

*dr Agata Surówka*¹ 

Zakład Metod Ilościowych
Politechnika Rzeszowska

Problemy i wyzwania prognozowania produkcji energii elektrycznej z OZE w Polsce w kontekście współczesnych kryzysów

WPROWADZENIE

W ostatnim okresie wiele uwagi w literaturze poświęcono kwestii współczesnych kryzysów ekonomicznych i finansowych (Gernego i in., 2022; Dębowska i in., 2022; Kudełko i in., 2022; Olabi, Mohammad, 2022). Jednym z nich jest kryzys energetyczny (Bruno, 2021, s. 141–157). W tym kontekście kwestia bezpieczeństwa energetycznego nabiera szczególnego znaczenia. Jest ono priorytetowym zagadnieniem współczesnego państwa, zarówno w sferze społecznej, gospodarczej, środowiskowej czy politycznej. Bezpieczeństwo energetyczne definiuje się jako stan gospodarki, który pozwala na niezakłócone pokrycie bieżącego i przyszłego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię (Winiarski, 2000, s. 58–64). Według innej definicji to taki stan gospodarki, który zapewnia pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy minimalnym negatywnym oddziaływaniu sektora energii na środowisko i warunki życia społeczeństwa (Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne).

Bezpieczeństwo energetyczne ma ogromne znaczenie społeczno-gospodarcze i polityczne. Stanowi podstawę niezależnego rozwoju zarówno gospodarek, jak i grup krajów (Tutak, 2021, s. 190–199). Do działań zwiększających bezpieczeństwo energetyczne zalicza się zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE), które w województwach Polski charakteryzują się nierównomiernym przestrzennym rozwojem. Problematyka OZE podejmowana jest przez wielu badaczy. Należy jednak podkreślić, że w europejskiej literaturze zdecydowanie brakuje pozycji,

¹ Adres korespondencyjny: e-mail: agasur@prz.edu.pl. ORCID: 0000-0002-8089-0634.

w których dokonywana byłaby ocena poprawności czy wiarygodności prognoz produkcji energii elektrycznej z OZE w województwach Polski.

Tę lukę badawczą postanowiła uzupełnić autorka. Mając powyższe na uwadze, jako cel artykułu obrano próbę odpowiedzi na pytanie: Czy ogólnodostępne dane statystyczne umożliwiają dokonanie wiarygodnej predykcji kształtowania się wartości wskaźników charakteryzujących produkcję energii elektrycznej z OZE czy mają one raczej aspekt eksperymentalny.

Realizacji celu dokonano dwuetapowo. W pierwszym sporządzono prognozy wybranych wskaźników charakteryzujących badane zjawisko w województwach Polski na podstawie danych z okresu 2000–2018, natomiast w drugim bazowano na danych uzupełnionych o lata 2019–2020. Dzięki takiemu podejściu możliwe było dokonanie analizy porównawczej jakości sporządzonych prognoz.

Jako narzędzia badawcze wykorzystano metodę wyrównywania wykładniczego Holta oraz metodę średniookresowego tempa zmian. Prognozy sporządzono dla lat 2021–2023. Obydwa warianty zostały ze sobą porównane i na tej podstawie wyciągnięto szczegółowe wnioski. W toku procesu badawczego postawiono hipotezy o brzmieniu:

Hipoteza 1: Województwa Polski charakteryzują dynamiczne zmiany w zakresie zróżnicowania produkcji energii z OZE, co przekłada się na znaczną zmienność pozycji zajmowanych w rankingach dla wybranych cech je charakteryzujących.

Hipoteza 2: Dynamiczne zmiany w zakresie produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii powodują, że sporządzanie prognoz kształtowania się tego zjawiska należy uznać za eksperymentalne.

W toku badań obie hipotezy zostały zweryfikowane, a cel osiągnięty.

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII A BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

Jedną ze składowych bezpieczeństwa narodowego kraju jest jego bezpieczeństwo energetyczne. Do działań zwiększających bezpieczeństwo energetyczne należy zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE). Na skutek tego możliwe jest częściowe uniezależnienie od dostaw surowców z zewnątrz. Poza powyższym bezpieczeństwo energetyczne wymaga także zróżnicowania źródeł zaopatrzenia w surowce. Polska jest krajem z wysokim potencjałem OZE. Zdolność wytwórcza jest zależna jednak od położenia geograficznego (Seroka, 2022, s. 88–100). Problematyka odnawialnych źródeł energii jako elementu zapewniającego bezpieczeństwo, postrzegana jest jako kluczowa gdyż alternatywne źródła energii mają na celu minimalizację ryzyka energetycznego. Podstawową przesłanką jest troska o zabezpieczenie dostaw energii w postaci źródeł wykorzystujących w procesie przetwarzania między innymi energię wiatru, promieniowania słonecznego czy geotermalną. Za istotne należy uznać, że w efekcie końcowym dostawy energii

odnawialnej powinny gwarantować trwały rozwój gospodarczy regionu, tak jak było to w przypadku tradycyjnych źródeł energii (Lewandowski, 2002, s. 36–37).

