

**Galina KALDA¹
Krzysztof SZAREK²**

OCENA EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA ALTERNATYWNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W PORÓWNANIU Z ENERGIĄ ATOMOWĄ

W pracy zaprezentowano możliwości zastosowania energii odnawialnej i energii atomowej. Omówiono udział procentowy na popyt różnego rodzaju energii. Przedstawiono korzyści i zagrożenia źródeł energii atomowej. Podano charakterystyki różnego rodzaju reaktorów jądrowych mających zastosowanie w krajach na świecie, jak i w UE. Porównano źródła alternatywne i energię atomową oraz omówiono przyrost i spadek energii elektrycznej wytwarzanej przez różne typy źródeł energii. W pracy przedstawiono perspektywy wykorzystania odnawialnych źródeł energii i energii atomowej w różnych krajach. Zaprezentowano trzy scenariusze dotyczące perspektyw wykorzystania różnych źródeł energii na świecie, w tym odnawialnych źródeł i energii atomowej do 2020 i 2035 r. Pierwszy scenariusz oznacza działania podejmowane przed 2010 r. w sprawie rozwoju różnych źródeł energii na świecie, w tym OZE i EJ, drugi ze scenariuszy prezentuje obecne, nowe zasady działania, ostatni zaś przedstawia najbardziej efektywne perspektywy dla świata. Porównanie mające wpływ na efektywność wykorzystania dotyczy tego, że podczas wytwarzania energii w odnawialnych źródłach nie powstają żadne odpady (za wyjątkiem biomasy – niewielka ilość popiołu), natomiast w elektrowniach atomowych powstają odpady radioaktywne, z czego część to odpady wysokoaktywne, które muszą być zabezpieczane w specjalny sposób, co wiąże się z dodatkowymi kosztami.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, energia atomowa, rodzaje reaktorów, przyrost, spadek, efektywność

1. Wprowadzenie

Obecnie człowiek podczas swojej działalności na każdym kroku korzysta z energii, dlatego też trudno wyobrazić sobie życie bez jej użytkowania. Energia była, jest i będzie niezwykle potrzebna ludziom w ich życiu. We wszystkich krajach świata energetyka stanowi bazę, na której opiera się zarówno cały nowoczesny przemysł, jak i gospodarka. Energia jest niezbędna do nieustannego roz-

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Galina Kalda, Politechnika Rzeszowska, 35-084 Rzeszów, ul. Poznańska 2, tel. 17 8651068, kaldagal@prz.edu.pl

² Krzysztof Szarek, Politechnika Rzeszowska

woju gospodarczego i z pewnością można ją przyrównać do powietrza czy wody. Różnorodne zastosowania energii spowodowały rozwój wielu metod jej pozyskiwania. Początkowo energia wytwarzana była m.in. z drewna, węgla kamiennego

i brunatnego, a także z ropy naftowej czy gazu ziemnego. Także obecnie surowce te są głównie wykorzystywane do jej produkcji. Jednakże nieustanny wzrost zapotrzebowania na energię, zmniejszanie się zasobów oraz względy ekologiczne

i ekonomiczne stawiają ludziom coraz to nowsze wyzwania i zadania.

Kryzys paliwowy w latach 70. XX wieku uświadomił producentom energii, że zasoby są ograniczone, a nadmierne ich eksploataowanie i zużywanie narusza barierę ekologiczną. Pojawiło się więc pojęcie „zrównoważonego rozwoju energetycznego”, zgodnie z którym należy tak gospodarować energią, aby zapewnić dostęp do wystarczającej jej ilości obecnym, ale co ważniejsze także przyszłym pokoleniom. Dodatkowo należy zmniejszyć do minimum szkodliwe oddziaływanie związane z pozyskiwaniem, konwersją i konsumpcją energii na środowisko naturalne. To z kolei spowodowało wzrost zainteresowania alternatywnymi źródłami energii, tj. surowcami odnawialnymi. Są to źródła, które w procesie przetwarzania wykorzystują energię promieniowania słonecznego, wiatru, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek, energię z biomasy czy wewnętrznego ciepła Ziemi. Obecnie za odnawialne źródła energii można uznać również część odpadów komunalnych i przemysłowych, nadających się do przetworzenia na energię. Dotyczy to zwłaszcza tworzyw sztucznych. W ostatnich latach coraz częściej dążyło się do udoskonalania metod pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł. Obecnie pozwala się na zwiększanie efektywności ich wykorzystania. Alternatywą są również elektrownie atomowe, które podczas eksploatacji nie emitują szkodliwych gazów do środowiska i są wydajnym źródłem energii. Mimo to niosą ze sobą zagrożenia nie tylko dla środowiska, ale także dla ludzi, co jest związane z ewentualnymi awariami, które niestety zdarzają się w tego typu elektrowniach.

