

Anna MULARCZYK
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
anna.mularczyk@polsl.pl

ANALIZA WIELKOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W POLSCE

Streszczenie. Rozwój energetyki odnawialnej w Polsce w ostatnich latach stał się szczególnie ważny w kontekście kluczowych założeń polityki energetycznej kraju. W artykule przeprowadzono analizę dynamiki wielkości produkcji energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii (OZE). Oszacowano również prognozy wybranymi metodami tendencji rozwojowej – porównując wyniki i wyciągając wnioski.

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, energetyka odnawialna.

ANALYSIS OF PRODUCTION THE ELECTRICITY FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES IN POLAND

Summary. The development of renewable energy in Poland in recent years has become particularly important in terms of the key objectives of the national energy policy. In the article the analysis of dynamics of the production of electricity from renewable energy sources has been presented. Predictions by different methods of development trend have been estimated. The results have been compared and conclusions have been drawn.

Keywords: renewable energy sources, renewable energy.

1. Wstęp

Odnawialne źródła energii (OZE) są coraz bardziej doceniane jako alternatywa dla tradycyjnie używanych paliw kopalnych na świecie. Po pierwsze, ze względu na

ograniczonosc wyczerpywalnych zloz tradycyjnych zrodel energii¹, po wtore za, ze wzgledu na uwiadomienie koniecznosci poprawy sytuacji ekologicznej Ziemi. Zarowno pozyskanie, jak i wykorzystanie odnawialnych noznikow energii jest o wiele bardziej przyjazne dla srodowiska niz korzystanie z paliw kopalnych – zmniejsza ono bowiem szkodliwe oddziaływanie energetyki na srodowisko naturalne (np. przez ograniczenie emisji szkodliwych substancji, w tym gazow cieplarnianych). Ponadto zwiekszenie wykorzystania tych zrodel niesie ze soba wiekszy stopien uniezaleznienia sie od dostaw energii z importu. Rozwoj energetyki odnawialnej w Polsce w ostatnich latach z tych wzgledow stal sie szczegolnie wazny w kontekscie kluczowych zalozen polityki energetycznej. Zalozenia te reguluje m.in. Ustawa z 20 lutego 2015 r. o odnawialnych zrodłach energii. Rozwoj wykorzystania odnawialnych zrodel energii jest jednym z celow polskiej polityki energetycznej. W tym obszarze definiowany jest on jako m.in. wzrost udzialu OZE w finalnym zuzywaniu energii co najmniej do poziomu 15% w 2020 r. Dzieki rozmaitym instrumentom wsparcia (takim jak wspieranie budowy nowych jednostek OZE, stymulowanie rozwoju potencjalu polskiego przemyslu, produkujacego urzadzenia dla energetyki odnawialnej, zachecajacych do szerszego wytwarzania ciepla i chlodu z odnawialnych zrodel energii, czy zasady zwolnienia z akcyzy energii pochodzacej z OZE) ma to zapewnic zrownowazony rozwoj OZE, zmniejszenie emisji CO₂ oraz wzrost bezpieczenstwa energetycznego Polski (ze wzgledu na zwiekszenie dywersyfikacji) [9, 11, 13, 17, 18].

Celem artykulu jest przedstawienie wynikow analizy dynamiki wykorzystania energii pochodzacej z odnawialnych zrodel w Polsce w ostatnich latach. Podjeto takze probe wyodrębnienia trendu i postawienia prognozy.

2. Odnawialne zrodla energii

Energia ze zrodel odnawialnych jest definiowana jako „energia pochodzaca z naturalnych powtarzajacych sie procesow przyrodniczych, pozyskiwana z odnawialnych niekopalnych zrodel energii” [9; s. 9]. Energie te pozyskuje sie z: wody, ziemi (energia geotermalna, slonca, wiatru, odpadow komunalnych, biopaliw stalych, biogazu, biopaliw cieklych (dla transportu), ciepla otoczenia (srodowiska naturalnego) oraz z zastosowaniem pomp ciepla.