Konieczność przeprowadzania wzmocnionych dyskusji na temat zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego na szczeblu krajowym staje się tematem obecnej gospodarki. Dyskusje te mają coraz szerszy zasięg, pojawiają się na arenie międzynarodowej, a wszystkie decyzje ekonomiczne podejmowane przez państwo mają na celu podwyższenie jego poziomu (Budnikowski, 2001, s. 223–229). Coraz częściej odnawialne źródła energii postrzegane są także jako dobro o charakterze warunkującym bezpieczeństwo kraju w przypadku wyczerpania się tradycyjnych surowców energetycznych. Obecny potencjał eksploatacyjny dotyczący odnawialnych źródeł energii nie jest w pełni wykorzystany w naszym kraju, istnieje więc potrzeba wspierania wytwarzania energii ze źródeł alternatywnych. Zwiększenie wykorzystania energii z OZE stanowi ważny element pakietu środków zaradczych w przypadku awarii tradycyjnych systemów energetycznych, linii napięciowych, transformatorów (Kardasz, 2022). Poza powyższym wykorzystanie energii odnawialnej wydaje się w chwili obecnej nieuniknione. Z drugiej strony rozwój OZE napotyka wiele barier. Najistotniejsze z nich są natury finansowej, administracyjnej i sieciowej. Objawiają się one między innymi dużymi różnicami w opłacalności, technice, dostępności poszczególnych źródeł, konieczności zapewnienia rezerw mocy w energetyce konwencjonalnej, nieprzystosowaniem sieci przesyłowych do przyjęcia nowych mocy i długim czasem uzyskania wymaganych koncesji i zezwoleń (Chmielniak, 2008, s. 33–41). Konflikt zbrojny w Ukrainie niesie za sobą wiele konsekwencji. Jedną z nich jest obecny kryzys energetyczny. Powinien on być traktowany jako znak ostrzegawczy. We wstępie do przekrojowej analizy, która zawiera też rekomendacje realizacji 10 kroków do wyjścia z trwającego kryzysu energetycznego podkreślono, że konieczne jest podjęcie działań zaradczych, adekwatnych do sytuacji (Maćkowiak-Pandera, 2021). W dniu 7 września 2022 roku Komisja Europejska przedstawiła kolejne propozycje rozwiązań, które mają złagodzić coraz większy kryzys energetyczny. Jedną z nich jest obowiązkowa redukcja zużycia prądu w godzinach szczytu. Aspektem społecznym wytwarzania energii z OZE jest zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju i regionu (Kowalczyk-Jusko, 2020, s. 3). W części praktycznej artykułu dokonana została dynamiczno-statystyczna analiza, a następnie prognoza zróżnicowania wybranych cech charakteryzujących produkcję energii elektrycznej z OZE w województwach Polski.

OPIS METODY BADAWCZEJ

Model wyrównywania wykładniczego Holta należy do modeli adaptacyjnych. Model ten stosowany jest w szeregach czasowych, w których występuje tendencja rozwojowa i wahania okresowe. To dwurównaniowy model, w którym

do opisu tendencji rozwojowej używa się wielomianu stopnia pierwszego. Model Holta określany jest za pomocą wzoru:

$$F_{t-1} = \alpha y_{t-1} + (1-\alpha) (F_{t-2} + S_{t-2}) \quad (1)$$

$$S_{t-1} = \beta (F_{t-1} - F_{t-2}) + (1-\beta) S_{t-2} \quad (2)$$

gdzie:

F_{t-1} – wygładzona wartość zmiennej prognozowanej na moment lub okres $t-1$;

S_{t-1} – wygładzona wartość trendu na moment lub okres $t-1$;

α, β – parametry modelu o wartościach przedziału $[0,1]$.

Do jego konstrukcji potrzebne są wartości początkowe F_1 i S_1 . W literaturze można znaleźć wiele wskazówek dotyczących ustalania ich wartości. Jednym z możliwych jest przyjęcie za F_1 pierwszej wartości zmiennej prognozowanej zmiennej y_1 , zaś za S_1 różnicy $y_2 - y_1$ (Cieślak, 2022, s. 73).

Równanie prognozy na moment lub okres $t > n$ ma następującą postać:

$$yt^* = F_n + (t-n)S_n \quad (3)$$

gdzie:

yt^* – prognoza zmiennej Y wyznaczona na moment lub okres t ;

F_n – wygładzona wartość zmiennej prognozowanej dla momentu lub okresu n ;

S_n – wygładzona wartość przyrostu trendu na moment lub okres n ;

n – liczba wyrazów szeregu czasowego zmiennej prognozowanej.

W modelu Holta poszukiwania parametrów α i β polegają najczęściej na przeprowadzeniu serii eksperymentów komputerowych z zastosowaniem różnych kombinacji ich wartości, a następnie wyborze tej, która minimalizuje średni błąd prognoz wygasłych, wyznaczanych według wzoru:

$$yt^* = F_{t-1} + S_{t-1} \quad 2 \leq t \leq n \quad (4)$$

W programie Statistica wyboru najlepszej kombinacji parametrów dokonujemy za pomocą sieciowego i automatycznego poszukiwania ich wartości.

DYNAMICZNO-PROGNOSTYCZNA ANALIZA ZRÓŻNICOWANIA PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE

Do badania przestrzennego zróżnicowania produkcji energii elektrycznej przyjęto następujący zestaw wskaźników:

1. X_1 – produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i paliw odnawialnych.
2. X_2 – produkcja energii elektrycznej z zawodowych konwencjonalnych elektrowni ciepłych.

3. X_3 – produkcja energii elektrycznej z konwencjonalnych przemysłowych elektrowni ciepłych.
4. X_4 – produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii.
5. X_5 – udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem.
6. X_6 – stosunek energii elektrycznej do zużycia energii elektrycznej ogółem.

Ich wybór podyktowany został dostępnością danych, oparty na wynikach badań innych Autorów (Bieńkowska-Gołasa, 2016; Mikołajuk i in., 2021) oraz raportach publikowanych przez GUS (*Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 roku*, 2021). Informacje statystyczne dla wytypowanych do badania cech w przekroju województw dla okresu badawczego 2000–2020 pozyskano z Banku Danych Lokalnych.

Po zgromadzeniu materiału badawczego wyznaczono podstawowe miary statystyczne cech, które odnosiły się do produkcji energii elektrycznej z OZE. Dokonano tego dwuetapowo. W pierwszym, jako okres badawczy przyjęto lata 2000–2018, a w drugim lata 2000–2020. Na tej podstawie wyciągnięto szereg wniosków. Zaprezentowane w tekście odnoszą się do zmiennych: X_1 – produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne, X_4 – produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii oraz X_5 – udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem.

W krajowej sprawozdawczości statystycznej z zakresu gospodarki paliwami i energią uwzględniane są również paliwa odpadowe pochodzące z palnych odpadów przemysłowych i komunalnych, takich jak: guma, tworzywa sztuczne, odpady olejów i innych podobnych produktów. Mają one postać stałą lub ciekłą i zaliczane są do paliw odnawialnych lub nieodnawialnych, w zależności od tego czy ulegają biodegradacji czy nie.

Do paliw odnawialnych wykorzystywanych w procesie wytwarzania energii elektrycznej i/lub ciepła zaliczane są odpady komunalne o pochodzeniu biologicznym spalane w odpowiednio przystosowanych instalacjach. Są to odpady z gospodarstw domowych, szpitali i sektora usług (biomasa odpadowa), zawierające frakcje organiczne ulegające biodegradacji. GUS podaje dane statystyczne dotyczące produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne łącznie (*Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 roku*, 2021). Informacje dotyczące tego zagadnienia zawiera cecha X_1 (produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne).

