący 7,6 GW oraz przewyższając łączną moc zainstalowaną fotowoltaiki, jaką Stany Zjednoczone kiedykolwiek przyłączyły do sieci, od czasu jej wynalezienia w latach 50 ubiegłego wieku. Chiny postawiły sobie za cel zainstalowanie 40 GW energii słonecznej i prawdopodobnie zawiązką wypełnią plan zainstalowania 100 GW energii wiatrowej do 2015 roku.

• **Produkcja energii elektrycznej.** W 2013 roku Hiszpania wyprodukowała więcej energii elektrycznej z wiatru niż z jakiegokolwiek innego źródła, wyprzedzając tym samym produkcję energii w hiszpańskich elektrowniach jądrowych.. To także pierwszy przypadek, gdy w jakimkolwiek kraju, spośród wszystkich źródeł energii to właśnie wiatr na przestrzeni jednego roku dostarczył najwięcej energii elektrycznej. W efekcie Hiszpania dołączyła do państw posiadających energię jądrową, lecz produkujących więcej elektryczności ze źródeł odnawialnych (nie wliczając do tej statystyki dużych elektrowni wodnych). Do tego grona zaliczają się Brazylia, Chiny, Niemcy, Indie i Japonia.

We Włoszech instalacje fotowoltaiczne wyprodukowały 8 procent energii elektrycznej kraju – to dziesięć razy więcej niż w roku 2010 i dwa i pół razy więcej niż maksymalna wysokość rocznej produkcji energii elektrycznej pochodzącej z włoskich elektrowni jądrowych, zanim kraj zdecydował się na ich wygaszenie.

¹³ Nawet jeśli reaktory, którym przyznano status LTO, uzna się za pozostające w eksploatacji, łączna moc zainstalowana elektrowni jądrowych wzrosłaby zaledwie o 17,5 GW.

Biorąc pod uwagę okres od podpisania protokołu z Kioto, a zatem lata 1997-2013, uśredniona roczna ilość energii elektrycznej pochodzącej z instalacji wiatrowych wynosi 616 TWh, z instalacji fotowoltaicznych – 124 TWh, zaś z elektrowni jądrowych – zaledwie 114 TWh. W 2013 roku ilość energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje wiatrowe wzrosła o ponad 20 procent w Ameryce Północnej, Europie, Eurazji oraz w regionie Azji i Pacyfiku. Największymi rynkami były w tym roku Stany Zjednoczone (18 procent) i Chiny (38 procent). W Ameryce Północnej ilość energii elektrycznej wyprodukowanej z instalacji fotowoltaicznych podwoiła się, a w regionie Azji i Pacyfiku wzrosła o 75 procent.

- **Narastające sprzeczności systemu.** Tradycyjny kształt systemu elektroenergetycznego oparty o dostawę pasmową może okazać się nie do utrzymania w obliczu coraz większego nasycenia krajowych sieci energią pochodzącą ze źródeł odnawialnych. Kilka krajów już dziś notuje okresy bardzo niskich lub wręcz ujemnych cen energii na rynku kasowym. Producenci energii elektrycznej dosłownie płacą za dostarczaną przez siebie energię, gdyż zamknięcie i ponowny rozruch elektrowni wiązałby się z jeszcze wyższymi kosztami. Jak pokazuje przeanalizowany w raporcie przykład Niemiec, elektrownie jądrowe okazują się być najmniej elastyczne w reagowaniu na niesprzyjające warunki ekonomiczne i w efekcie nie przerywają pracy przez setki godzin, gdy ceny energii na rynku kasowym są niższe od przeciętnego kosztu krańcowego ich eksploatacji.

- **Zwiększona produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych jako przyczyna niższych cen energii**

W 2013 roku niemiecki system elektroenergetyczny wyprodukował 152 TWh energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych – to o 56 procent więcej niż ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w elektrowniach jądrowych. Tylko w ostatnich dwóch latach okres, w którym notowano ceny ujemne, wydłużył się z 15 do 64 godzin, czyli ponad czterokrotnie. Okres, w którym notowano ceny sytuujące się poniżej 15 euro/MWh (20,5 dolara/MWh), wydłużył się ze 161 do 727 godzin – stanowi to 8 procent czasu, w którym produkowana była energia elektryczna. Od roku 2011 do pierwszego kwartału 2014 roku, średnia cena energii w dostawie pasmowej spadła o zdumiewające 40 procent. W konsekwencji, w 2013 roku Niemcy wyeksportowały do swoich sąsiadów rekordowe 34 TWh *netto*, przy czym oparta na energetyce jądrowej Francja, zwykle również eksporter energii *netto*, pozostaje *importerem* energii *netto* w stosunku do Niemiec. To dokładne przeciwieństwo prognoz czynionych w następstwie ogłoszenia przez Niemcy wygaszenia elektrowni jądrowych, ale jednocześnie świetna ilustracja konkurencyjności niemieckiego rynku hurtowej energii.