Energia wody stanowi produkcje energii elektrycznej w elektrowniach przeplywowowych (w doplywach naturalnych wod).

Energia geotermalna to cieplo pozyskiwane z glębi ziemi w postaci goracej wody lub pary wodnej. Jest uzytkowana bezposrednio jako cieplo grzewcze na potrzeby komunalne oraz w procesach produkcyjnych w rolnictwie, a takze do wytwarzania energii elektrycznej.

¹ Por. m.in.: [14, 16].

Energia słoneczna jest przetwarzana na ciepło lub na energię elektryczną przez zastosowanie kolektorów słonecznych lub ogniw fotowoltaicznych do bezpośredniego wytwarzania energii elektrycznej.

Energia wiatru jest wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej w turbinach wiatrowych.

Odpady komunalne mają pochodzenie biologiczne i są spalane w odpowiednio przystosowanych instalacjach w procesie wytwarzania energii elektrycznej lub ciepła.

Biopaliwa stałe są to organiczne, niekopalne substancje o pochodzeniu biologicznym, wykorzystywane w charakterze paliwa do produkcji ciepła lub wytwarzania energii elektrycznej.

Biogaz to gaz palny składający się w przeważającej części z metanu i dwutlenku węgla, uzyskiwany w procesie beztlenowej fermentacji biomasy.

Biopaliwa ciekłe stosowane są jako biokomponenty dodawane do paliw silnikowych wytwarzanych z ropy naftowej. Wytwarza się je z surowców pochodzenia organicznego (z biomasy lub biodegradowalnych frakcji odpadów). Należą do nich m.in.: bioetanol, biodiesel, oraz naturalne oleje roślinne.

Biopłynny to ciekłe paliwa dla celów energetycznych innych niż w transporcie, w tym do wytwarzania energii elektrycznej oraz energii ciepła i chłodu. Produkowane są z biomasy.

Ciepło otoczenia jest wychwytywane przez pompy ciepła z powietrza atmosferycznego (zewnątrznego), gruntu (geotermia płytka) oraz wód gruntowych i powierzchniowych (rzeki, stawy, jeziora) [9].

3. Analiza zużycia energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce

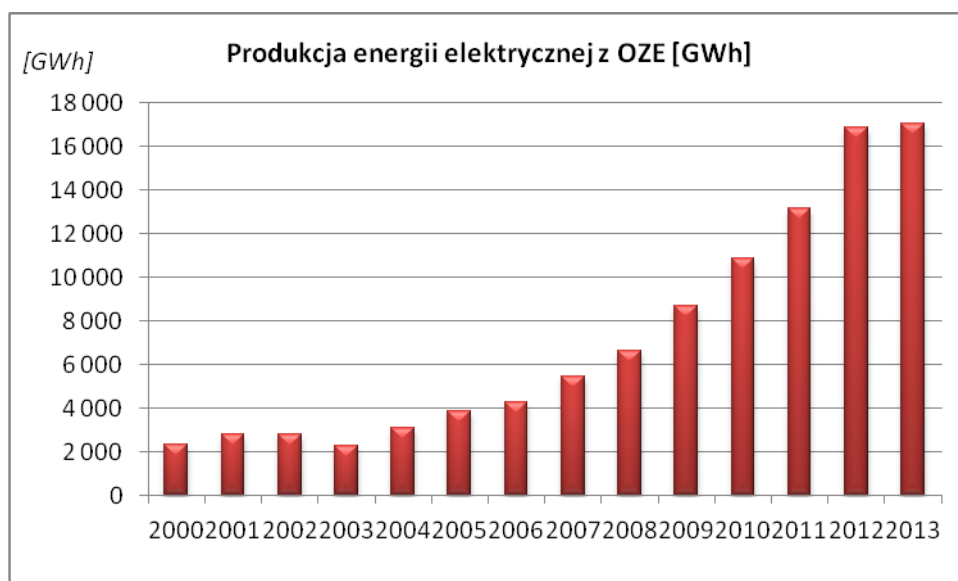
Badaniom poddano roczną produkcję energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych w Polsce² w latach: 2000 – 2013³.

