

Co należy wiedzieć o energetyce jądrowej

Na świecie produkuje się energię jądrową w 442 instalacjach działających w 30 krajach. Ich sumaryczna moc wynosi ok. 375 GW. W Europie instalacje działają w 17 krajach (łącznie z Rosją i Ukrainą).

Jednak zaledwie w sześciu z tych państw obecnie (2011 r.) buduje się nowe instalacje (Bulgaria – 2, Finlandia – 1, Francja – 1, Rosja – 11, Słowacja – 2, Ukraina – 2). Natomiast nie ma żadnej instalacji – ani działającej, ani w budowie – w 12 krajach europejskich¹. Bez energii jądrowej obywa się także ponad 160 krajów świata.

Zagrożenia, awarie i wypadki

Reaktory nuklearne okazały się wysoce podatne na awarie. Wynika to z faktu, iż są urządzeniami bardzo skomplikowanymi. Duże znaczenie ma także wszechobecna w przemysłowych kręgach presja na maksymalizację zysku poprzez wydłużanie czasu aktywności instalacji. Niebezpieczna jest też tendencja zwiększania mocy elektrowni jądrowych – w latach pięćdziesiątych wynosiła ona kilkaset MW, a ostatnio – ponad tysiąc MW.

Spory dotyczące oceny zagrożenia częściowo wynikają z tego, że rozmaite środowiska posługują się różnymi definicjami terminu „awaria nuklearna”.

B.K. Sovacool² twierdzi, że taki „wypadek” (ang. nuclear accident) ma miejsce wówczas, gdy traci życie co najmniej jeden człowiek albo gdy szkody materialne wynoszą co najmniej 50 tysięcy dol. Sovacool stosuje tę samą definicję do analizy awaryjności w odrębnych segmentach produkcji energii z różnych surowców energetycznych, jak również w ich porównaniach z energetyką jądrową. Niektórzy autorzy zaliczają do kategorii poważnych wypadków (ang. nuclear accidents) dopiero te, które doprowadziły do utraty życia co najmniej pięciu osób. Stosowanie takiej definicji sprzyja opiniowaniu energetyki jądrowej jako bezpiecznego sektora.

Zgodnie z definicją stosowaną przez Sovacoola, w okresie od 1947 do 2008 r., zdarzyło się pięć awarii w sektorze nuklearnym, w których miały miejsce wypadki śmiertelne – zginęło w nich blisko 5 tysięcy ludzi. Wypadki śmiertelne w całym sektorze energetyki jądrowej występują częściej niż w poszczególnych sektorach produkcji energii z węgla lub ropy albo gazu ziemnego³.

W tymże okresie (1947-2008) 71 wypadków związanych z energią jądrową spowodowało szkody materialne wynoszące łącznie 19 miliardów dol.

Po katastrofie w Czarnobylu w 1986 r. większość różnego rodzaju awarii instalacji jądrowych – 20 awarii spośród 30 – wydarzyła się na terenie USA³. Falszywy jest zatem pogląd, że nuklearne awarie zdarzały się głównie w przeszłości, a jeśli zdarzają się obecnie, to w krajach raczej opóźnionych w rozwoju technologicznym i gospodarczym.

Komisja Energii Atomowej USA (US Atomic Energy Commission) w 1975 r. oceniła początkowy, trzydziestoletni okres rozwoju elektrowni jądrowych (EJ) w USA³. W owym okresie miało miejsce 111 wycieków radioaktywnych, 317 osób uległo napromieniowaniu rzędu 80 tysięcy radów (względnie bezpieczny próg to poniżej 10 radów). W całym tym okresie udokumentowano 321 wypadków śmiertelnych oraz ponad 19 tysięcy osób zostało rannych. Wypadki miały miejsce w czasie budowy lub działania reaktorów. Okazało się, że w USA sektor energetyki jądrowej cechuje bardzo wysoka wypadkowość w porównaniu z innymi sektorami produkcji energii.

