

Magdalena ZABOCHNICKA-ŚWIĄTEK<sup>1</sup> i Lucyna SŁAWIK<sup>1</sup>

## ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W POLSCE - STAN OBECNY

### RENEWABLE ENERGY SOURCES IN POLAND

**Abstrakt:** Termin odnawialne źródła energii dotyczy źródeł energii przyjaznych dla środowiska, których używanie i wykorzystanie cieszy się coraz większym zainteresowaniem na świecie. Odnawialnymi źródłami energii są: energia wód, energia geotermalna, energia słoneczna, energia wiatru, biomasa (drewno, słoma, odchody zwierząt), biopaliwo, biogaz. Istnieje szereg aktów prawnych Ministerstwa Gospodarki RP oraz dyrektyw Unii Europejskiej dotyczących odnawialnych źródeł energii. W niniejszej pracy dokonano analizy udziału poszczególnych źródeł odnawialnych w produkcji energii w Polsce z uwzględnieniem obowiązującego w kraju ustawodawstwa oraz przedstawiono wady i zalety poszczególnych źródeł odnawialnych.

**Słowa kluczowe:** energia, odnawialne źródła energii, biopaliwa

Polska posiada złoża węgla kamiennego i brunatnego, w związku z czym stanowią one główne źródło energii naszego kraju. Bardzo duże znaczenie mają również ropa naftowa i gaz ziemny. Eksploatacja zasobów paliw kopalnych powoduje wzrost stężenia zanieczyszczeń w atmosferze ziemskiej oraz niekorzystne zmiany klimatu. W celu ograniczenia stopnia zanieczyszczenia atmosfery konieczne jest wykorzystanie innych źródeł energii, takich jak *odnawialne źródła energii* (OZE). Źródła tej energii dopiero od niedawna stały się przedmiotem zainteresowania w naszym kraju [1, 2]. Wprowadzenie odpowiednich aktów prawnych w kraju świadczy o tym, że władze dostrzegają problemy produkcji i coraz większego zużycia energii elektrycznej, a także szukają nowych rozwiązań.

#### Odnawialne źródła energii według aktów prawnych RP

Podstawą w zakresie energetyki w Polsce jest Ustawa - Prawo energetyczne, która mówi o stworzeniu warunków dla trwałego wzrostu gospodarczego kraju, zapewnieniu jego bezpieczeństwa energetycznego, gospodarczym i racjonalnym użytkowaniu paliw i energii, wprowadzeniu konkurencji w sektorze energetycznym, przeciwdziałaniu negatywnym skutkom naturalnych monopolii, spełnieniu zobowiązań na mocy porozumień międzynarodowych, ochronie interesów konsumentów i minimalizacji kosztów [3].

Na podstawie Ustawy - Prawo energetyczne wydano rozporządzenie określające rodzaje odnawialnych źródeł energii, parametry techniczne i technologiczne wytwarzania energii elektrycznej lub ciepła z odnawialnych źródeł energii. Według tego rozporządzenia, do energii wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii zalicza się energię elektryczną lub ciepło pochodzące z elektrowni wodnych, wiatrowych, ze źródeł wytwarzających energię z biomasy i biogazu, ze słonecznych źródeł fotowoltaicznych oraz kolektorów do produkcji ciepła, ze źródeł geotermalnych. Rozporządzenie to określa, jaki jest minimalny udział ilościowy energii elektrycznej i ciepła wytworzonych z odnawialnych źródłach energii

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa, tel. 34 372 13 03, fax 34 372 13 04, email: lslawik@is.pcz.czest.pl

w rocznej sprzedaży energii, według którego w latach 2010-2014 powinien on wynosić 9% [4-6].

Obwieszczenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 31 sierpnia 2005 r. określiło cele wskaźnikowe w zakresie energii elektrycznej wytwarzanej z OZE znajdujących się na terenie Polski w krajowym zużyciu energii elektrycznej w latach 2005-2014. Raport odnosi się do Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 września 2001 r. Nr 2001/77/WE, według której procentowy udział energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii elektrycznej w 2010 r. w Polsce powinien wynosić 7,5% [7].