W toku analizy zaobserwowano między innymi, że najwyższą produkcję energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne w latach 2000–2005 odnotowano w województwie pomorskim, natomiast w okresie 2006–2009 w województwie kujawsko-pomorskim. W okresie 2015–2019 było to natomiast województwo zachodniopomorskie. Przeciętne zróżnicowanie tego rodzaju źródła wahało się w przedziale 171,74–263,56 dla okresu 2000–2018 oraz 85,33–90,14 dla okresu 2015–2019. Badana cecha charakteryzuje się zróżnicowaniem statystycznie istotnym, zaś wartość współczynników zmienności przyjmuje bardzo

wysokie wartości. Jedna czwarta badanych jednostek przyjmuje wartości cechy niższe od 429,65 natomiast 75% wyższe od 592,65 (Surówka, 2021, s. 49–64).

Badaniu poddano również taki wskaźnik jak produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii (zmienna X_4). W okresie 2005–2007 najniższy poziom tej cechy odnotowano w województwie podlaskim. W kolejnych latach były to województwa: lubelskie (2008–2016), opolskie (2017, 2019–2020) oraz małopolskie (2018). Maksymalną wartość zaobserwowano w latach 2005–2011 w województwie kujawsko-pomorskim, zaś w kolejnych latach badanego okresu było to województwo zachodniopomorskie. Analizując wartości cechy X_5 – udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem zauważamy, że najwyższy poziom tej cechy odpowiada województwu łódzkiemu w początkowych latach okresu badawczego (2005–2009). W kolejnych latach 2010–2012 jest to województwo lubelskie, a w okresie 2013–2016 jest to ponownie województwo łódzkie, zaś w latach 2017–2018 jest to województwo śląskie, a od 2019 roku warmińsko-mazurskie. Najwyższy poziom tej cechy w początkowym okresie charakterystyczny jest dla województwa łódzkiego, w końcowym natomiast dla warmińsko-mazurskiego.

Analizując dane dla lat 2005–2020, możemy zaobserwować drastyczny wzrost produkcji energii elektrycznej w większości województw Polski (zob. tabela 1). Najwyższy w roku 2020 względem roku 2015 nastąpił w województwie podlaskim, następnie lubelskim. Niewielki spadek natomiast obserwowany jest w województwie śląskim. W kolejnym kroku badania dokonano predykcji kształtowania się wartości badanych wskaźników.

Tabela 1. Produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne w Polsce – dane pierwotne (2005–2020)

Województwo	2005	2006	2007	2008	2009	2010–2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Dolnośląskie	211	197	229	219	236	-	622	721	582	707	818
Kujawsko-pomorskie	851	792	921	885	1 084	-	2 176	2 586	2 155	2 323	2 435
Lubelskie	9	16	21	36	16	-	445	475	421	521	552
Lubuskie	153	152	157	151	164	-	634	686	646	719	752
Łódzkie	58	62	94	129	148	-	1 253	1 456	1 291	1 496	1 528
Małopolskie	368	346	409	322	413	-	415	452	357	412	540
Mazowieckie	120	117	137	174	193	-	1 173	1 277	1 086	1 317	1 383
Opolskie	74	80	97	87	106	-	400	464	423	487	535
Podkarpackie	155	153	157	186	167	-	519	558	488	559	670
Podlaskie	8	9	10	17	53	-	478	521	459	659	683
Pomorskie	1 090	660	647	773	755	-	2 018	2 163	1 829	2 300	2 866
Śląskie	661	480	213	233	273	-	391	401	347	492	634

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Świętokrzyskie	7	11	10	10	18	-	52	61	69	80	127
Warmińsko-mazurskie	46	50	74	62	143	-	948	1 048	914	1 114	1 203
Wielkopolskie	44	44	59	73	74	-	1 458	1 723	1 602	1 840	2 064
Zachodniopomorskie	174	279	435	493	558	-	3 401	4 123	3 408	4 024	4 558

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDL.

Prognozowanie to racjonalne naukowe przewidywanie przyszłych zdarzeń. Jedną z metod prognostycznych, która została wykorzystana w badaniach, jest metoda wyrównywania wykładniczego Holta (Cieślak, 2022, s. 73). Obliczenia wykonano w programie Statistica. Dla każdego województwa i każdej zmiennej za pomocą sieciowego i automatycznego poszukiwania zdecydowano o wyborze stałych wygładzania alfa i beta. Otrzymane wartości tych parametrów w sposób zbiorczy zebrano w tabeli 2. Oceny jakości prognozy dokonano w oparciu o średni bezwzględny błąd procentowy. Jako krytyczny poziom przyjęto jako 15%. Tabela 2 zawiera również ostateczne wartości średnich bezwzględnych błędów procentowych każdego z modeli. Analizując informacje w niej zamieszczone, zauważamy, że prawie wszystkie modele spełniły kryteria dopuszczalności do predykcji.

Tabela 2. Parametry wyszukiwania sieciowego modelu wyrównywania wykładniczego Holta produkcji energii elektrycznej z OZE

Województwo	Zmienna X_1			Zmienna X_4			Zmienna X_5		
	Alfa	Beta	Błąd	Alfa	Beta	Błąd	Alfa	Beta	Błąd
Dolnośląskie	0,1	0,4	9,19	0,5	0,1	17,27	0,6	0,1	9,46
Kujawsko-pomorskie	0,1	0,1	5,37	0,1	0,1	5,36	0,2	0,1	5,92
Lubelskie	0,1	0,3	5,35	0,1	0,1	14,00	0,9	0,5	12,87
Lubuskie	0,2	0,1	2,83	0,1	0,1	10,83	0,1	0,1	7,27
Łódzkie	0,1	0,1	4,48	0,1	0,1	5,19	0,2	0,1	8,98
Małopolskie	0,5	0,1	12,85	0,4	0,2	13,41	0,9	0,3	15,25
Mazowieckie	0,1	0,1	5,83	0,5	0,1	13,46	0,3	0,2	14,53
Opolskie	0,1	0,6	5,25	0,4	0,1	8,08	0,1	0,1	6,58
Podkarpackie	0,6	0,1	7,73	0,2	0,1	9,36	0,1	0,3	6,49
Podlaskie	0,1	0,2	9,13	0,9	0,1	12,13	0,3	0,1	10,47
Pomorskie	0,5	0,1	12,36	0,3	0,1	7,17	0,2	0,2	3,87
Śląskie	0,4	0,1	6,89	0,9	0,1	11,14	0,9	0,8	16,06
Świętokrzyskie	0,9	0,2	11,14	0,9	0,9	6,97	0,9	0,2	9,37
Warmińsko-mazurskie	0,2	0,1	6,28	0,1	0,2	6,71	0,1	0,1	1,43
Wielkopolskie	0,1	0,9	5,56	0,9	0,1	7,11	0,9	0,4	10,56
Zachodniopomorskie	0,1	0,4	8,20	0,3	0,1	7,91	0,1	0,4	5,03