3.1. Dynamika

W badanych 14 latach widoczny jest znaczny wzrost produkcji energii ze źródeł odnawialnych (rys. 1).

² W tym: wody, wiatru, biomasy stałej, biogazu oraz od 2009 roku biopłynów, od 2011 energii słonecznej i w 2013 odpadów komunalnych.

³ Dane z 2014 roku będą dostępne dopiero w grudniu 2015 roku.



Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii w latach 2000 – 2013 [GWh]

Fig. 1. Production of renewable energy in electricity (2000 – 2013 [GWh])

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [2 - 9; 12].

W 2000 roku produkcja ta była na poziomie 2 332 GWh, a w 2013 wynosiła 17 066,5 GWh, co oznacza łączny wzrost o ponad 631%, przy średnim wzroście z roku na rok o 16,5%. Z roku na rok odnotowywano zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych – wyjątek stanowią lata 2002 (spadek o 0,6%) i 2003 (spadek o 18,7%). Przy tym w 2002 roku wartość ta była i tak o 18,7% wyższa od wartości z 2000 roku, lecz w 2003 spadła do poziomu, który był niższy o 3,5% od wielkości z 2000 roku. W kolejnym, 2004 roku nastąpił znaczny wzrost o 36,6% – najwyższy w przeciągu badanych lat – i stanowił on 31,8% wartości z 2000 roku. Najmniejszym odnotowanym wzrostem jest wzrost z 2013 roku: o 1,1%. Dynamikę tego wzrostu przedstawia tabela 1.

Tabela 1
Dynamika produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii w latach 2000 – 2013 [GWh]

Rok	Produkcja energii elektrycznej z OZE [GWh]	Zmiana z roku na rok	Zmiana w porównaniu z 2000 rokiem
2000	2332,0	-	0,0%
2001	2783,0	19,3%	19,3%
2002	2767,0	-0,6%	18,7%
2003	2250,0	-18,7%	-3,5%
2004	3074,4	36,6%	31,8%
2005	3847,3	25,1%	65,0%
2006	4291,2	11,5%	84,0%
2007	5429,3	26,5%	132,8%

cd. tabeli 1

Rok	Produkcja energii elektrycznej z OZE [GWh]	Zmiana z roku na rok	Zmiana w porównaniu z 2000 rokiem
2008	6606,0	21,7%	183,3%
2009	8679,0	31,4%	272,2%
2010	10 888,8	25,5%	366,9%
2011	13 137,0	20,6%	463,3%
2012	16 878,9	28,5%	623,8%
2013	17 066,5	1,1%	631,8%
Średnia		16,5%	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [2 – 9; 12].

3.2. Prognoza

Analizowane wartości mają widoczny trend rosnący bez wahań okresowych, jedynie z wahaniami przypadkowymi. W takich przypadkach do prognozowania stosuje się metody adaptacyjne. W niniejszym opracowaniu przeprowadzono prognozę trzema metodami: za pomocą adaptacyjnego modelu Holta, wybranych nieliniowych modeli trendów (wykładniczego oraz wielomianowych: 2. i 4. stopnia) oraz modelu trendu pełzającego z wagami harmonicznymi⁴. Wszystkimi metodami wyznaczono prognozy na dwa kolejne okresy: rok 2014⁵ i 2015. W wyniku obliczeń otrzymano następujące modele (tabela 2).

Tabela 2

Modele prognoz wielkości produkcji energii elektrycznej z OZE

Metoda	Model
Holta	$Y_T = 17\,550,1 + (T - 14) \cdot 859,6$
Trend wykładniczy	$Y_T = 1\,539,2 \cdot e^{0,171T}$
Trend – wielomian 2. stopnia	$Y_T = 127,5 \cdot T^2 - 730,43 \cdot T + 3379,5$
Trend – wielomian 4. stopnia	$Y_T = -2,1103 \cdot T^4 + 63,078 \cdot T^3 - 492,85 \cdot T^2 + 1498,3 \cdot T + 1212,7$
Trend pełzający z wagami harmonicznymi	$Y_T = 17\,658,88 + (T - 14) \cdot 1\,763,29$

Oznaczenia:

T – numer okresu prognozowanego (tutaj: 15 lub 16),

 Y_T – wartość w okresie prognozowanym.