Alternatywne źródła energii oraz energia atomowa coraz częściej są uznawane za źródła nisko- bądź zeroemisyjne wytwarzania energii. Powstaje jednak pytanie, które z tych źródeł są bardziej efektywne ze względu na ich wykorzystanie.

2. Popyt na energię odnawialną i jej zastosowanie

Miliony ludzi na całym świecie coraz częściej starają się żyć w ekologicznie czystym środowisku. Niestety nie jest to jednak takie łatwe. Pomocne mogą być wdrażane przez m.in. UE polityki, które znacznie ułatwią realizację takich celów. Jedną ze skuteczniejszych metod dostosowania dostaw energii w sposób mniej uciążliwy dla środowiska naturalnego jest zastosowanie odnawialnych źródeł. Są one sposobem nie tylko na zróżnicowanie źródeł, ale także na ograni-

czenie zależności od wyczerpywalnych surowców doskonale już znanych człowiekowi. Ponadto są najbardziej pewnym środkiem, jeżeli chodzi o minimalizację emisji zanieczyszczeń oraz bezpieczeństwo dostaw energii w przyszłości.

Właśnie ze względu na ochronę środowiska pozyskiwanie energii odnawialnej jest kluczowym działaniem na rzecz zapobiegania widocznym już zmianom klimatu i ograniczenia znacznej ilości zanieczyszczeń. Od wielu lat zapotrzebowanie na energię w większości jest pokrywane przez paliwa kopalne, które podczas spalania emitują niezwykle duże ilości zanieczyszczeń w postaci pyłów czy gazów cieplarnianych. W 2013 roku ropa, gaz i węgiel miały 80,6% udziału

w wykorzystaniu na globalnym rynku energii, co przedstawia rys. 1. Natomiast alternatywne, odnawialne źródła wniosły zaledwie 16,7%.



Rys. 1. Zużycie energii na świecie w 2013 r.

Fig. 1. Energy consumption in the world in 2013

W przeciwieństwie do tradycyjnych paliw źródła odnawialne przez cały swój czas eksploatacji nie emitują uciążliwych gazów czy pyłów lub emitują je w ilościach niemających znaczącego wpływu na pogorszenie się stanu środowiska. Możliwe jest zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o około 600-900 megaton pod warunkiem 20% udziału energii odnawialnej zsumowanej we wszystkich krajach UE [1]. Oprócz tego będzie możliwe zredukowanie zanieczyszczeń powietrza, co pozytywnie wpłynie na zdrowie ludzi.

W sytuacji gdy niektóre państwa nie mają odpowiedniego zabezpieczenia związanego z dostawą energii i są zależne od importu paliw kopalnych, odnawialne źródła energii pozwalają na zwiększenie ich niezależności i tym samym na poprawę stanu własnego sektora energetycznego. W przypadku państw UE prawie 50% wykorzystywanej energii pochodzi z importu – to te właśnie importowane z różnych krajów paliwa kopalne stanowią znaczną większość zużycia energii. W przypadku krajów należących do Unii Europejskiej energia odna-

wialna umożliwia rozszerzenie zakresu dostępnych źródeł do wytwarzania energii, minimalizuje zależność od importu tradycyjnych nośników energii, zmniejsza ryzyko przerw w dostawie energii i pobudza sektor energetyczny poprzez zwiększenie konkurencji na rynku.

Energia pozyskiwana z odnawialnych źródeł jest okazją do ożywienia gospodarki chociażby poprzez tworzenie nowych miejsc pracy. W sektorze produkującym energię z odnawialnych źródeł zatrudnia się ponad 1,5 mln ludzi i to tylko

w Europie, a ciągły wzrost może zwiększyć liczbę pracujących do 2020 r. do nawet ponad 2,5 mln [1].

Energię odnawialną można spożytkować zarówno do wytwarzania energii elektrycznej, ciepłej, jak i do zaspokojenia potrzeb w transporcie. Niemniej jednak, nie każdy rodzaj energii jest możliwy do wykorzystania na różne sposoby, np. energię wiatru można jedynie spożytkować do wytwarzania prądu, a energię słoneczną do wytwarzania prądu i ciepła. W transporcie alternatywą dla paliw – benzyny czy oleju napędowego są biopaliwa.