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. zawiera zestawienie wyników prognoz produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne sporządzonych dwuwariantowo dla lat 2021–2023. W pierwszym wariantcie prognozy dokonano na podstawie danych z lat 2005–2018, a w drugim zostały one uzupełnione o lata 2019–2020. Wyniki dla pierwszego zamieszczono po lewej stronie, natomiast dla drugiego wariantu po prawej. Dodatkowo zamieszczono w niej informacje na temat pozycji zajmowanych w rankingach przez poszczególne województwa w 2023 roku.

Tabela 3. Prognoza produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	Wariant 1				Wariant 2			
	2021	2022	2023	R	2021	2022	2023	R
Dolnośląskie	250,88	254,25	257,62	3	907,764	952,471	997,178	8
Kujawsko-pomorskie	903,53	905,38	907,24	1	2597,425	2662,275	2727,125	3
Lubelskie	16,11	16,21	16,32	14	591,987	615,341	638,694	15
Lubuskie	187,83	190,15	192,47	6	809,566	838,206	866,845	10
Łódzkie	35,74	35,48	35,23	11	1698,938	1767,513	1836,088	5
Małopolskie	406,94	410,26	413,58	2	602,700	634,050	665,400	13
Mazowieckie	173,63	177,76	181,90	7	1513,413	1565,738	1618,063	6
Opolskie	185,28	192,41	199,55	5	592,524	621,551	650,577	14
Podkarpackie	107,98	105,28	102,59	8	707,656	742,259	776,862	12
Podlaskie	5,36	5,48	5,61	16	775,853	822,324	868,796	9
Pomorskie	406,87	330,43	254,00	4	3289,250	3501,075	3712,900	2
Śląskie	152,08	100,07	48,061	10	720,367	780,917	841,467	11
Świętokrzyskie	9,50	9,81	10,12	15	209,626	252,834	296,042	16
Warmińsko-mazurskie	58,56	59,60	60,64	9	1306,259	1369,959	1433,659	7
Wielkopolskie	27,68	27,45	27,22	12	2318,613	2445,872	2573,132	4
Zachodniopomorskie	55,43	36,96	18,5	13	5067,432	5321,727	5576,023	1

Legenda do tabeli: R – pozycja w rankingu

Źródło: opracowanie własne.

Analizując dane z tabeli 3 zauważamy między innymi, że dla każdego z województw wystąpiły drastyczne zmiany wartości prognozowanych badanej cechy. Według sporządzonych prognoz dla wariantu pierwszego najwyższej prognozy można spodziewać się w województwie kujawsko-pomorskim (2021–2023), a najniższej w podlaskim. Według wariantu drugiego najwyższe wartości charakterystyczne będą dla województwa zachodniopomorskiego, a najniższe – świętokrzyskiego. Zdecydowanie przesunie się w rankingu według drugiego wariantu województwo podlaskie. Dla wszystkich województw obserwowana jest zmiana pozycji zajmo-

wanych w rankingach sporządzonych według malejących wartości prognozowanej cechy pomiędzy analizowanymi wariantami. Tak duże różnice wartości pomiędzy wariantem pierwszym i drugim mają swoje źródło w danych pierwotnych (zob. tabela 1.). Drastyczne zmiany wartości badanej cechy w badanym okresie przełożyły się bowiem na wartości prognoz. Badaniu poddano również zmienną produkcja energii z odnawialnych nośników energii (zmienna X_4). Informacje statystyczne dla tej cechy w okresie 2005–2020 zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii – dane pierwotne (2005–2020)

Województwo	2005	2006	2007	2008	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Dolnośląskie	207	208	257	272	704	897	763	1 056	1 013	708	804	644	770	885
Kujawsko-pomorskie	1 198	1 179	1 363	1 269	2 063	1 866	2 148	2 213	2 558	3 091	3 700	3 311	3 521	3 694
Lubelskie	9	17	21	36	18	32	48	55	104	427	521	473	568	597
Lubuskie	152	151	156	151	191	288	312	291	360	632	697	655	731	762
Łódzkie	58	65	95	141	603	1 165	953	927	1 223	1 411	1 659	1 466	1 805	1 827
Małopolskie	480	490	602	597	869	886	481	591	463	491	523	413	545	698
Mazowieckie	182	174	315	556	1 194	1 699	1 800	1 983	1 872	1 437	1 646	1 450	1 749	1 984
Opolskie	142	207	249	255	309	341	444	558	628	591	470	522	500	549
Podkarpackie	172	177	178	212	320	343	395	460	574	653	675	569	659	784
Podlaskie	8	9	10	60	389	435	600	655	851	815	649	718	976	1 048
Pomorskie	365	393	516	717	1 002	1 216	1 344	1 550	1 949	2 226	2 409	2 104	2 430	2 929
Śląskie	102	241	332	464	1 678	2 224	1 549	1 762	1 598	1 118	897	803	948	1 469
Świętokrzyskie	327	376	396	611	884	1 266	1 745	2 416	2 717	2 343	2 069	1 822	2 024	2 113
Warmińsko-mazurskie	49	56	74	65	452	555	550	746	950	976	1 128	969	1 307	1 294
Wielkopolskie	90	136	315	514	1 010	1 319	1 281	1 490	1 958	1 977	1 817	2 093	2 423	2 620
Zachodniopomorskie	306	413	551	686	1 452	2 349	2 655	3 090	3 866	3 912	4 460	3 605	4 400	4 974

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDL.