Osiągnięcie zamierzonych celów dotyczących udziału ilościowego energii z odnawialnych źródeł energii wymaga wsparcia ze strony państwa poprzez: zwiększenie finansowania rozwoju odnawialnych źródeł energii, wprowadzenie nowych inicjatyw na rzecz wzmocnienia energetyki odnawialnej i efektywności energetycznej, wspólnotowy plan na rzecz wykorzystania biomasy dla celów energetycznych, wzrost wykorzystania energii odnawialnej na cele grzewcze i chłodzenia, politykę z zakresu wykorzystania energii wiatrowej na morzu, kontynuację prac badawczo-rozwojowych w zakresie technologii odnawialnych źródeł energii. W dokumencie zestawiono również przewidywania odnośnie do struktury odnawialnych źródeł energii, z których wynika, iż największy potencjał pośród zasobów OZE w Polsce stanowi:

- biomasa (4% krajowego zużycia energii elektrycznej),
- wiatr (2,3% krajowego zużycia energii elektrycznej),
- woda (1,2% krajowego zużycia energii elektrycznej).

Z uwagi na brak doświadczenia w wykorzystaniu zasobów geotermalnych w produkcji energii elektrycznej nie określono ich udziału procentowego. Z kolei technologie słoneczne mają ogromny potencjał techniczny, już teraz odgrywają one znaczącą rolę jedynie w produkcji ciepła [8].

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia określa jako energię odnawialną również części energii uzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 44 ust. 8 i 9 Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach [9].

W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 3 lutego 2009 r. określono szczegółowe przeznaczenie, warunki i tryb udzielania pomocy publicznej na inwestycje w zakresie budowy lub rozbudowy jednostek produkujących energię elektryczną, wykorzystujących energię wody (w małych elektrowniach wodnych), wiatru, biogaz lub biomasę, energię elektryczną ze źródeł odnawialnych w kogeneracji w układach niespełniających wymogów wysokosprawnej kogeneracji, ciepło przy wykorzystaniu energii geotermalnej lub słonecznej [10]. Rozporządzenie to stanowiło zachętę do budowy oraz rozbudowy takich jednostek.

W Obwieszczeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2009 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2030 r. za jeden z podstawowych kierunków polityki energetycznej uznano rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw [11].

## Wykorzystanie OZE w Polsce

Obecnie najszerzej akceptowanym rozwiązaniem dla kończących się zasobów surowców organicznych jest upowszechnienie energetyki wykorzystującej alternatywne źródła energii: wody, wiatru, słońca, energii cieplnej wnętrza ziemi, biomasy i wodoru [2].

Potencjał energii wodnej w Polsce jest niewielki, co wynika z małych opadów, słabej dystrybucji opadów i wycieków z ziemi [12]. Energia wód w Polsce obejmuje jedynie rzeczne elektrownie wodne stanowiące 7,3% (2100 MW) zasobów energii w Krajowym Rejestrze Energetycznym [13]. W Polsce wykorzystuje się elektrownie wodne, tj.: elektrownie derywacyjne (zbudowane na rzekach górskich, doprowadzające wodę ze zbiornika do elektrowni położonej poniżej zbiornika), elektrownie przepływowe (wykorzystujące energię przepływu wody), elektrownie regulacyjne (zbiornikowe; gdzie przed elektrownią znajduje się zbiornik wodny wyrównujący sezonowe różnice w ilości płynącej wody) oraz elektrownie szczytowo-pompowe (ich działanie polega na współpracy dwóch zbiorników wodnych położonych obok siebie na różnych poziomach). Ostatni typ stanowi jedynie magazyn energii, pełniący ważną rolę interwencyjną w przypadkach awarii systemu elektroenergetycznego. Pod względem ciągłości pracy lepsze są elektrownie przepływowe, gdyż mogą pracować prawie bez przerwy, jednak ilość produkowanej energii zależy od ilości wody przepływającej w rzece w danym momencie, ponieważ elektrownie te nie posiadają zbiornika wodnego. Ich praca polega na bezpośrednim przetworzeniu w turbinach energii kinetycznej przepływającej rzeki. Poprzez budowę kaskad, zespołów zbiorników oraz elektrowni rozmieszczonych wzdłuż całego biegu rzeki jest możliwe wykorzystanie niemal całego zasobu energii w rzece [2, 12-14]. W Polsce największe znaczenie wśród tego typu hydroelektrowni mają niskospadowe elektrownie z zaporami ziemnymi, wyposażone w turbiny Kaplana, turbiny rurowe lub w przypadku bardzo małych mocy - turbiny rurowe z generatorem zewnętrznym lub turbiny Banki-Michella. Elektrownia zbiornikowa może produkować energię o większej mocy niż moc odpowiadająca chwilowemu dopływowi. Ponadto może dostosowywać się do sezonowych wahań ilości przepływającej wody. Ten typ hydroelektrowni reprezentowany jest najczęściej przez duże elektrownie wodne [13].