3. Energia atomowa – korzyści i zagrożenia

W przypadku oddziaływania elektrowni jądrowych na środowisko na ich korzyść wpływa niska emisja gazów powodujących efekt cieplarniany, w szczególności brak emisji dwutlenku węgla. Ponadto znacznie mniej emitują pyłów czy tlenków siarki, co zmniejsza powstawanie kwaśnych deszczy. Elektrownia atomowa w porównaniu z węglową o takiej samej mocy (1000 MW) pozwala na ochronę środowiska poprzez uniknięcie emisji dwutlenku węgla o około 2,2 mln ton w ciągu roku [3].

Istotnym problemem tego rodzaju elektrowni związanym z oddziaływaniem na środowisko jest składowanie niebezpiecznych radioaktywnych odpadów. W szczególności dotyczy to odpadów wysokoaktywnych, do których zalicza się zużyte paliwo. Pomimo że stanowią one jedynie 3% wszystkich odpadów, w przypadku promieniowania jest uwalniane z nich aż 95%. Konieczne jest ich wieloletnie przechowywanie w specjalnie przygotowanych pojemnikach i w rejonach, które są stabilne geologicznie. Jednak w sytuacji wydostania się szkodliwych substancji radioaktywnych z miejsca przechowywania możliwe jest skażenie wód, gleby czy powietrza.

Energia atomowa (jądrowa) jest niewątpliwie jednym ze źródeł (oprócz OZE), które mogą zastąpić elektrownie tradycyjne oparte na paliwach kopalnych. Jednakże jest to rodzaj elektrowni, który ma swoje wady i niesie ze sobą pewne zagrożenia związane z bezpieczeństwem, zwłaszcza ludzi. Chodzi głównie

o prawdopodobne skutki awarii reaktora czy ryzyko związane z atakiem terrorystycznym. Są to jak najbardziej uzasadnione obawy, wspominając chociażby katastrofę w Czarnobylu i Japonii. Po awarii w Czarnobylu Międzynarodowa

Agencja Energii Atomowej stworzyła skalę zdarzeń jądrowych składającą się z siedmiu poziomów, poczynając od drobnych zdarzeń niemających większego wpływu na bezpieczeństwo, skończywszy na wielkich awariach zagrażających życiu ludzi.

Zdaniem niektórych specjalistów są to nieuzasadnione obawy, a prawdopodobieństwo awarii w nowej elektrowni wynosi 1 do 10000, a w dodatku skutki samej awarii nie powinny rozleźć się poza teren elektrowni. Jednak w 2011 r. doszło do awarii w Japonii w elektrowni Fukushima. Co prawda, była to elektrownia starszego typu, jednak w przypadku jej konstruowania nie przewidziano, że fala tsunami może mieć aż 10 m wysokości. Podobne zdarzenia powodujące awarie elektrowni atomowych mogą się wydarzyć niespodziewanie w każdej chwili. Dlatego też przed budową tego typu elektrowni należy bardzo dokładnie przemyśleć i przeanalizować wszystkie możliwe „za” i „przeciw”, szczególnie związane

z bezpieczeństwem.

W przypadku ewentualnej budowy elektrowni istotnym problemem dość często jest brak poparcia społeczeństwa ze względów bezpieczeństwa czy gospodarki odpadami. Bardzo często z tego powodu przed podjęciem decyzji o ewentualnej lokalizacji są tworzone kampanie społeczne. Niemniej jednak, wszystkie funkcjonujące elektrownie są coraz bardziej w miarę możliwości zabezpieczane. Z roku na rok sytuacja ulega poprawie, co jest związane z postępem technologicznym oraz wprowadzanymi międzynarodowymi normami dotyczącymi chociażby bezpieczeństwa.

Rozwój energetyki jądrowej jest uzależniony od wielu czynników, które zarówno skłaniają do tego typu inwestycji, jak i utrudniają jej rozwój. Do tych pierwszych można z pewnością zaliczyć m.in. [4]:

- globalny, rosnący popyt na energię elektryczną,
- niska i ustabilizowana cena energii produkowanej w elektrowniach jądrowych,
- możliwość zastąpienia elektrowni opartych na paliwach naturalnych i pracy w podstawie obciążenia sieci, co nie jest możliwe w przypadku wszystkich źródeł odnawialnych,
- możliwość całkowitego odcięcia się od importu energii zza granicy,
- wzrost cen ropy czy gazu,
- ciągły postęp technologiczny w udoskonalaniu technologii jądrowych oraz coraz większe doświadczenie w tym zakresie,
- dbanie o środowisko (wynikające z braku emisji gazów cieplarnianych, w tym najbardziej uciążliwego dwutlenku węgla).