W wyniku analizy danych zamieszczonych w tabeli 4 możemy zaobserwować podobne tendencje, jak dla poprzedniej zmiennej. Dla tego wskaźnika również sporządzono prognozy kształtowania się wartości w przyszłości (dla okresu 2021–2023) (zob. tabela 5.). Analizując wartości prognoz sporządzonych dla cechy produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii (zob. tabela 5.) możemy wyciągnąć między innymi następujące wnioski. Według prognozy sporządzonej dla pierwszego wariantu najwyższa produkcja energii elektrycznej w roku 2021 i roku 2023 wystąpić powinna w województwie zachodniopomorskim, zaś w 2022 roku będzie to województwo kujaw-

sko-pomorskie. W drugim wariantcie sporządzonej prognozy dla całego okresu będzie to województwo zachodniopomorskie. Najniższe wartości prognoz według wariantu pierwszego charakterystyczne będą dla Podkarpacia, natomiast według drugiego dla województwa opolskiego. Analizowany wskaźnik cechuje się dość dużym zróżnicowaniem pozycji zajmowanych w rankingach w prognozowanym okresie. Województwa Polski Wschodniej wypadają dość korzystnie w sporządzonych rankingach.

Tabela 5. Prognoza produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	Wariant 1				Wariant 2			
	2021	2022	2023	R	2021	2022	2023	R
Dolnośląskie	424,290	365,676	315,160	14	831,421	805,841	780,261	15
Kujawsko-pomorskie	3986,639	4167,768	4348,897	2	4034,740	4261,900	4489,060	2
Lubelskie	593,136	653,054	712,972	11	770,159	868,839	967,519	12
Lubuskie	786,496	844,828	903,160	10	897,945	978,325	1058,705	11
Łódzkie	1368,330	1337,211	1306,800	7	2008,630	2129,450	2250,270	6
Małopolskie	467,22	476,46	485,88	13	744,380	791,260	838,140	14
Mazowieckie	1261,433	1198,527	1135,62	8	1974,850	1997,250	2019,650	7
Opolskie	614,661	643,861	673,061	12	516,656	500,856	485,056	16
Podkarpackie	250,55	144,47	38,38	16	825,740	867,680	909,620	13
Podlaskie	837,774	877,865	917,956	9	1086,860	1126,220	1165,580	10
Pomorskie	2505,669	2639,492	2773,315	5	3014,602	3210,502	3406,402	3
Śląskie	382,790	307,879	247,628	15	1443,78	1418,16	1392,54	9
Świętokrzyskie	2768,533	3182,796	3659,047	3	2240,500	2368,126	2495,752	5
Warmińsko-mazurskie	1569,774	1779,501	2017,248	6	1354,990	1416,249	1477,508	8
Wielkopolskie	2597,59	2751,60	2905,62	4	2752,020	2884,440	3016,860	4
Zachodniopomorskie	5224,40	2320,67	5416,95	1	4924,653	5122,930	5321,207	1

Źródło: opracowanie własne.

Analizie poddano również wskaźnik udział energii odnawialnej w produkcji energii ogółem. Dane pierwotne tej cechy zawiera tabela 6. Analizując informacje w niej zamieszczone zauważamy wysoką tendencję wzrostową wartości badanej cechy w przyjętym do badania okresie dla każdego z obiektów. Udział energii ze źródeł odnawialnych w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem wzrósł w latach 2015–2019 z 13,25% do 15,96% (GUS, 2019). Struktura pozyskania energii ze źródeł odnawialnych dla Polski wynika przede wszystkim z charakterystycznych dla naszego kraju warunków geograficznych i możliwych do zagospodarowania zasobów.

Tabela 6. Udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem – dane pierwotne (2005–2020)

Województwo	2005	2006	2007	2008	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Dolnośląskie	1,3	1,3	1,7	1,8	5,3	6,6	6,0	9,6	9,4	6,5	7,9	6,5	9,0	10,2
Kujawsko-pomorskie	40,1	42,1	46,9	48,1	60,5	58,7	63,1	65,8	68,6	58,7	51,4	48,7	45,5	45,4
Lubelskie	0,4	0,9	1,2	2,0	0,9	1,5	3,8	4,4	5,8	18,0	23,5	22,9	23,2	21,9
Lubuskie	7,0	7,0	7,1	7,2	8,0	11,4	12,3	11,6	14,4	21,3	21,0	19,9	21,6	22,5
Łódzkie	0,2	0,2	0,3	0,5	1,8	3,3	2,6	2,5	3,3	3,9	4,3	3,8	5,4	6,0
Małopolskie	5,4	5,5	6,5	7,8	12,4	13,9	7,2	9,5	7,0	7,7	8,4	7,0	10,6	14,6
Mazowieckie	0,9	0,8	1,4	2,6	5,3	7,7	7,8	8,3	7,9	5,9	6,6	4,8	5,4	6,5
Opolskie	1,5	2,1	2,5	2,8	3,4	4,0	5,1	6,4	7,6	7,1	5,5	5,2	4,0	4,1
Podkarpackie	6,6	6,7	6,5	7,8	11,1	12,9	16,1	23,4	19,8	24,3	25,7	23,1	24,0	23,0
Podlaskie	1,3	1,6	1,8	11,8	48,8	60,2	72,3	69,8	70,1	66,5	54,7	68,3	75,2	79,8
Pomorskie	10,7	13,2	17,5	24,6	30,8	35,5	36,6	41,3	45,9	49,8	53,1	51,3	51,9	56,6
Śląskie	0,3	0,7	1,0	1,5	5,1	7,1	5,0	6,6	5,8	4,1	3,2	3,2	4,4	7,4
Świętokrzyskie	6,4	5,5	6,3	9,7	10,4	15,3	22,2	26,2	27,5	20,7	20,4	16,2	21,1	29,6
Warmińsko-mazurskie	16,8	21,1	25,2	25,2	70,6	74,4	72,3	78,7	83,4	83,7	87,2	82,8	85,7	87,1
Wielkopolskie	0,7	1,0	2,3	3,8	7,8	10,1	9,4	11,3	14,6	15,4	14,7	21,3	25,3	29,2
Zachodnio-pomorskie	5,5	5,4	6,9	8,3	16,4	27,0	30,4	35,1	38,6	41,8	47,8	44,2	55,6	58,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDL.

Za pomocą metody wyrównywania wykładniczego Holta sporządzono prognozę wartości badanej cechy (udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem) dla każdego z województw Polski dla lat 2021–2023. Wartości prognoz w sposób zbiorczy zestawiono w formie tabeli (tabela 7.).