W celu przetworzenia energii wiatru na energię elektryczną wykorzystuje się szybkoobrotowe elektrownie o osi poziomej - elektrownie wiatrowe. Tego typu elektrownia pracuje samoczynnie pod nadzorem mikrokomputera, który w razie awarii zatrzymuje elektrownię. Przy projektowaniu instalacji elektrowni wiatrowej niezbędne jest zbadanie charakterystyki wiatru na terenie planowanej elektrowni. Poznanie charakterystyki wietrzności (średniej rocznej prędkości wiatru i dominującego kierunku) wybranego terenu wymaga przynajmniej 12-miesięcznych pomiarów na wysokości 40 lub 50 m [2]. Jednak badania średniej rocznej prędkości wiatru w Polsce wykazały, że 1/3 terytorium Polski posiada korzystne warunki do funkcjonowania elektrowni wiatrowych [15]. W bezpośrednim sąsiedztwie turbin nie powinno być obiektów budowlanych, gdyż: negatywny wpływ na produktywność turbiny ma każdy obiekt znajdujący się w odległości do 1 km, którego wysokość stanowi co najmniej 25% wysokości wieży turbiny; poziom hałasu emitowanego przez turbiny nie może przekraczać 40 dB, więc zabudowa mieszkaniowa nie powinna znajdować się bliżej niż 500 m od turbiny o dużej mocy (2 MW). Wiatrowe zespoły prądotwórcze osiągają moce w granicach od 1÷10 kW

do 3÷5 MW. Małe instalacje pracują we współpracy z bateriami akumulatorów, z pompami ciepła, z kolei duże z małymi elektrowniami wodnymi i elektrowniami dieslowskimi [2, 12].

Energię promieniowania słonecznego wykorzystują np. instalacje, zwane kolektorami słonecznymi, które m.in. ogrzewają wodę i pomieszczenia. Kolektory ciepła charakteryzują się wysoką sprawnością dla szerokości geograficznej Polski (20÷80%), tj. płaskie kolektory słoneczne z powietrzem do suszenia i płaskie kolektory z cieczą do podgrzewania wody. Średni uzysk energetyczny z 1 m<sup>2</sup> tego typu kolektorów słonecznych w Polsce wynosi 1,4 GJ/m<sup>2</sup>. Całkowita energia uzyskana z takich kolektorów wynosi ok. 50,4 PJ. Zaletą uzyskiwania energii z promieni słonecznych jest łatwy montaż kolektorów w postaci dachowej, na stelażu nad dachem oraz na fasadzie budynku. Energia słoneczna nie może stanowić jedyne źródła ciepła do podgrzewania wody, ponieważ w miesiącach zimowych nasłonecznienie jest niewystarczające, dlatego należy zapewnić wspomaganie dla instalacji solarnej. Stopień pokrycia zapotrzebowania ciepła na cele ciepłej wody użytkowej przy prawidłowo dobranej wielkości zestawu w miesiącach marzec-wrzesień może wynosić 100%, chociaż na ogół może wynosić maksymalnie 70% w skali roku. W systemach solarnych czynnikiem przenoszącym ciepło może być, oprócz wody, powietrze. Przy normalnej eksploatacji rolnej takie kolektory produkują 1 GJ energii cieplnej na 1 m<sup>2</sup>/rok (sezon). Energia wytworzona przez kolektory do suszenia szacowana jest na ok. 36 PJ. Kolektory słoneczne służące do suszenia są proste i bardziej opłacalne, podczas gdy kolektory do ogrzewania są częściej stosowane przez przemysł do suszenia roślin [1].