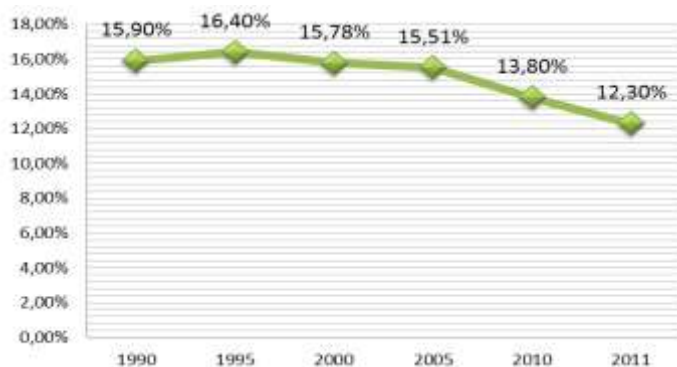
Czynnikami utrudniającymi inwestycję są:

- bardzo wysokie koszty związane z budową elektrowni, niekiedy większe niż zakładane,

- w przypadku państw, w których powstaje pierwsza elektrownia atomowa, koszty dodatkowe związane ze szkoleniami kadr czy budową infrastruktury,
- w niektórych przypadkach konieczność modernizacji systemu elektroenergetycznego, który należy przystosować do wprowadzenia do niego bardzo dużej mocy,
- obawa wielu ludzi na całym świecie przed poważnymi awariami.

Energia atomowa na świecie

Obecnie na świecie działa 437 reaktorów, rozmieszczonych w 30 państwach na różnych kontynentach. Zainstalowana moc wynosi około 373 GW. W 2010 roku elektrownie jądrowe miały swój udział w globalnej produkcji elektryczności na poziomie 13,8%, a w roku kolejnym po awarii w Japonii 12,3%, co w porównaniu z latami wcześniejszymi oznacza spadek jej udziału (rys. 2.).



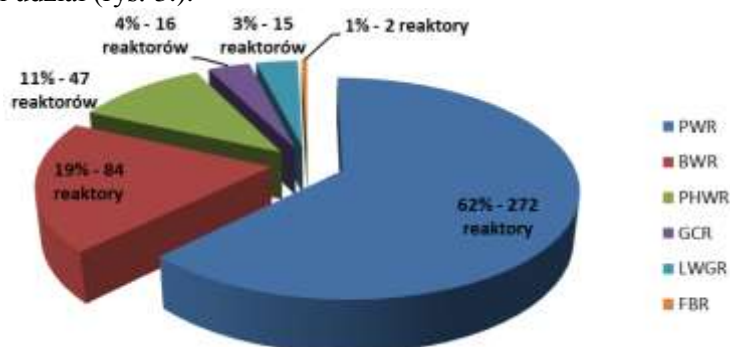
Rys. 2. Udział energii atomowej w światowej produkcji energii elektrycznej w latach 1990-2011

Fig. 2. The share of nuclear energy power in worldwide electricity production in 1990-2011

Jeżeli chodzi o poszczególne kontynenty, to w latach 2011-2012 najwięcej elektrowni jądrowych znajdowało się na terenie Europy (w 17 państwach), co stanowi blisko 57% państw w skali globalnej, w Azji – w 7 państwach, w Ameryce Północnej i Ameryce Południowej – w 5 państwach i 1 w Afryce. Największą liczbę reaktorów na świecie mają Stany Zjednoczone (104), znacznie mniej Francja (58 reaktorów – jest to najlepszy wynik w Europie).

Największy udział elektrowni atomowych w produkcji energii elektrycznej (w 2011 r.) mają państwa europejskie, w szczególności Francja, Słowacja i Belgia. W przypadku Francji udział energii jądrowej w produkcji energii elektrycznej stanowi 80%.

W poszczególnych krajach energia atomowa jest wykorzystywana z zastosowaniem różnych typów reaktorów, z czego największy udział mają reaktory lekkowodne (oznaczane jako PWR i BWR) i ciężkowodne (PHWR). Pozostałe stanowią niewielki udział (rys. 3.).



Rys. 3. Typy reaktorów i ich udział w wytwarzaniu energii w 2012 r.

Fig. 3. Type of reactors and their share in power generation in 2012

Znaczna część pracujących reaktorów ma powyżej 20 lat, niektóre nawet ponad 30, co jest rezultatem spowolnienia dalszego rozwoju energetyki atomowej, na które wpływ miała awaria w Czarnobylu oraz niedawna awaria w Japonii. Awaryjne są zatem czynnikiem, który znacząco wpłynęły na liczby budowanych reaktorów. Wiek ma znaczący wpływ na dalsze losy elektrowni, ponieważ starsze konstrukcje zbliżają się do określonego czasu działania, czyli około 40 lat. Jednak, stosując obecnie znane technologie, poprzez modernizację można wydłużyć okres ich eksploatacji nawet do 60 lat. Jest to czas niezbędny na wycofanie już wyeksploatowanych elektrowni i zastąpienie je nowymi konstrukcjami.