Tabela 7. Prognoza udziału energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	Wariant 1				Wariant 2			
	2021	2022	2023	R	2021	2022	2023	R
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Dolnośląskie	4,175	3,273	2,372	14	10,143	10,303	10,463	12
Kujawsko-pomorskie	39,35	36,238	33,122	6	39,940	35,300	30,660	8
Lubelskie	32,29	35,42	38,55	5	25,120	28,340	31,560	6
Lubuskie	22,92	23,93	24,94	9	24,930	26,550	28,170	9
Łódzkie	4,57	4,822	5,078	13	6,465	7,005	7,545	14
Małopolskie	6,08	5,701	5,320	12	18,600	22,600	26,600	10
Mazowieckie	2,87	2,37	1,95	15	5,484	5,204	4,924	15
Opolskie	6,053	6,338	6,623	11	3,050	2,350	1,650	16
Podkarpackie	26,907	28,176	29,446	7	24,923	25,563	26,203	11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Podlaskie	82,840	87,994	93,148	1	79,055	80,995	82,935	2
Pomorskie	62,644	65,767	68,89	3	58,740	60,880	63,020	4
Śląskie	1,72	1,45	1,22	16	7,720	8,040	8,360	13
Świętokrzyskie	18,462	19,215	19,96	10	30,020	30,440	30,860	7
Warmińsko-mazurskie	82,69	82,10	81,51	2	87,808	88,517	89,226	1
Wielkopolskie	24,596	26,69	28,79	8	33,106	37,013	40,919	5
Zachodniopomorskie	53,13	56,10	59,08	4	62,315	66,131	69,948	3

Źródło: opracowanie własne.

Według prognoz sporządzonych za pomocą pierwszego wariantu najwyższy udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem charakterystyczny będzie dla województwa podlaskiego, natomiast według wariantu drugiego będzie to województwo warmińsko-mazurskie. Należy również zaznaczyć, że województwa podlaskie i warmińsko-mazurskie zajmują pierwsze pozycje pod względem wartości badanej cechy. Najniższy natomiast udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej według wariantu pierwszego wystąpi w województwie śląskim, a według drugiego – w opolskim. Stałość pozycji zajmowanych w obu wariantach charakterystyczna jest jedynie dla województw lubuskiego i mazowieckiego (por. tabela 7).

PROGNOZA PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENREGII W POLSCE – ANALIZA PORÓWNAWCZA

W ramach podrozdziału dokonano porównania prognoz sporządzonych za pomocą dwóch metod: wyrównywania wykładniczego Holta i średniookresowego tempa zmian (Surówka, Kustrzyk, 2009, s. 97–106). Tabela 8. zawiera zestawienie zbiorcze wyników prognoz sporządzonych na lata 2021–2023 dla wskaźnika produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne. Dla porównania w ostatniej kolumnie dodano wartość rzeczywistą badanej cechy z roku 2020.

Tabela 8. Prognoza produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2020
	Metoda średniookresowego tempa zmian			Metoda wyrównywania wykładniczego Holta			Wartość rzeczywista
1	2	3	4	5	6	7	8
Dolnośląskie	706,035	655,777	609,097	907,764	952,471	997,178	818,4
Kujawsko-pomorskie	2298,196	2232,566	2168,811	2597,425	2662,275	2727,125	2 435,3
Lubelskie	492,285	465,023	439,270	591,987	615,341	638,694	551,7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Lubuskie	687,809	657,667	628,846	809,566	838,206	866,845	752,3
Łódzkie	1376,457	1306,633	1240,350	1698,938	1767,513	1836,088	1 527,5
Małopolskie	468,760	436,746	406,919	602,700	634,050	665,400	540,0
Mazowieckie	1269,192	1216,025	1165,086	1513,413	1565,738	1618,063	1 382,6
Opolskie	457,043	422,632	390,811	592,524	621,551	650,577	534,5
Podkarpackie	584,101	545,536	509,518	707,656	742,259	776,862	669,6
Podlaskie	561,650	509,354	461,928	775,853	822,324	868,796	682,9
Pomorskie	2364,745	2148,171	1951,431	3289,250	3501,075	3712,900	2 865,6
Śląskie	481,809	420,151	366,383	720,367	780,917	841,467	633,6
Świętokrzyskie	70,841	52,908	39,515	209,626	252,834	296,042	127,0
Warmińsko- -mazurskie	1059,812	994,824	933,822	1306,259	1369,959	1433,659	1 202,8
Wielkopolskie	1705,877	1550,877	1409,960	2318,613	2445,872	2573,132	2 063,9
Zachodnio- -pomorskie	3892,309	3596,744	3323,623	5067,432	5321,727	5576,023	4 558,3

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 9. przedstawiono informacje na temat prognozy produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników dla obydwu metod.

Tabela 9. Prognoza produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2020
	Metoda średniookresowego tempa zmian			Metoda wyrównywania wykładniczego Holta			Wartość rzeczywista
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Dolnośląskie	875,249	933,333	995,272	831,421	805,841	780,261	885,1
Kujawsko- -pomorskie	2959,825	2713,803	2488,231	4034,740	4261,900	4489,060	3 694,0
Lubelskie	125,985	59,344	27,954	770,159	868,839	967,519	597,3
Lubuskie	475,533	383,646	309,515	897,945	978,325	1058,705	762,3
Łódzkie	1455,205	1306,506	1173,002	2008,630	2129,450	2250,270	1 827,4
Małopolskie	500,651	479,848	459,910	744,380	791,260	838,140	697,5
Mazowieckie	1808,261	1838,851	1869,958	1974,850	1997,250	2019,650	1 984,1
Opolskie	556,695	587,704	620,440	516,656	500,856	485,056	549,2
Podkarpackie	613,531	592,031	571,285	825,740	867,680	909,620	783,8
Podlaskie	908,802	877,138	846,577	1086,860	1126,220	1165,580	1 047,5
Pomorskie	2162,589	2040,004	1924,367	3014,602	3210,502	3406,402	2 928,8
Śląskie	1193,925	1340,008	1503,964	1443,78	1418,16	1392,54	1 469,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Świętokrzyskie	2321,551	2486,348	2662,844	2240,500	2368,126	2495,752	2 112,9
Warmińsko-mazurskie	1098,746	1007,376	923,604	1354,990	1416,249	1477,508	1 294,0
Wielkopolskie	2164,756	2046,189	1934,116	2752,020	2884,440	3016,860	2 619,6
Zachodniopomorskie	4115,557	3980,262	3849,415	4924,653	5122,930	5321,207	4 973,7

Źródło: opracowanie własne.

Analizy porównawczej dokonano również dla prognoz zmiennej udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem (zob. tabela 10.).

