

Konieczność redukcji emisji CO₂ radykalnie zwiększyła opłacalność energetyki jądrowej

Z KALKULATOREM NA ATOM

Paweł Wójcik

Według danych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) na świecie działają obecnie 442 elektrownie atomowe o łącznej mocy ok. 370 GW. Najwięcej z nich (103) znajduje się w USA. Na kolejnych miejscach plasują się Francja (59) i Japonia (55). Elektrownie atomowe wytwarzają 18% światowej produkcji energii elektrycznej. W statystykach wykorzystania energii atomowej przewodzi Francja, w której udział tej energii sięga prawie 80% ogólnej produkcji energii elektrycznej. W Niemczech – kraju o zbliżonych do Polski warunkach naturalnych i zasobach surowców energetycznych – wskaźnik ten wynosi 31%.

Na świecie budowanych jest obecnie 28 nowych elektrowni atomowych. Większość z nich powstaje w Azji. W Indiach i Chinach inwestycje w sektorze energetycznym, w tym nuklearnym, są jednym z priorytetów rozwoju gospodarczego. Kraje takie, jak Japonia czy Korea Południowa, pozbawione własnych złóż surowców energetycznych, rozwijają energetykę jądrową, by zmniejszyć swe uzależnienie od importu paliw.

Nowe życie atomu

Po latach ostracyzmu, jakim otoczona była energetyka jądrowa, zwłaszcza po katastrofie w Czarnobylu, staje się ona dzisiaj coraz silniejszą alternatywą dla energetyki klasycznej. Decyduje o tym szereg przesłanek. Na przykład współczynnik

wykorzystania mocy zainstalowanej w EJ wzrósł z 55% w latach 60. do ponad 90% obecnie. Zwiększony też został stopień wykorzystania paliwa z 30 do 60 MWd/t. Zmniejszyła się ilość materiałów i urządzeń na jednostkę mocy zainstalowanej. Na przykład ilość zaworów zmniejszyła się o 50%, ilość pomp o 35%, a o 70% ilość kabli. Dzięki temu zmniejszył się koszt inwestycji, a jej czas realizacji skrócił się do 5 lat od chwili wejścia inwestora na puste pole.

A wszystko to dzieje się przy jednoczesnym wzroście kosztów paliwa klasycznego, jak i coraz trudniejszym jego dostępie z regionów o niestabilnej sytuacji politycznej lub wręcz wrogim nastawieniu do krajów kultury zachodniej.

Posłużyć się można dość wymownym przykładem. Elektrownia węglowa jest w stanie składować na swoim placu paliwo wystarczające najwyżej na trzy miesiące pracy. Przez cały czas swojego istnienia zależna jest ona od pracy kopalń oraz systemu dostaw paliwa. Nie jest kwestią przypadku, że w Polsce górnicy i kolejarze grożą strajkiem z reguły późną jesienią lub zimą, gdy spodziewają się większej uległości rządu świadomego zagrożeń dla funkcjonowania systemu dostaw energii cieplnej i elektrycznej w tak niewralgicznym czasie.

Tymczasem przeciętna elektrownia atomowa na zaspokojenie swoich potrzeb wymaga mniej więcej 1 kontenera paliwa rocznie. W gruncie rzeczy technicznie jest moż-

liwe zgromadzenie na terenie elektrowni paliwa na całe jej techniczne życie... Bez obaw o strajki górników czy kolejarzy...

Przeciwnicy budowy elektrowni atomowej zwracają uwagę na wysokie koszty takiej inwestycji. Uważają, że z lepszym skutkiem pieniądze te mogłyby zostać wydane na rozwój odnawialnych źródeł energii i wzrost efektywności ich wykorzystania, np. przez upowszechnienie technologii energooszczędnych. To rozwiązanie zmniejszyłoby zanieczyszczenie środowiska oraz wzmocniło lokalne rynki pracy. Nie wolno jednak zapominać, że z uwagi na ograniczony potencjał odnawialnych źródeł energii oraz koszty tych technologii, takie działania nie zaspokoją całości prognozowanego przyrostu zapotrzebowania na energię elektryczną. Istotnym argumentem w rękach przeciwników energetyki jądrowej były wysokie koszty likwidacji samej elektrowni po zakończeniu jej pracy oraz koszty ponoszone składowania wypalonego paliwa ponoszone jeszcze przez setki lat po zakończeniu eksploatacji elektrowni.