4. Porównanie źródeł alternatywnych i energii atomowej

Spośród największych światowych gospodarek zdecydowana większość korzystała z energetyki jądrowej. Z energii jądrowej nigdy nie korzystały Włochy, Australia, Indonezja, Polska i Turcja. W przypadku odnawialnych źródeł energii (OZE) wszystkie państwa wykorzystywały tzw. zieloną energię.

Przyrost mocy w latach 2001-2011 w energetyce jądrowej był niewielki, a znaczne moce były osiągnięte przed 2001 r. W ostatnim dziesięcioleciu przyrost mocy wyniósł zaledwie 25 GW (Chiny, Indie, Iran, Japonia, Korea Południowa

i Rosja). W przypadku OZE w latach 2001-2011 nastąpił zdecydowany przyrost mocy i to we wszystkich największych gospodarkach świata. Moc czystej energii wzrosła o około 480 GW, co w porównaniu z poprzednim dziesięcioleciem stanowiło wzrost o około 90%.

Do największych producentów energii z odnawialnych źródeł spośród największych gospodarek świata należą: Chiny, Brazylia i USA. Moc tych trzech państw stanowi około 600 GW, przy czym na świecie w 2012 r. moc OZE wyniosła około 1560 GW. W przypadku Chin moc OZE jest blisko 28-krotnie większa niż w energetyce jądrowej (EJ) i wynosi 300 GW (EJ – 11 GW). W USA w 2010 roku OZE wyprzedziły EJ pod względem produkcji energii. Brazylia ma 50% większą moc zainstalowaną w OZE niż w EJ – 92 GW OZE i około 2 GW EJ. W tabeli 1. zestawiono dane o wykorzystaniu OZE i EJ w latach 2011-2013.

Tabela 1. Porównanie danych związanych z wykorzystaniem OZE i EJ

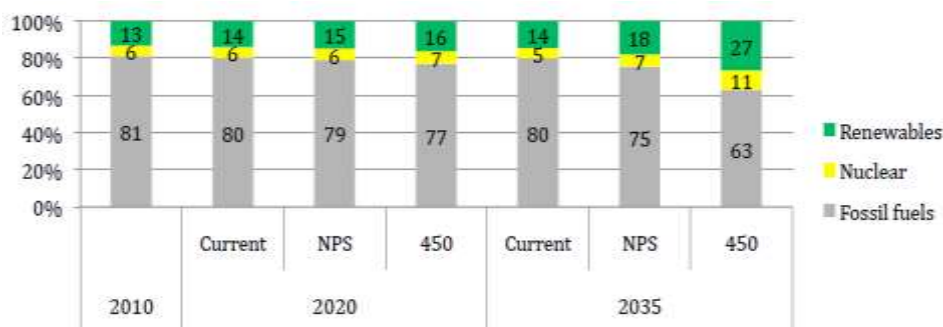
Table 1. Comparison of the evidence connected to the use of AES and NE

OZE			Energia atomowa		
Moc zainstalowana na świecie [GW]					
2011	2012	2013	2011	2012	2013
1260	1360	1560	375,28	368,92	373,07
Przyrost/spadek mocy na świecie w latach 2011-2013					
+ 23,8%			-0,58%		
Wyprodukowana energia elektryczna na świecie [TWh]					
2011	2012	2013	2011	2012	2013
4250	4540	4760	2630	2518	2346
Przyrost/spadek energii elektrycznej w latach 2011-2013					
+ 12%			-10,8%		
Udział w produkcji energii elektrycznej na świecie					
2011	2012	2011	2012		
19,8%	20,3%	12,9%	13,1%		
Przyrost/spadek w produkcji energii elektrycznej w latach 2011-2012					
+ 2,5%			+ 1,5%		
Liczba państw wykorzystujących te źródła energii					
>100			30		
Moc zainstalowana w UE w 2011 r. [GW]					
265			122		
Udział w pozyskanej energii pierwotnej w UE w 2011 r.					
20%			28%		
Udział w końcowym zużyciu energii w UE w 2011 r.					
12,4%			13%		
Udział w wytwarzaniu energii elektrycznej w UE w 2011 r.					
21%			27%		
Wyprodukowana energia elektryczna w UE w 2011 r. [TWh]					
około 730			około 950		

Liczba państw wykorzystujących obecnie te źródła energii	
27 (wszystkie państwa UE)	14

5. Perspektywy wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) i energii atomowej (EJ) w UE i na świecie

Międzynarodowa Agencja Energii w 2012 r. przedstawiła trzy scenariusze dotyczące perspektyw wykorzystania różnych źródeł energii na świecie, w tym odnawialnych źródeł i energii atomowej do 2020 i 2035 r. [2]. Pierwszy scenariusz analizuje działania podejmowane przed 2010 r. dotyczące rozwoju różnych źródeł energii, w tym OZE i EJ (Current), drugi ze scenariuszy zaś obecne, nowe zasady działania (NPS). Ostatni scenariusz (450) przedstawia najbardziej efektywne perspektywy rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii (rys. 4.).