Sytuacja nie ulegała poprawie – taki wniosek wynika z kilku raportów GAO z lat 2006-2008 (GAO – US Government Accountability Office). Opisano w nich 156 poważnych awarii (użyto terminu: „serious incidents”) o różnym charakterze, w tym także – radioaktywne wycieki.

Nie lepiej przedstawia się sytuacja we Francji³, na terenie której znajduje się 200 zakładów, związanych z EJ (reaktory jądrowe w elektrowniach, instalacje wzbogacania rudy uranowej, fabryki produkujące paliwo uranowe, zakłady recyklingu zużytego paliwa, składowiska radioaktywnych odpadów). Do 2008 r. zdarzyło się na ich terenie ponad 700 awarii.

Czynniki wpływające na wciąż rosnące ryzyko niebezpiecznych awarii w energetyce jądrowej wynikają z tego, że:

- w przeszłości EJ budowano na terenach oddalonych od skupisk miejskich, aby zmniejszyć ryzyko ofiar w ludziach

w przypadku awarii. Z czasem jednak nowe skupiska ludzkie powstawały w pobliżu istniejących elektrowni,

- straty energii, wynikające z jej transmisji na duże odległości i związane z tym koszty, wywierają presję na lokalizowanie EJ w pobliżu dużych miast,

- nasila się tendencja do budowy reaktorów o większej mocy, co prowadzi do wzrostu ilości materiału rozszczepialnego w rdzeniach paliwowych,

- rosną naciski właścicieli elektrowni jądrowych na to, aby maksymalizować zyski z EJ kosztem bezpieczeństwa, np. poprzez wydłużanie okresu żywotności instalacji.

O wątpliwym zaleceniu energetyki jądrowej

EJ może produkować elektryczność w sposób niemal ciągle. Reaktor wytwarza ją przez ok. 12 miesięcy – aż do czasu, w którym wymaga załadowania nową porcją paliwa. Dostawy prądu do sieci są stałe – w przeciwieństwie do energii słonecznej i wiatrowej. W istocie jednak ta ciągłość dostaw jest iluzoryczna. Jak dowodzą dane obejmujące okres do 1998 r. z sześciu krajów (USA, Francja, Belgia, Niemcy, Szwecja i Szwajcaria), częste awarie urządzeń EJ są powodami przestojów. W ich wyniku średni okres ciągłego działania instalacji w poszczególnych krajach wynosił zaledwie od 35 do 88 dni³.

W 2008 r. całkowita moc wszystkich generatorów EJ na świecie wynosiła 370 GW. Wymagało to zużycia 65 tysięcy ton uranu³ (ang. natural uranium). W kręgach przemysłu nuklearnego wyrażany jest pogląd, iż działające teraz kopalnie rudy zaspokoją potrzeby obecnie funkcjonujących reaktorów. Natomiast złoża dotąd nieeksploatowane i nowe kopalnie pokryją zapotrzebowanie na uran dla rosnącej ilości reaktorów w okresie co najmniej dziesięciu lat.

Ponadto postęp w zakresie recyklingu zużytego paliwa zwiększy o 30-50% ilość energii uzyskiwanej dotąd z uranu. Natomiast ewentualne wprowadzenie reaktorów dalszych generacji, w których będzie produkowany pluton z izotopów uranu, umożliwi uzyskanie 60 razy większej (niż dotąd) ilości energii z tej samej ilości uranu.

Całkowicie odmienna jest opinia Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA – International Atomic Energy Agency). Światowa produkcja uranu w 2025 r. pokry-

je zaledwie 4-6% globalnego zapotrzebowania na to paliwo. W 2001 r. Agencja ostrzegala, że łatwo dostępne i tanie złoża rudy uranowej są na wyczerpaniu i coraz częściej kraje wydobywające rudę muszą sięgać do złóż trudno dostępnych i dlatego kosztownych w eksploatacji. Badania dwóch wybitnych instytutów w dziedzinie fizyki jądrowej (ETH Zurich i CERN – 2001 r.) prowadzą do wniosku, że wydobycie rudy i zaspokojenie zapotrzebowania na nią stanie się krytyczne w okresie kilku lat. Na podstawie szczegółowych studiów, dotyczących 93 lokalizacji w 15 krajach, przewiduje się także, że eksploatacja nowych złóż rudy nie nastąpi odpowiednio szybko w relacji do wzrostu zapotrzebowania.