Źródło: Obliczenia własne.

⁴ Metody te zostały opisane m.in. w: [1 i 15].

⁵ Ze względu na brak danych dotyczących 2014 roku (zostaną one opublikowane przez GUS dopiero w grudniu 2015) również ten rok został objęty prognozą.

Wartości prognoz zaprezentowano w tabeli 3.

Tabela 3
Prognozy wielkości produkcji energii elektrycznej z OZE

Model	Prognozy [GWh]		Względny błąd prognozy ⁶
Model Holta	2014:	18 445,7	3,93%
	2015:	19 341,3	3,75%
Trend wykładniczy	2014:	20 010,6	4,68%
	2015:	23 742,4	3,95%
Trend: wielomian 2. stopnia	2014:	21 110,6	2,65%
	2015:	24 332,6	2,30%
Trend: wielomian 4. stopnia	2014:	18 850,3	2,28%
	2015:	19 082,8	2,26%
Trend pełzający z wagami harmonicznymi	2014:	19 422,2	1,49%
	2015:	21 185,5	1,36%

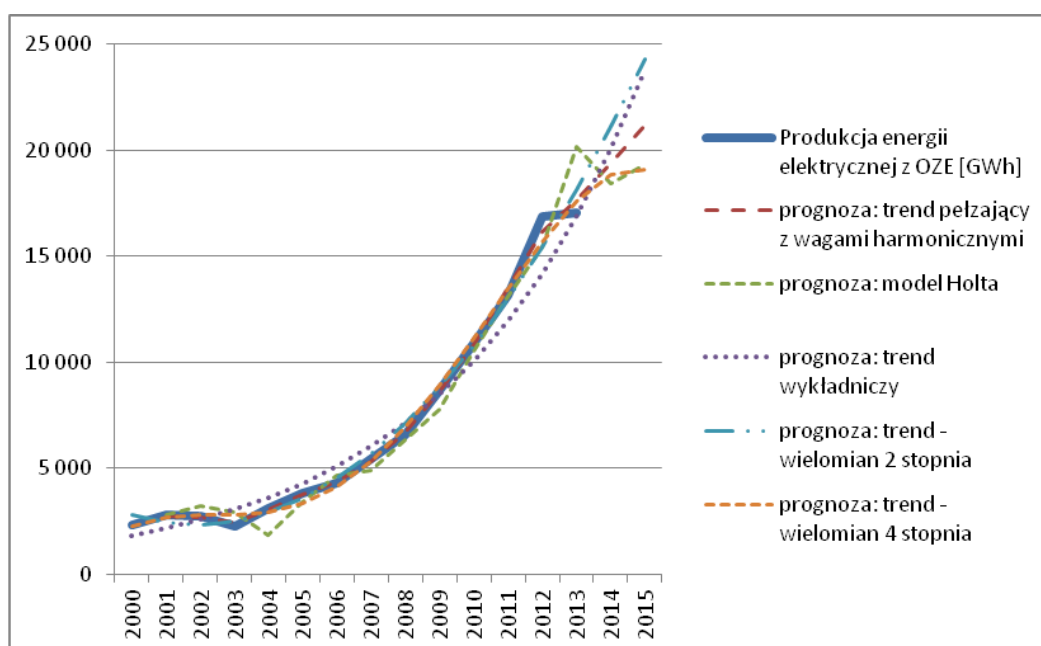
Zródło: Obliczenia własne.