Zmiany prawa, a zwłaszcza restrykcyjne przepisy ograniczające emisję gazów cieplarnianych (głównie dwutlenku węgla) w dość istotny sposób zwiększyła ekonomiczną atrakcyjność energetyki jądrowej. Bowiem elektrownie atomowe to przede wszystkim niska emisja dwutlenku węgla. W porównaniu do energetyki konwencjonalnej mają one również

niższe emisje pyłów oraz tlenków azotu i dwutlenku siarki, które przyczyniają się do powstawania tzw. kwaśnych deszczy. Z danych IAEA wynika, że zamiana elektrowni węglowej o mocy 1 GW na atomową tej samej wielkości pozwala uniknąć emisji od 1,3 do 2,2 mln ton dwutlenku węgla rocznie. Dla porównania, zamiana elektrowni węglowej na gazową doprowadziłaby do spadku emisji jedynie o 0,4–0,7 mln ton dwutlenku węgla rocznie na każdy 1 GW.

Pieniądże na atom

Oceniając koszty energetyki jądrowej, należy rozpatryć: koszty samej inwestycji, koszty wytworzenia energii, nakłady związane z utylizacją i zagospodarowaniem odpadów radioaktywnych oraz koszty rozbiórki i rekultywacji terenu po wyeksploatowanej elektrowni.

W przypadku elektrowni atomowych największym obciążeniem są koszty budowy, które wynoszą obecnie w przybliżeniu ok. 3 mld euro za jeden blok o mocy 1,5 GW. Dodatkowo, w przypadku pierwszej elektrowni, trzeba brać pod uwagę nakłady związane z przygotowaniem inwestycji, obejmujące m.in. szkolenie kadr, dostosowanie infrastruktury, a także społeczną kampanię informacyjną. Tak więc okres zwrotu nakładów na inwestycję w energię jądrową jest bardzo długi (należy go liczyć w dziesiątkach lat).

Zaletą elektrowni jądrowych jest niski udział kosztów paliwa w

strukturze kosztów wytworzenia energii – wynosi on jedynie ok. 20–25%. Dlatego wzrost cen uranu nie musi się przekładać na równie wysokie podwyżki cen prądu. Dla porównania, w elektrowniach gazowych i węglowych koszt paliwa stanowi ok. 60–70% całkowitych kosztów. W tych przypadkach koszt wytworzenia energii w znacznie większym stopniu uzależniony jest od cen surowców. Warto jednak pamiętać, że w okresach wysokich cen paliw kopalnych rosną również ceny uranu, np. w ostatnich trzech latach podniosły się one o 300%.

Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych jest wciąż droższa niż w źródłach konwencjonalnych, choć różnice te maleją i prognozuje się, że do 2010 r. energia nuklearna może stać się konkurencyjna cenowo wobec innych źródeł. Obecne i prognozowane koszty wytworzenia energii atomowej na tle innych źródeł przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Koszty wytworzenia energii w krajach UE (USD/kWh) wg World Nuclear Association.

	2005 r.	2030 r.
Gaz	3,4–4,5	4,0–5,5
Węgiel	3,0–5,0	4,5–7,0
Uran	4,0–5,5	4,0–5,5
Wiatr	3,5–15,0	2,8–12,0