Najwięcej uranu produkuje się w Kanadzie. Produkcja w USA nie zaspokaja nawet 10% zapotrzebowania kraju na uran. Na Ukrainie i we Francji produkuje się po 5 ton^{1,3}.

Wszystkie te kraje mają już za sobą tzw. pik produkcji (najwyższa roczna produkcja w całym dotychczasowym okresie).

Kazachstan, Australia, Niger eksportują uran, bo nie produkują energii jądrowej u siebie. Eksporterem jest również Kanada, bowiem wytwarza znacznie więcej niż zużywa. Rosja jest samowystarczalna – wydobycie rudy pokrywa zapotrzebowanie kraju z małą nadwyżką.

Na import skazane są: USA, Francja, Japonia, Niemcy, Korea Południowa, UK, Ukraina i Szwecja.

Od kilku lat cena uranu szybko rośnie – od ok. 10 dol. (za 1 funt tlenku uranu U₃O₈) w 1994 r., do 42 dol. w 2007 r. i 60 dol. w 2008 r.³. Taka dynamika zmian ceny paliwa powoduje, że prognozy przyszłych kosztów operacyjnych instalacji nuklearnej są niemożliwe do precyzyjnego określenia.

Na uwagę zasługuje pełny cykl pracy instalacji nuklearnej z punktu widzenia zużycia energii. W tym celu należy zsumować ilość energii zużytej na budowę instalacji oraz jej działanie (w tym – na proces uzyskiwania paliwa), następnie ilość energii, która będzie musiała być zużyta na likwidację instalacji oraz na składowanie odpadów radioaktywnych. Ostatecznie okazuje się, że dopiero po 10-18 latach działania instalacji uzyskuje się nadwyżkę energii w stosunku do zużytej, pochodzącej z reguły z wysokiemisyjnych surowców energetycznych. A zatem dopiero po kilkunastu latach działania elektrowni jądrowej można powiedzieć, że produkuje ona energię „czystą”, tzn. bez emisji gazów cieplarnianych. Pod tym wzglę-

dem energia nuklearna jest znacznie mniej efektywna od hydroelektrowni i energii wiatrowej.

Odpady

Często zwolennicy energii jądrowej posługują się argumentem, że instalacje EJ produkują znikome ilości odpadów w porównaniu z siłowniami wytwarzającymi energię z paliw kopalnych. Elektrownia węglowa o mocy 1 MWe generuje rocznie ok. 6 – 7 milionów ton szkodliwych gazów (tlenki azotu, siarki i dwutlenek węgla) oraz pyłów. Elektrownia jądrowa o takiej samej mocy wytwarza rocznie „tylko” 35 ton odpadów w postaci wysoce radioaktywnego zużytego paliwa. Mimo iż odpady radioaktywne stanowią wielokrotnie mniejszą masę, są bardzo dużym zagrożeniem i choćby z tego powodu nie ma uzasadnienia opinia, że EJ jest przyjazna ludziom i środowisku.

Wszystkie instalacje EJ na świecie generują rocznie 10 tysięcy ton zużytego paliwa ją-

Dopiero po kilkunastu latach działania elektrowni jądrowej można powiedzieć, że produkuje ona energię „czystą”, tzn. bez emisji gazów cieplarnianych. Pod tym względem energia nuklearna jest znacznie mniej efektywna od hydroelektrowni i energii wiatrowej.

drowego. Zaledwie 15% z tej ilości jest poddawana ponownemu przetworzeniu na paliwo (ang. reprocessing). Średnio każda instalacja EJ produkuje rocznie ok. 30 ton wysoce radioaktywnych odpadów, które mogą zachować radioaktywność przez 250 tysięcy lat.