Niskie wartości błędów prognoz świadczą o dopuszczalności oszacowanych prognoz. Najwyższą wartość prognozy na 2015 rok osiągnięto za pomocą trendu wykładniczego: 23 742,4 GWh, przy względnym błędzie wynoszącym 3,95%. Najniższą wartością z kolei było 19 082,8 GWh, przy względnym błędzie: 2,26%, oszacowana za pomocą trendu w postaci wielomianu 4. stopnia. Najlepszy pod względem dopasowania wynik otrzymano, szacując trend pełzający z wagami harmonicznymi, gdzie błąd stanowi to tylko 1,36% wartości prognozy na 2015 rok. Prognoza ta wyniosła 21 185,5 GWh. Względnie najgorzej dopasowanym (ale również dopuszczalnym) modelem okazał się trend wykładniczy. Wszystkie prognozy zobrazowano na wykresie (rys. 2).

⁶ Względne błędy prognoz obliczono na podstawie średniego kwadratowego błędu *ex post*, zgodnie z równaniem:

$$\psi_T = \frac{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=n-m+1}^n (y_i - y_i^*)^2}}{Y_T^*} \cdot 100\%,$$

gdzie: y_t – wartość zmiennej w okresie t , y_t^* – prognoza (wygasa) zmiennej z okresie t ($i = 1, \dots, n$), n – liczba obserwacji, m – liczba elementów, dla których wyznacza się prognozy wygasa, Y_T – wartość prognozy w okresie T (dla $T > n$) (por.: [1, 15]).



Rys. 2. Porównanie prognoz wielkości produkcji energii elektrycznej z OZE

Fig. 2. Comparison of forecasts for electricity production from RES

Źródło: Obliczenia własne.

Niedługo po zgłoszeniu artykułu do publikacji ukazał się kolejny numer opracowań statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego⁷, w którym podano do wiadomości dane z 2014 roku. Produkcja energii elektrycznej z OZE w tymże roku wyniosła 19 842,0 GWh. Wynika z tego, że najbliższą prognozą okazała się prognoza wyznaczona za pomocą modelu wykładniczego, gdzie absolutny i względny błąd prognozy wyniosły odpowiednio: 168,6 GWh i 0,8%. Dotychczas oceniony jako najlepszy model trendu pełzającego z wagami harmonicznymi uplasował się na drugim miejscu pod względem dopasowania – z błędem prognozy wynoszącym 419,8 GWh, czyli 2,2%. Wszystkie zastosowane metody obliczeniowe dały dopuszczalne wyniki (tabela 4). Obliczono również współczynniki Janusowe dla wszystkich modeli – w celu stwierdzenia aktualności badanych modeli prognostycznych⁸. Wszystkie wartości są znacznie mniejsze od 1, co oznacza, że prognozy na 2015 rok są nadal aktualne⁹.

⁷ Tj. w grudniu 2015 roku. Por. [10].

⁸ Według wzoru: $J^2 = \frac{(Y_T - Y_T^*)^2}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y_t^*)^2}$, gdzie: Y_T oznacza wartość rzeczywistą w 2014 roku, a Y_T^* jej

dotychczasową prognozę; jeżeli $J^2 \leq 1$, to model jest nadal aktualny i może być użyty do prognozowania na następne okresy. Por. [15, 19].

⁹ Rzeczywiste dane zostaną opublikowane w grudniu 2016 roku.

Tabela 4

Porównanie dokładności i aktualność zastosowanych modeli

Model	Prognoza na 2014 rok	Względny błąd prognozy	Względny błąd prognozy (procentowy)	Współczynnik Janusowy, J2
Trend wykładniczy	20 010,6	168,6	0,8%	0,0002
Trend pełzający z wagami harmonicznymi	19 422,2	419,8	2,2%	0,0116
Trend – wielomian 4. stopnia	18 850,3	991,7	5,3%	0,0271
Trend – wielomian 2. stopnia	21 110,6	1268,6	6,0%	0,0262
Model Holta	18 445,7	1396,7	7,6%	0,0090

Źródło: Opracowanie własne.