Tabela 10. Prognoza udziału energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem na lata 2021–2023 według województw Polski

Województwo	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2020
	Metoda średniookresowego tempa zmian			Metoda wyrównywania wykładniczego Holta			Wartość rzeczywista
Dolnośląskie	9,196	9,295	9,396	10,143	10,303	10,463	10,2
Kujawsko-pomorskie	54,810	60,157	66,026	39,940	35,300	30,660	45,4
Lubelskie	7,961	4,663	2,732	25,120	28,340	31,560	21,9
Lubuskie	17,237	15,398	13,756	24,930	26,550	28,170	22,5
Łódzkie	4,078	3,543	3,079	6,465	7,005	7,545	6,0
Małopolskie	8,409	7,490	6,671	18,600	22,600	26,600	14,6
Mazowieckie	6,424	7,007	7,643	5,484	5,204	4,924	6,5
Opolskie	5,274	6,056	6,954	3,050	2,350	1,650	4,1
Podkarpackie	21,693	20,625	19,608	24,923	25,563	26,203	23,0
Podlaskie	72,560	71,274	70,012	79,055	80,995	82,935	79,8
Pomorskie	48,713	47,194	45,722	58,740	60,880	63,020	56,6
Śląskie	5,007	5,341	5,697	7,720	8,040	8,360	7,4
Świętokrzyskie	23,891	25,422	27,051	30,020	30,440	30,860	29,6
Warmińsko-mazurskie	84,534	83,957	83,384	87,808	88,517	89,226	87,1
Wielkopolskie	18,394	15,684	13,373	33,106	37,013	40,919	29,2
Zachodniopomorskie	45,485	41,140	37,210	62,315	66,131	69,948	58,5

Źródło: opracowanie własne.

ZAKOŃCZENIE

Potrzeba prognozowania wynika najczęściej z chęci poznania przyszłości. Dotychczas przeprowadzone przez GUS badania statystyczne w zakresie analizowanej problematyki przyczyniły się do uzyskania między innymi następu-

jących wyników: w latach 2017–2021 produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wodnych utrzymywała się na zbliżonym, niezbyt wysokim poziomie. W 2021 roku nastąpił jej spadek w porównaniu do 2017 roku o 8,6%, choć w stosunku do 2020 roku odnotowano wzrost o 10,4%. Produkcja energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wiatrowych w latach 2017–2021 systematycznie wzrastała. W 2021 r. w porównaniu z rokiem 2017 wzrost ten wyniósł 8,9%, w porównaniu z 2020 r. – 2,7% (*Energia ze źródeł odnawialnych...*, 2021). W przeprowadzonych badaniach dokonana została analiza porównawcza prognoz wybranych cech charakteryzujących produkcję energii z OZE w województwach Polski sporządzonych za pomocą dwóch metod: wyrównywania wykładniczego Holta i średniookresowego tempa zmian. W wyniku tego postępowania wyciągnięto szczegółowe wnioski.

Porównując największe różnice pomiędzy prognozami wykonanymi za pomocą tych metod można stwierdzić, że są one zróżnicowane dla każdej z cech. Analizując informacje dotyczące produkcji energii z odnawialnych nośników energii zauważamy, że województwa zachodniopomorskie oraz pomorskie osiągnęły najwyższe wartości prognozowane dla obu metod. Poza tym ich pozycja w rankingach nie zmienia się. Największe różnice pomiędzy prognozami sporządzonymi dla dwóch wariantów charakterystyczne są dla województwa kujawsko-pomorskiego, najniższe zaś dla śląskiego oraz opolskiego. Porównując wyniki prognoz obu metod dla cechy produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych i na paliwa odnawialne możemy zaobserwować, że wyższe wartości odpowiadają predykcji dokonanej za pomocą metody wyrównywania wykładniczego Holta. Największe różnice między sporządzonymi prognozami charakterystyczne są dla województw: lubelskiego, lubuskiego oraz podkarpackiego (2021–2022). Najniższe natomiast zachodniopomorskiego. W przypadku cechy udział energii odnawialnej w produkcji energii ogółem najwyższe różnice pomiędzy sporządzonymi prognozami występują: w 2021 roku – w województwie lubelskim, w 2022 roku – zachodniopomorskim, a w 2023 roku – kujawsko-pomorskim. Najniższe natomiast w mazowieckim (2021 rok) i dolnośląskim (2022–2023).

W toku badań własnych pojawiły się trudności, które wynikały głównie z dynamicznych zmian wartości bazowych analizowanych cech, co miało wpływ na duże zróżnicowanie wartości prognoz sporządzonych dla obydwu wariantów. Najbardziej stabilne i wysokie pozycje pod względem produkcji energii odnawialnej zajmuje województwo zachodniopomorskie. Badane województwa zajmują także zróżnicowane pozycje względem badanych okresów. Biorąc powyższe pod uwagę w toku badania pozytywnie zweryfikowana została dwuczłonowa hipoteza. Pozwala to twierdzić, że do podejmowania próby predykcji wartości wybranych cech charakteryzujących badane zjawisko należy podchodzić ostrożnie, ponieważ może mieć ona charakter jedynie poznawczy.

Ograniczeniem w przeprowadzeniu dogłębszych analiz był brak dostępnych danych statystycznych. Stanowi to istotny problem w procesie prognozytycznym badanego zjawiska. Wartością dodaną w tekście jest dokonanie analizy porównawczej prognoz sporządzonych dla danych dwóch okresów badawczych i na tej podstawie podjęcie próby oceny otrzymanych rezultatów. Wyniki badań pozwoliły zobrazować nierówności przestrzenne produkcji energii z OZE w poszczególnych województwach, a w oparciu o taką wiedzę mogą być podejmowane działania w celu zwiększenia efektywności wykorzystania energii.