Rys. 4. Perspektywy udziału pierwotnych źródeł energii w światowym zapotrzebowaniu na energię

Fig. 4. The share of the primary sources of energy in the global energy demand

Jak przedstawia rys. 4., w 2010 r. udział energii atomowej stanowił 6% światowego zapotrzebowania na energię przy 13% OZE. W perspektywach na 2020 r. według scenariusza (Current) działań poziom ten wzrośnie o 1% dla OZE i nie zmieni się dla EJ, która odnotuje spadek w 2035 o 1%. Według drugiego scenariusza (NPS) do 2020 r. nie zmieni się sytuacja EJ, wzrośnie za to udział OZE do 15%. W perspektywach do 2035 r. EJ zwiększy swój udział w zapotrzebowaniu na energię zaledwie o 1% do poziomu 7%, natomiast OZE o 3% z 15% do 18%. Trzeci scenariusz (450) prognozuje, że w 2035 r. udział OZE w światowym zapotrzebowaniu na energię na poziomie 27% przy 11% EJ.

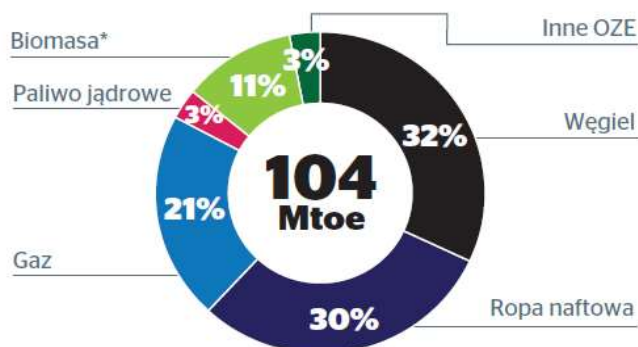
W przypadku udziału poszczególnych źródeł w produkcji energii elektrycznej na świecie według scenariuszy nowych polityk (NPS) w latach 2020 i 2035 energia atomowa będzie wytwarzała około 12%, czyli mniej światowej energii elektrycznej niż w 2010 r. (13%). Wzrośnie za to produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł z 20% w 2010 r. do 25% w 2020 i 31% w 2035.

W porównaniu z 2010 r. znacznie wzrośnie moc odnawialnych źródeł, a zwłaszcza energii słonecznej, wiatru i wody. W przypadku wykorzystania fotowoltaiki z 40 GW w 2010 r. do około 270 GW w 2020 i nawet ponad 600 GW w 2035 r. (dla scenariusza NPS). W latach 2010-2035 nastąpi więc 15-krotny wzrost tych źródeł energii.

W krajach UE w pierwotnych źródłach energii z 9 punktów procentowych w 2010 r. perspektywa wykorzystania OZE wzrośnie do 21% w 2020 r. i aż 58% w 2030. Natomiast w przypadku energii atomowej perspektywy na najbliższe kilkanaście lat nie są optymistyczne i prognozują spadek jej udziału jako źródła energii w krajach UE. W porównaniu z 2010 r. w 2020 spadek wyniesie 2% (z 13% na 11%). Do 2030 roku wykorzystanie tego źródła spadnie do 0% właśnie na rzecz odnawialnych źródeł energii.

Całkowita zainstalowana moc w odnawialne źródła w krajach Unii wzrośnie w latach 2010-2050 o 200% z 600 do 1200 GW. Będzie to miało wpływ na produkcję energii elektrycznej w UE. Już w 2020 r. z odnawialnych źródeł zostanie pozyskane około 56% energii, przy 19% z elektrowni atomowych, a do 2050 jest spodziewane 100% elektryczności z tzw. „zielonej” energii.

Przyszłość wytwarzania energii w Polsce w perspektywie kilkudziesięciu najbliższych lat według wielu scenariuszy jest różna, zwłaszcza jeżeli chodzi o wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz energii atomowej. Dlatego też zostaną przedstawione perspektywy uwzględniające różne scenariusze na lata 2030 i 2050. Najbardziej optymalne perspektywy na 2030 r. według Instytutu Badań Strukturalnych (według różnych scenariuszy) dla różnych źródeł energii, w tym odnawialnych źródeł i energii atomowej, przedstawia rys. 5. i 6.