4. Wnioski

Widoczna jest tendencja wzrostowa wielkości produkcji energii z odnawialnych źródeł w Polsce. Sytuacja ta jest na pewno spowodowana silnym poparciem rządowym wynikającym z sytuacji geopolitycznej. Największe wzrosty badanych wielkości widoczne są w latach 2004 – 2012. Wtedy wielkości te przyrastały wykładniczo. W 2013 roku produkcja energii elektrycznej z OZE była prawie na tym samym poziomie co w 2012 roku. W 2014 roku produkcja ta jednak znów znacznie się zwiększyła. Najbliższą wartością prognozy na ten rok okazała się wielkość wyznaczona za pomocą modelu wykładniczego, za pomocą którego otrzymano najwyższe wyniki prognoz. Model trendu pełzającego z wagami harmonicznymi uplasował się na drugim miejscu. Według modelu wykładniczego produkcja energii z OZE w 2015 (i następnych latach) nadal będzie znacznie wzrastać.

Można zauważyć, że zarówno w Polsce, jak i na świecie coraz bardziej doceniana jest energia ze źródeł odnawialnych. Sprzyja temu również coraz większe uświadomienie potrzeby ochrony środowiska naturalnego wobec efektu cieplarnianego. Zatem w przyszłości powinniśmy obserwować stały wzrost udziału tej energii w energii wytwarzanej ogółem, jednak istotną rolę będą tu odgrywać rządowe instrumenty wsparcia.

Bibliografia

1. Cieślak M. (red.): Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania. PWN, Warszawa 2004.

2. Energia ze źródeł odnawialnych w 2006 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2007.
3. Energia ze źródeł odnawialnych w 2007 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2008.
4. Energia ze źródeł odnawialnych w 2008 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2009.
5. Energia ze źródeł odnawialnych w 2009 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2010.
6. Energia ze źródeł odnawialnych w 2010 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2011.
7. Energia ze źródeł odnawialnych w 2011 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2012.
8. Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2013.
9. Energia ze źródeł odnawialnych w 2013 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2014.
10. Energia ze źródeł odnawialnych w 2014 r. Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Departament Produkcji, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2015.
11. Ministerstwo Gospodarki: Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów Z 10 listopada 2009 r., Warszawa 2009 (dostęp: <http://www.mg.gov.pl/>).
12. Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, dostęp: wrzesień 2015.
13. Luderer G. et al.: The role of renewable energy in climate stabilization: results from the EMF27 scenarios. „Climatic Change”, April 2014, Vol. 123, Issue 3, pp. 427-441.
14. Putek-Szeląg E., Gierałowska U.: Analiza i diagnoza wielkości produkcji energii odnawialnej w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej. [w:] Jajuga K., Walesiak M. (red.): Taksonomia 21. Klasyfikacja i analiza danych. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 279, Wrocław 2013.
15. Radzikowska B. (red.): Metody prognozowania. Zbiór zadań. Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław 2001.

16. Sobolewski. M.: Perspektywy wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Studia BAS, nr 1(21) 2010, s. 267-290 (dostęp: [http://orka.sejm.gov.pl/wydbas.nsf/0/63F9F33E47545665C1257A30003FC795/\\$File/11_21.pdf](http://orka.sejm.gov.pl/wydbas.nsf/0/63F9F33E47545665C1257A30003FC795/$File/11_21.pdf)).
17. Szurlej A., Mirowski T., Kamiński J.: Analiza zmian struktury wytwarzania energii elektrycznej w kontekście założeń polityki energetycznej. Rynek Energii, nr 1, 2013.
18. Ustawa z 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa 03.04.2015.
19. Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S.: Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania. PWN, Warszawa 2004.

Abstract

The development of renewable energy in Poland in recent years has become particularly important in terms of the key objectives of the national energy policy. In the article the analysis of dynamics of the production of electricity from renewable energy sources has been presented. Predictions by different methods of development trend have been estimated.

The apparent trend of production of energy from renewable sources in Poland is increasing. This situation is certainly due to the strong support of the government resulting from the geopolitical situation. The highest increases were visible in the years 2004 – 2012. In 2013, electricity production from RES was almost at the same level as in 2012. However, development trend should continue – with slightly smaller increases.