W przypadku elektrowni atomowych szczególnie istotne i kosztowne są kwestie składowania i zago-

spodarowania odpadów radioaktywnych. Przeciętna elektrownia atomowa o mocy 1 GW wytwarza rocznie około 25–30 ton zużytego paliwa uranowego. Można je wysłać do wyspecjalizowanych zakładów przetwarzania i składowania odpadów radioaktywnych lub poddawać procesowi przeróbki na miejscu. W obu przypadkach łączy się to jednak z bardzo dużymi nakładami. Obecnie średnia cena przerobu 1 kg paliwa to koszt ok. 1000 dolarów. Decyzja o budowie własnego zakładu przerobu może pociągnąć za sobą wydatek nawet kilkunastu miliardów dolarów. Najbardziej niebezpieczną ich grupą są odpady wysokoaktywne (przede wszystkim zużyte paliwo). Stanowią one ok. 3% wszystkich odpadów, ale pochodzi z nich aż 95% promieniowania. Muszą być one składowane w specjalnych beczkach, na głębokości co najmniej 500 m, w regionach stabilnych geologicznie. Wcześniej jednak muszą przejść kwarantannę w specjalnych basenach przy elektrowniach. Szacuje się, iż radioaktywność tej grupy odpadów spada poniżej poziomu zagrażającego ludzkiemu życiu po upływie 1000 lat.

Do ogólnego rachunku kosztów dochodzą koszty związane z rozbiórką i rekultywacją wyeksploatowanej elektrowni (tzw. decommissioning costs). Wynoszą z reguły ok. 10–15% kosztów budowy elektrowni atomowej.

W tabeli 2 przedstawiono wpływ produkcji energii elektrycznej różnymi metodami na zdrowie człowieka i

Tabela 2. Wpływ produkcji energii elektrycznej na zdrowie człowieka i środowisko (eurocenty/kWh).

	WK	WB	gaz	EJ	drewno	wiatr	woda
Zdrowie	0,936	0,909	0,283	0,061	0,776	0,098	0,058
Rolnictwo	0,033	0,025	0,022	0,003	0,052	0,004	0,003
Materiały	0,021	0,019	0,005	0,001	0,015	0,001	0,001
Efekt cieplarniany	0,21	0,238	0,104	0,005	0,013	0,006	0,003
Zapobieganie efektowi cieplarnianemu	1,664	1,887	0,824	0,036	0,106	0,049	0,026
RAZEM	2,864	2,84	1,134	0,101	0,949	0,153	0,087

WK – elektrownia zasilana węglem kamiennym; WB – elektrownia zasilana węglem brunatnym; EJ – elektrownia jądrowa; wiatr – elektrownia wiatrowa o mocy 1,5 MW; woda – hydroelektrownia o mocy 3,1 MW.

➔ środowisko. Z danych tych wynika, że tylko energetyka wodna pociąga za sobą mniejsze koszty zdrowotne i środowiskowe niż energetyka jądrowa. W stosunku do energetyki węglowej energetyka jądrowa ma wpływ 28-krotnie mniejszy.

Kilka konkretów

Przy wszelkiego rodzaju analizach warto oprzeć się na konkretnych przykładach państw, które z energią zarówno jądrową, jak i klasyczną oraz odnawialną mają do czynienia bez porównania dłużej i w większym zakresie niż my.

Finlandia, jak pozostałe kraje skandynawskie, uznawana jest za region szczególnie przychylny ideom ekologii i zrównoważonego rozwoju. Notabene spośród tych krajów elektrownie jądrowe ma zarówno Finlandia, jak i Szwecja.

Otóż w Finlandii dokonano porównania kosztów energii elektrycznej pochodzącej z różnych rodzajów elektrowni. Założono przy tym, że elektrownia ciepła pracuje w roku 8000 h, wiatrowa 220 h, oprocentowanie kapitału wynosi 5%, a koszt uprawnienia do emisji 1 tony CO₂ wynosi 23 euro. W kosztach uwzględniono budowę (amortyzację wraz z kosztami likwidacji), eksploatację, paliwo oraz opłaty za emisję do atmosfery.

Najdroższa okazała się energia pochodząca z elektrowni wykorzystującej drewno – co wydać się może dziwne w kraju posiadającym takie zasoby paliwa oraz mając świadomość faktu, że jest to energia bezemisyjna, jeżeli chodzi o CO₂. Jedna MWh z takiej elektrowni kosztuje ok. 74 euro w tym koszt paliwa stanowi aż 40,6 euro.

Elektrownie na węgiel kamienny i torf (węgiel brunatny) wykazały się korzystniejszą ceną, która wyniosła ok. 65 euro za 1 MWh. W tej cenie około 20 euro stanowią opłaty za emisję dwutlenku węgla.