BIBLIOGRAFIA

- Bieńkowska-Gołasa, W. (2016). Produkcja i wykorzystanie energii elektrycznej w Polsce z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Roczniki Naukowe, XVII(3)*, 17–22.
- Bruno, J. (2021). Ocena wyzwań stojących przed polskim rynkiem energii z punktu widzenia współczesnych wymiarów bezpieczeństwa energetycznego. *Rocznik Instytutu Europy Środkowo-Wschodniej, 19(1)*, 41–157. DOI: 10.36874/RIESW.2021.1.8.
- Budnikowski, A. (2001). *Międzynarodowe stosunki gospodarcze*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Chmielniak, T. (2008). *Technologie energetyczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Cieślak, M. (2022). *Prognozowanie gospodarcze*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Dębkowska, K., Kłosiewicz-Górecka, U., Szymańska, A., Zybortowicz, K. (2022). *Szok pandemiczny, szok wojenny, czyli jak firmy reagują na kryzysy*. Warszawa: Polski Instytut Ekonomiczny.
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 roku* (2021). Warszawa: GUS.
- Gernego, I., Liakhova, O., Dyba, M. (2022). Crisis Management in the Energy Sector in Conditions of Increasing Epidemiological Risks. *Polityka Energetyczna, 25(2)*, 25–44. DOI: 10.33223/epj/150002.
- Kardasz, A. (2022). Odnawialne źródła energii jako element bezpieczeństwa energetycznego. Pobrane z: <https://www.cire.pl/pliki/2/ozejakoelbezp.pdf> (2022.10.26).
- Kowalczyk-Juško, A. (2020). *Rozwój innowacyjnych technologii odnawialnych źródeł energii na obszarach wiejskich*. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
- Kudęłko, J., Szmigiel, K., Wałachowski, K., Żmija, D. (2022). Koncepcja badania społeczno-ekonomicznych konsekwencji i wyzwań pandemii. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego, 36(2)*, 27–46. DOI: 10.24917/20801653.362.2.
- Lewandowski, W. M. (2002). *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Maćkowiak-Pandera, J. (2021). Dziesięć kroków do wyjścia z kryzysu energetycznego. 8.12.2021. Pobrane z: <https://wysokienapiecie.pl/43033-dziesiec-krokow-wyjscia-z-kryzysu-energetycznego/> (2022.10.26).

- Mikołajuk, H., Zatorska, M., Stepniak, E., Wrońska, I. (2021). Informacja statystyczna o energii elektrycznej. *Biuletyn miesięczny Agencji Rynku Energii*, 7(331), 1–24.
- Olabi, A. G., Mohammad, A. A. (2022). Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112111. DOI:10.1016/j.rser.2022.112111.
- Seroka, A. (2022). Odnawialne źródła energii jako element zarządzania bezpieczeństwem energetycznym państwa. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie*, 46, 88–100. DOI: 10.17512/znpcz.2022.2.07.
- Surówka, A. (2021). Dynamiczno-statystyczna analiza przestrzennego zróżnicowania produkcji energii elektrycznej w województwach Polski, w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym. W: D. Wyrwa, M. Hajduk-Stelmachowicz, B. Ziółkowski, M. Michułowicz-Jankowska (red.), *Gospodarka o obiegu zamkniętym* (s. 49–64). Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- Surówka, A., Kustrzyk, J. (2009). Prognozowanie możliwości rozwoju transportu lotniczego w Polsce w świetle badań własnych. *Problemy Nauk Stosowanych*, 10, 97–106.
- Tutak, M. (2021). Wykorzystanie metod MCDM do oceny zakresu, w jakim kraje Unii Europejskiej wykorzystują energię odnawialną. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji. Multidyscyplinarne Aspekty Inżynierii Produkcji*, 4, 190–199. DOI:10.2478/mape-2021-00017.
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. z 2018 r., poz. 755 ze zm.).
- Winiarski, B. (2000). *Polityka gospodarcza*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Streszczenie

Bezpieczeństwo energetyczne kraju jest jedną ze składowych bezpieczeństwa narodowego. Obecnie z uwagi na rangę zagadnienia stało się ono źródłem szczególnego zainteresowania. Do działań przyczyniających się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego zaliczyć należy zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE). Celem artykułu jest podjęcie próby odpowiedzi na pytanie, czy na podstawie ogólnodostępnych danych GUS możemy skutecznie przewidywać kształtowanie się produkcji energii z odnawialnych nośników.

Realizacji celu dokonano dwuetapowo. W pierwszym sporządzono prognozy wybranych cech charakteryzujących produkcję energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii dla okresu 2021–2023 na podstawie danych z lat 2000–2018, a w drugim dane pierwotne uzupełniono o okres 2019–2020. Jako narzędzia badawcze wykorzystano metodę wyrównywania wykładniczego Holta oraz metodę średniokresowego tempa zmian. Otrzymane wyniki porównano.

W toku badania pozytywnie zweryfikowane zostały obie hipotezy: Województwa Polski charakteryzują dynamiczne zmiany w zakresie zróżnicowania produkcji energii z odnawialnych źródeł energii, co przekłada się na znaczną zmienność pozycji zajmowanych w rankingach dla wybranych cech je charakteryzujących. Dynamiczne zmiany w zakresie produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii powodują, że sporządzanie prognoz kształtowania się tego zjawiska należy uznać za poznawcze. Otrzymane wyniki pozwoliły ocenić jakość i skuteczność prognoz sporządzanych na podstawie dynamicznie zmieniających się informacji statystycznych. Obliczenia wykonano w programie Statistica. Źródłem pochodzenia danych był Bank Danych Lokalnych.

Słowa kluczowe: zarządzanie rozwojem regionalnym, gospodarka przestrzenna, prognozowanie, zrównoważony rozwój.

Problems and challenges in forecasting electricity production from RES in Poland in the context of contemporary crises

Summary

The country's energy security is one of the components of national security. Currently it has become a source of special interest. The use of renewable energy sources (RES) is one of the measures contributing to the increase in energy security. The aim of the article is to attempt to answer the question whether, on the basis of publicly available data from the CSO, we can effectively predict the development of energy production from renewable carriers.

The goal was achieved in two stages. In the first one, forecasts of selected features characterizing the production of electricity from RES for the period 2021–2023 were made, based on data from 2000–2018, and, in the second, the original data was supplemented with the period 2019–2020. Holt's exponential smoothing method and the medium-term rate of change method were used as research tools. The obtained results were compared.

In the course of the study, both hypotheses were positively verified: Polish voivodeships are characterized by dynamic changes in the diversification of energy production from RES, which translates into a significant variability of positions occupied in the rankings for selected features characterizing them. Dynamic changes in the production of electricity from RES mean that the preparation of forecasts of this phenomenon should be considered cognitive. The obtained results made it possible to assess the quality and effectiveness of forecasts prepared on the basis of dynamically changing statistical information. The calculations were made in the Statistica program. The source of the data was the Local Data Bank.

Keywords: regional development management, spatial management, forecasting, sustainable development.

JEL: R11, O11.