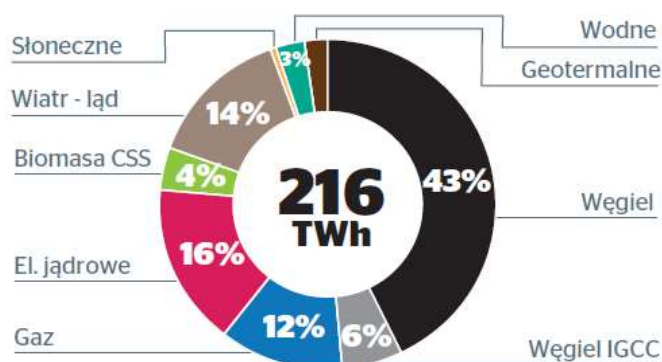


Rys. 5. Perspektywy udziału różnych źródeł energii jako energii pierwotnej w Polsce w 2030 r., na podstawie [5]

Fig. 5. The share of different energy sources as primary energy in Poland in 2030, based on [5]

Energia pierwotna, czyli zawarta w pierwotnych nośnikach i pozyskiwana bezpośrednio z zasobów odnawialnych i nieodnawialnych, na terenie naszego

kraju w przypadku odnawialnych źródeł energii w 2030 r. będzie stanowić 14%, przy czym zaledwie 3% będzie pochodzić z energii atomowej. Największy udział w źródłach energii pierwotnej spośród niewyczerpalnych zasobów będzie miała biomasa, w tym także ta przeznaczona na produkcję biopaliw i biogazu. Łącznie będzie to około 11%.



Rys. 6. Perspektywy udziału różnych źródeł energii w produkcji elektryczności w Polsce w 2030 r., na podstawie [5]

Fig. 6. The share of different energy sources in electricity production in Poland in 2030, based on [5]

W przypadku wykorzystania do celów produkcji energii elektrycznej w Polsce w 2030 r. alternatywne źródła będą miały przewagę nad energią atomową. W elektrowniach jądrowych będzie produkowane około 16% elektryczności przewidywane na 2030 r. W przypadku prognoz dla odnawialnych źródeł około 14% stanowią elektrownie wiatrowe usytuowane na lądzie. Według prognoz pozostałe źródła, takie jak elektrownie geotermalne, słoneczne, wodne i przeznaczone na biomasę, będą stanowić około 23% produkcji elektryczności.

Energia pierwotna w perspektywach na 2050 r. będzie zawierać około 5% energii atomowej (wzrost o 2% w porównaniu z prognozami na 2030 r.), nato-

miast 28% będzie pochodzić z energii odnawialnej. Największy udział w źródłach energii pierwotnej spośród niewyczerpalnych zasobów będzie miała nadal biomasa – 18% oraz inne niewyczerpalne źródła – 10%.

Perspektywy wykorzystania OZE i EJ do produkcji energii elektrycznej w 2050 r. w Polsce według optymalnego scenariusza IBS przedstawiają się następująco: elektrownie jądrowe – 23% udziału w produkcji prądu (wzrost o 7% w porównaniu z perspektywami na 2030 r.) OZE – 50% (wzrost o 27% w porównaniu z prognozami na 2030 r.). Z tych prognozowanych 50% najwięcej

prądu (30%) mają produkować elektrownie wiatrowe. Wyraźnie wzrośnie także udział elektrowni słonecznych do około 6%. Znaczenie będzie miała także biomasa oraz w niewielkim stopniu elektrownie wodne – 4% i geotermalne – 2%.

6. Podsumowanie

Porównując alternatywne źródła energii z energią atomową, te pierwsze mogą być wykorzystywane zarówno do produkcji energii elektrycznej, ciepłej (podgrzewanie wody czy wspomaganie ogrzewania), jak i alternatywnych paliw, takich jak biodiesel. W przypadku energii atomowej wykorzystanie wiąże się głównie z produkcją elektryczności. Dane dotyczące zużycia energii na świecie w 2010 r. (według Global Status Report 2012 [5]) w sektorach energii elektrycznej i ciepłej oraz w sektorze transportowym wskazują na znacznie większy udział odnawialnych źródeł na poziomie 16,7%, a energii atomowej jedynie 2,7%. Jeżeli chodzi o wytwarzanie tylko energii elektrycznej, w 2010 r. OZE wyprodukowały 19,8% światowej elektryczności (przy 12,9% energii wyprodukowanej w elektrowniach atomowych), a w 2011 – 20,3% (przy 13,1% z elektrowni atomowych).