Nieco tańsza, bo ok. 59 euro za 1 MWh jest energia z elektrowni gazowej, w której głównym kosztem jest paliwo (ok. 40 euro).

Energetyka wiatrowa jest jeszcze tańsza, bo koszt jednostki energii elektrycznej wynosi ok. 53 euro, przy czym w tym przypadku najdroższa jest inwestycja, bo aż 42 euro.

Z całego zestawienia w Finlandii najtańsza okazała się energia jądrowa, w przypadku której koszt jednej MWh wyniósł ok. 35 euro. Jest to o 46% mniej niż w przypadku energetyki węglowej.

Francja po kryzysie naftowym, gdy w latach 70. państwa Zatoki Perskiej użyły dostaw ropy naftowej jako broni, zdecydowała się na uniezależnienie swojej energetyki od dostaw surowców strategicznych. Postawiła na energetykę jądrową i dzisiaj 70–80% energii elektrycznej w sieci pochodzi z elektrowni jądrowych.

Obecnie budowany jest blok 3 w elektrowni Flamanville. Jego moc ma wynosić 1650 MWe, a jego koszt ok. 3,3 mld. euro. Koszt energii elektrycznej produkowanej w tym bloku ma wynieść 35 euro za 1 MWh. W skład kosztów produkcji energii elektrycznej wchodzi:

- koszt budowy i eksploatacji,
- składki na fundusz likwidacji elektrowni,
- składki na fundusz unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych,
- płaty na utrzymanie dozoru jądrowego (8,5 mln euro rocznie, w Francji elektrownie jądrowe ponoszą w całości koszt utrzymania państwowego dozoru państwowego),
- podatki lokalne (20 mln euro rocznie).

Po pierwsze – bezpieczeństwo!

Katastrofa w Czarnobylu zachwiała społecznym poczuciem bezpieczeństwa obiektów nuklearnych. Do dzisiaj bezpieczeństwo, czy też ra-

czej jego brak, używane jest przez antagonistów energetyki nuklearnej jako koronny argument.

Analizując kwestie związane z bezpieczeństwem elektrowni atomowych, należy rozważyć przede wszystkim prawdopodobieństwo i skutki ewentualnej samoistnej awarii reaktora oraz zamachu terrorystycznego. Mając w pamięci katastrofę w Czarnobylu oraz atak na World Trade Center z 2001 r., nietrudno zrozumieć takie obawy. Zdaniem specjalistów są one nieuzasadnione. Według prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, obecnie prawdopodobieństwo poważnego wypadku w nowo wybudowanej elektrowni jądrowej wynosi jak 1 do 10 000. Dziś skutki nawet najpoważniejszej awarii nie powinny rozszerzyć się poza budynek elektrowni. Nowe rozwiązania techniczne wykluczają katastrofę podobną do tej z 26 kwietnia 1986 r. w Czarnobylu. Od tamtego wydarzenia nie odnotowano żadnej awarii, w której doszłoby do poważniejszego skażenia środowiska. Naukowcy szwajcarscy zbadali wszystkie wypadki śmiertelne w przemyśle energetycznym na świecie w latach 1969–1996. Według nich energetyka jądrowa jest najbezpieczniejszym źródłem energii, 10 razy bardziej bezpiecznym od znajdującej się na drugim miejscu energetyki gazowej.

Oceniając możliwość wypadku na skutek ataku terrorystycznego trzeba podkreślić, że elektrownie atomowe należą do najlepiej zabezpieczonych obiektów na świecie, co znajduje potwierdzenie m.in. w badaniach US Electric Power Research Institute. Dowiodły one, że nawet uderzenie samolotu Boeing 767 w budynek elektrowni atomowej nie spowodowałoby awarii reaktora. Podobnie rzecz się ma w przypadku wtargnięcia grupy terrorystów do budynku i próby wysadzenia elektrowni od środka – w tej sytuacji grube ściany sprawiłyby, że substancje radioaktywne nie dostałyby się na zewnątrz.

Paweł Wójcik