Francja w okresie 1967-69 wyrzuciła 12 tys. m³ odpadów do morza. Identycznie postępowała Anglia, topiąc w północno-wschodnim Atlantyku odpady swoje, a także pochodzące z Belgii, Szwajcarii i Holandii. Dopiero w 1983 r. zostało to zabronione prawem. W USA budowano przez ponad 20 lat centralne składowisko za ponad 20 miliardów dol. (ok. 20 km podziemnych korytarzy), pod górą Yucca w Nowadzie.

Rząd prezydenta Obamy zrezygnował ostatecznie z ukończenia budowy i centralnego składowania odpadów promieniotwórczych. Pojawiły się bowiem wątpliwości czy nagromadzenie kilkudziesięciu tysięcy ton materiału radioaktywnego na terenie tego składowiska nie stanowi zagrożenia dla jego konstrukcji. Obecnie w USA ok. 70 tysięcy ton odpadów jest ulokowanych niemal w każdym stanie.

Zamieszkiwanie w pobliżu instalacji i składowisk nie jest bezpieczne (przykłady z tere-

nu USA) – stront-90 obecny w odpadach zachowuje radioaktywność przez 600 lat. Przedostaje się do łańcucha pokarmowego. Jego obecność stwierdzono w zębach małych dzieci żyjących w pobliżu instalacji EJ. Pluton – składnik zużytego paliwa, radioaktywny przez kilkaset tysięcy lat, jest niezwykle toksyczny. W 2009 r. udokumentowano w USA liczne przypadki leukemii i raka mózgu wśród mieszkańców żyjących w pobliżu instalacji EJ. W ciągu 20 lat instalacje okazały się przyczyną 18 tysięcy zgonów wśród niemowląt oraz sześciu tysięcy przypadków raka wśród dzieci³.

Koszty budowy

Budowa siłowni jądrowej najczęściej trwa od kilku do 12 lat, głównie z uwagi na wysoką kapitałochłonność. Od 1996 r. zmniejszała się ilość instalacji budowanych i oddawanych do użytku. Rozciągnięty w czasie proces budowy jest jednym z powodów wzrostu kosztów z uwagi na różnorodne okoliczności, niemożliwe do przewidzenia w początkowej fazie realizacji.

Aktualne analizy kosztów budowy instalacji EJ przeprowadzono w Kanadzie, Chinach, Japonii, Anglii, Korei i USA³. Koszt elektrowni jądrowych o mocy 1 MW, konstruowanych w ostatnich pięciu latach, wynosił od 3,6 do 8 miliardów dol. Kwoty te często nie uwzględniały

kosztów zakończenia eksploatacji i zabezpieczenia promieniotwórczych pozostałości po rozbiórce instalacji, które przecież w przyszłości muszą być poniesione. Koszty inwestycyjne były więc wyraźnie zanizone.

Zatem cechą charakterystyczną EJ jest wysoka kapitałochłonność, długi okres budowy i częste przekraczanie początkowo przewidywanych kosztów oraz z reguły pomijanie kosztów związanych z zakończeniem eksploatacji instalacji oraz składowaniem odpadów.

Znacząco wzrosły też koszty produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych. W porównaniu z kosztami w latach 2000-2001 (liczonymi w centach US/kWh), obecnie zwiększyły się one czterokrotnie³.

Źródła

1. European Nuclear Society. *Nuclear power plants world-wide*. 2011 r. www.euronuclear.org/info/encyclopedia.
2. Sovacool B.K.: *The cost of failure: A preliminary assessment of major energy accidents 1907-2007*. „Energy Policy” 36/2008.
3. Sovacool B.K.: *Critically weighing the costs and benefits of nuclear renaissance*. „Journal of Integrative Environmental Sciences” 7/2010.

prof. dr hab. Anna Marzec