Powietrze nagrzewa się szybciej, dzięki czemu temperatura użyteczna jest osiągnięta przy niższym stopniu nasłonecznienia, co można uznać za zaletę jego wykorzystania. Wadami wykorzystania powietrza jako nośnika ciepła są: magazynowanie ciepła jest droższe, a transport energii powinien odbywać się bezpośrednio, odbiór ciepła z absorbera przez powietrze jest mniej wydajny aniżeli przez ciecz, wymagane jest mniejsze natężenie przepływu czynnika, co wymaga zużycia większej ilości energii [2, 13]. Reasumując, polskie warunki klimatyczne charakteryzują się wysoką różnorodnością poziomu energii słonecznej. Zimą, gdy dzień jest krótszy, a temperatury są niskie, konieczne jest dostarczenie większej ilości energii do ogrzania budynków. Z tego powodu możliwość wykorzystania energii słonecznej do ogrzewania powierzchni mieszkalnych jest ograniczona. Jednak energia ta może być wykorzystana do ogrzewania wody w domach oraz do suszenia [12].

Źródło energii elektrycznej stanowią również ogniwa fotowoltaiczne (PV) na drodze absorpcji i konwersji promieniowania słonecznego. Największym problemem przy projektowaniu samodzielnych układów PV jest dobór wielkości źródła zasilania do poziomu zapotrzebowania na energię elektryczną. Szczególnie problematyczna jest sytuacja, gdy takie źródło energii ma być wystarczające na cały rok. Wówczas może dochodzić do nieekonomicznego zwiększenia powierzchni modułów fotowoltaicznych i baterii akumulatorów. W związku z powyższym w przypadku stosowania systemów PV przez cały rok zaleca się również korzystanie z innego źródła energii elektrycznej, przede wszystkim w okresach niewystarczającego nasłonecznienia [2, 14, 15].

Wypracowanie wizji sektora paliwowo-energetycznego w zakresie produkcji, transportu i wykorzystania wodoru, a także budowanie strategii rozwoju nowoczesnych

technologii wodorowych dla podnoszenia konkurencyjności polskiej gospodarki jest celem *Polskiej Platformy Technologicznej Wodoru i Ogniw Paliwowych (PPTWiOP)* [16].

Odnawialnym źródłem energii jest także biomasa, czyli całe żywe rośliny, odpady powstałe podczas produkcji lub przetwarzania roślin, a także odchody zwierzęce i odpady komunalne. Paliwa wytwarzane z biomasy dzieli się na stałe, płynne i gazowe. Paliwa stałe mogą być wykorzystane do wytworzenia energii w procesie spalania (proces zachodzący w nadmiarze powietrza), gazyfikacji (proces zachodzący przy niedoborze powietrza) albo pirolizy. Biomasa może być spalana samodzielnie lub współspalana np. z węglem. Jak do tej pory najczęściej wykorzystywaną biomasą była słoma, trzcina, odpady drzewne (leśne, z sadów i ogrodów, z przecinki drzew, odpadów poprodukcyjnych przemysłu drzewnego) oraz różne gatunki szybko rosnących wierzb krzewiastych [2, 13]. Istotny jest tutaj także aspekt środowiskowy, że spalanie odbywa się za pomocą specjalistycznych urządzeń, które ograniczają zanieczyszczenie powietrza.

Biomasa może być wykorzystywana do wytworzenia energii jako alternatywa dla paliw kopalnych. Wobec wzrastających cen i malejących zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego wykorzystanie biomasy jako paliwa zyskuje na popularności. Biomasa powinna być wykorzystywana w małych ciepłowniach, gdzie jest nieopłacalne wykorzystanie elektrofiltrów i systemu odsiarczania, zwłaszcza jeśli mają one działać wyłącznie w sezonie zimowym [1].

W procesie mezofilnej fermentacji odpadów lub obornika, na wysypiskach śmieci oraz w oczyszczalniach ścieków można wytworzyć biogaz [2]. Rentowność produkcji biogazu przedstawia się następująco: z 1 m<sup>3</sup> biogazu można uzyskać 2,1 kWh energii elektrycznej (przy wydajności 33%), 5,4 kWh energii cieplnej (przy wydajności 85%), w kogeneracji: 2,1 kWh energii elektrycznej i 2,9 kWh energii cieplnej [1].

### **Podsumowanie i wnioski**

Pozyskiwanie energii elektrycznej i ciepła z OZE cieszy się coraz większym zainteresowaniem Polski i państw członkowskich UE. Wynika to przede wszystkim z licznych wprowadzanych w życie aktów prawnych, zwłaszcza dyrektyw unijnych. W Polsce największy udział w wytwarzaniu energii z OZE ma biomasa, energia wiatru i promieniowanie słoneczne.

Biomasa jest wykorzystywana zarówno w procesie spalania, jak i współspalania w celu pozyskania ciepła oraz jako alternatywne źródło energii elektrycznej wobec paliw kopalnych.