Kolejne porównanie mające wpływ na efektywność wykorzystania dotyczą kwestii braku powstawania odpadów podczas wytwarzania energii w odnawialnych źródłach (z wyjątkiem biomasy – niewielka ilość popiołu). Natomiast w elektrowniach atomowych powstają odpady radioaktywne, z czego część z nich to odpady wysokoaktywne, które muszą być specjalnie zabezpieczane, co wiąże się z dodatkowymi kosztami.

Na efektywność wykorzystania OZE wpływ mają także parametry ekonomiczne, takie jak koszty związane z budową elektrowni, eksploatacją, wytwarzaniem energii czy ceną paliwa. Nakłady inwestycyjne (na 1 MW mocy) dla przedstawionych w pracy alternatywnych źródeł energii wahają się od 6,6 do 18,5 mln zł, natomiast dla elektrowni atomowych od 15 do 20 mln zł. Eksploatacja związana z utrzymaniem i remontami (dane dla UE) kosztuje około 0,11 euro/MW dla elektrowni atomowych, z kolei dla alternatywnych źródeł waha się w przedziale 0,042-0,29 euro/MW. Wytwarzanie energii (na przykładzie

Niemiec w 2012 r.) w przypadku elektrowni jądrowych to koszt 0,04-0,07 euro/kWh, a

dla alternatywnych źródeł – 0,035-0,2 euro/kWh. Dodatkowo elektrownie atomowe muszą ponosić koszty paliwa, które jak na razie nie mają większego wpływu na ceny wytwarzanej energii.

Ważny parametr związany z efektywnością wykorzystania to okres budowy i eksploatacji źródeł energii. Elektrownie atomowe są zazwyczaj budowane przez około 5-7 lat (czasami nawet znacznie dłużej), a eksploatowane przez 40-60 lat. Zdecydowanie szybciej powstają alternatywne źródła energii, które mogą zostać wybudowane już w przedziale od kilku miesięcy (np. elektrownie

fotowoltaiczne) do około 3 lat (farmy wiatrowe na morzu). Ich eksploatacja natomiast waha się od 20 do nawet 90 lat (elektrownie wodne).

Na podstawie wniosków za bardziej efektywne źródła energii uważa się alternatywne źródła energii, które są niewyczerpalne i bezpieczne podczas użytkowania. Nie stwarzają takiego zagrożenia jak elektrownie atomowe. Postęp techniczny w sektorze odnawialnych źródeł powoduje zwiększanie sprawności i wydajności urządzeń, co z kolei prowadzi do coraz to niższych kosztów związanych z wytwarzaniem energii.

Literatura

- [1] Energia odnawialna zmienia świat. Komisja Europejska. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luxemburg 2012.
- [2] Mix energetyczny 2050. Analiza scenariuszy dla Polski, http://www.mg.gov.pl/files/upload/10460/Mix_energetyczny_2050%20wer%2020120119.pdf
- [3] Perspektywy rozwoju energii atomowej w Polsce, http://www.elektrownieatomowe.info/16_fakty/49_Raporty_o_energii_jadrowej_Raporty_o_energetyce/8786_Perspektywy_rozwoju_energii_atomowej_w_Polsce.html#topcontent
- [4] Stan energetyki jądrowej na świecie, <http://www.atom.edu.pl/index.php/component/content/article/74-energetyka-jadrowa-na-swiecie/104-stan-energetyki-jadrowej-na-swiecie.html>
- [5] Renewables Global Futures Report. http://www.ren21.net/Portals/0/GFR_Scenario_Profiles_draft_Jan16.pdf

THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES AS COMPARED TO NUCLEAR POWER

Summary

The article presents a possibility of using nuclear in the future worldwide including the European Union. The percentage of on demand different types of energy has been shown along with the benefits and risks of nuclear energy sources. The characteristics of various types of nuclear reactors, which are widely used today in countries around the world and the EU have also described.

The article contains the comparison of alternative sources of energy and nuclear, showing the increase and decrease of electricity in the world and the European Union, produced by different types of energy sources. It presents the perspective of the use of renewable energy sources and nuclear power in different countries. It also includes three scenarios related to the prospects of using different energy sources in the world, including renewable and nuclear energy from 2020 to 2035. First scenario foresees actions before 2010 on the development of a variety of sources including AES and NE in the world, the second scenario – the new rules of operation and the last scenario represents the most efficient outlook for the world. The comparison, affecting the efficiency

in use, concerns the production process of energy from renewable sources with no waste (with the exception of biomass – a small quantity of ash). However nuclear power plants produce

radioactive waste, some of which is classified as high-level waste, that must be protected in a special way, which involves additional costs.

Keywords: renewable energy, nuclear energy, types of reactor's, increase, decrease, efficiency

Przesłano do redakcji: 18.12.2014 r.

Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.16