Energia wiatru jest przetwarzana na energię elektryczną w elektrowniach wiatrowych, których rozmieszczenie uwarunkowane jest położeniem geograficznym Polski. Jednak przeprowadzone badania wykazały, że tylko 1/3 terytorium Polski posiada korzystne warunki do ich funkcjonowania.

Zaletą pozyskiwania energii z promieni słonecznych jest łatwy montaż kolektorów, a wadą konieczność pozyskiwania energii również z innego źródła (zwłaszcza zimą).

Obecnie powinno się skierować wszelkie wysiłki w stronę poprawy osiąganego zysku energetycznego z OZE w Polsce poprzez udoskonalanie sprzętu oraz procesów technologicznych.



## Podziękowanie

Praca naukowa została sfinansowana z BW-401-201/08.

## Literatura

- [1] Małecki A.: Biomass, biogas, heat, electric and mechanical energy. University of Zielona Góra, Zielona Góra 2006.
- [2] Klugmann-Radziemska E.: Odnawialne źródła energii. Przykłady obliczeniowe. Wyd. Polit. Gdańskiej, Gdańsk 2009.
- [3] Wohlgemuth N. i Wojtkowska-Łodej G.: *Policies for the promotion of renewable energy in Poland*. Applied Energy, 2003, **76**, 111-121.
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii. DzU Nr 267, poz. 2655 i 2656.
- [5] Pietruszko S.M.: *Photovoltaics in the world and in Poland*. Applied Energy, 2003, **74**, 169-172.
- [6] Chwieduk D.: *Technical and financial aspects of renewable energy applications in Poland*. Renewable Energy, 2000, **19**, 521-523
- [7] Oniszk-Popławska A., Rogulska M. i Wiśniewski G.: *Renewable-energy developments in Poland to 2020*. Appl. Energy, 2003, **76**, 101-110.
- [8] Obwieszczenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 31 sierpnia 2005 r. w sprawie ogłoszenia raportu określającego cele w zakresie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii znajdujących się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, w krajowym zużyciu energii elektrycznej w latach 2005-2014. Monitor Polski Nr 83, poz. 730 i 731.
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii. DzU Nr 156, poz. 969.
- [10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 lutego 2009 r. w sprawie udzielania pomocy publicznej na inwestycje w zakresie budowy lub rozbudowy jednostek wytwarzających energię elektryczną lub ciepło z odnawialnych źródeł energii. DzU Nr 21, poz. 112.
- [11] Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2009 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2030 r. Monitor Polski Nr 2, poz. 11.
- [12] Tytko R.: Odnawialne źródła energii. Wybrane zagadnienia. Dimikor, Kraków 2005.
- [13] Pietruszko S.M., Wiśniewski G., Chwieduk D. i Wnuk R.: *Potential of renewable energies in Poland*. WREC 1996, 1124-1127.
- [14] Wiśniewski G., Rogulska M., Grzybek G., Fugiel P. i Pietruszko S.M.: *Economic aspects of renewable energy utilization in Poland*. Renewable Energy, 1995, **6**(3), 233-235.
- [15] Pietruszko S.M.: *The status and prospects of photovoltaics in Poland*. Renewable Energy, 1999, **16**, 1210-1215.
- [16] Sobieściak-Jęczeń M. i Skonieczny O.: Nowe technologie, 2005, [http://www.energieodnawialne.pl/download/pl/wodor\\_2005.pdf](http://www.energieodnawialne.pl/download/pl/wodor_2005.pdf).

## RENEWABLE ENERGY SOURCES IN POLAND

Institute of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Environmental Protection, Czestochowa  
University of Technology

**Abstract:** Renewable energy sources are becoming more and more important to the environment and the economy in all countries. The term *renewable energy sources* (RES) concerns on environmentally friendly energy sources, which use do not involve their long-term deficits. Renewable energy are: water energy, geothermal energy, solar energy, wind energy, biomass (wood, straw, animal manure), biofuels and biogas. There are many legislations on renewable energy in Poland and European Union. Currently in Poland, the greatest potential among renewable energy sources is biomass (including biogas), wind and solar. The lowest share of renewable energy is characterized by geothermal energy and hydropower. The article presents the concept of renewable energy sources and biofuels, including the legislation in force in Poland.

**Keywords:** energy, renewable energy, biofuels