

dr Agata Surówka¹ 

Zakład Metod Ilościowych
Politechnika Rzeszowska

Prognozowanie zużycia energii elektrycznej w województwach Polski w kontekście zrównoważonego rozwoju

WPROWADZENIE

Energia elektryczna jest czynnikiem ułatwiającym funkcjonowanie konsumentów w społeczeństwie oraz stwarza odpowiednie warunki do pracy, rozwoju i odpoczynku (Czarnecka, 2018, s. 4–11). Dość często traktowana jest jako jeden z ważniejszych bodźców wpływających na rozwój gospodarczy i dobrobyt społeczeństwa (Nagaj, 2007, s. 116–129). Dodatkowo przeprowadzane przez niektórych autorów badania dowodzą, że wzrost gospodarczy nierozzerwalnie związany jest z poziomem zużycia energii elektrycznej wykorzystywanej w każdym dziale gospodarki narodowej (Zawada, 2007, s. 259–272). Rozwijająca się gospodarka generuje bowiem coraz większe zapotrzebowanie na energię elektryczną (Surówka, 2021, s. 49–64). Mieszkańcy oczekują, że dostęp do energii elektrycznej będzie spełniał ich podstawowe, niezbędne do życia potrzeby. W tym rozumieniu należy ją traktować jako produkt strategiczny kraju, w którym występuje silna korelacja pomiędzy wielkością posiadanych zasobów energii a rozwojem gospodarczym województw (Tutak, 2018, s. 676). Pojawiają się nawet stanowiska, że zużycie energii elektrycznej jest jedną z najważniejszych cech definiujących gospodarkę ze względu na brak alternatywy dla ludzkiego zapotrzebowania na nią. Należy mieć również na uwadze, że procesy globalizacji gospodarki opartej na wiedzy, a przede wszystkim postęp technologiczny uniemożliwiły funkcjonowanie gospodarki bez dostępu do energii elektrycznej (Nagaj, 2016, s. 116–129).

Tendencja wzrostowa zużycia energii elektrycznej w Polsce w ostatnim okresie spowodowana jest chociażby rosnącym wraz z rozwojem cywilizacyjnym

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

zapotrzebowaniem na nią (Kozar, 2017, s. 126–135). W związku z tym podjęcie badań o takiej problematyce jest szczególnie istotne. Za równie ważne wydaje się magazynowanie energii z OZE (Prusek, 2018, s. 20–22; Strzechmiński, 2018, s. 118–121). Dynamiczny rozwój cywilizacyjny powoduje zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną, a wykorzystywanie tradycyjnych źródeł energii (węgiła, gazu ziemnego, ropy naftowej) przyczynia się do wzrostu zanieczyszczenia środowiska naturalnego i powoduje wyczerpywanie się zasobów naturalnych. Rabunkowa polityka energetyczna zagraża bezpieczeństwu energetycznemu przyszłych pokoleń. Znacznie korzystniejsze w takiej sytuacji wydaje się być wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii (Wójcik, 2013, s. 353–365; Karmowska, Barczak, 2014). W dokumencie Europa 2020 podkreśla się, iż dotychczasowy sposób gospodarowania zawiódł, a więc potrzebne staje się wypracowanie nowego modelu gospodarczego w znacznie szerszym stopniu nawiązującego do troski o otaczające nas środowisko naturalne. Stąd też coraz częściej mówi się o konieczności dążenia do zrównoważonego rozwoju, czyli takiego stanu rozwoju, który cechować ma się docelowo ukształtowaniem równowagi pomiędzy wzrostem gospodarczym, społecznym oraz problemami związanymi z zachowaniem środowiska przyrodniczego i dóbr naturalnych dla przyszłych pokoleń w takim stanie, aby móc zagwarantować im w przyszłości rozwój przynajmniej na tożsamym poziomie (Kozar, 2017, s. 127). Warunkiem zrównoważonego rozwoju jest umiejętne łączenie relacji między gospodarką, społeczeństwem i środowiskiem, aby nie zachwiać zdolności środowiska do dostarczania jego usług w przyszłości. W myśl priorytetu Strategii Europa 2020, zrównoważony rozwój powinien polegać na wspieraniu gospodarki efektywnej korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej. Stosunkowo niewielka liczba autorów (Łyp, 2008, s. 273–284; Kozicki, 2019, s. 283–300; Shindina, 2018, s. 334–344; Tutak, 2018, s. 675, 686; Mrozińska, 2016, s. 23–32; Bieńkowska-Gołasa, 2016, s. 17–22) podejmujących wysiłek badawczy w tym zakresie skłoniła autorkę do podjęcia badań o takiej tematyce. W tekście postawiono sobie dwa cele. Pierwszym było przeprowadzenie ilościowej analizy przestrzennego zróżnicowania zużycia energii elektrycznej w Polsce. Drugim dokonanie predykcji kształtowania się tego zjawiska w województwach Polski w ujęciu dynamicznym. Na bazie tego skonstruowane zostały rankingi dla prognozowanych wartości jedenastu cech na lata 2021–2023. Dotychczasowe wyniki badań własnych (Surówka, 2021, s. 49–64) oraz doświadczenia innych autorów dały podstawy do sformułowania następującej dwuczłonowej hipotezy:

Hipoteza 1: większość województw Polski cechuje się tendencją rozwojową wartości zmiennych charakteryzujących zużycie energii elektrycznej.

Hipoteza 2: województwa Polski wyróżnia stałość pozycji zajmowanych w rankingach skonstruowanych dla prognozowanych wartości zużycia energii elektrycznej w podstawowych sektorach ekonomicznych.

Do realizacji celu wykorzystano wybrane metody ilościowe. Prognoza została sporządzona za pomocą metod wyrównywania wykładniczego Holta oraz średniookresowego tempa zmian. Całość tekstu podzielona została na dwie zasadnicze części. Pierwsza ma aspekt teoretyczny. Dokonano w niej charakterystyki prognozowania oraz opisano metodę badawczą. W drugiej, praktycznej, zamieszczono wyniki badań własnych. Całość zakończona została podsumowaniem z opisem uzyskanych rezultatów.

TEORETYCZNE UJĘCIE PROGNOZOWANIA – UWAGI OGÓLNE

Prognozowanie wynika z niepewności przyszłości i zdarzeń losowych w czasie. Rola prognoz w ekonomii sprowadza się do dostarczenia najbardziej obiektywnych, naukowo uzasadnionych rozwiązań dotyczących przewidywanego kształtowania się zjawisk ekonomicznych w przyszłości. W literaturze można spotkać wiele definicji opisujących i przedstawiających proces prognozowania. Prognozowanie należy rozumieć jako racjonalne, naukowe, przewidywanie przyszłych zdarzeń, czyli wnioskowanie o zdarzeniach nieznanych na podstawie zdarzeń znanych. Jak wiemy, nauka znajduje się w ciągłym rozwoju, polegającym na stawianiu coraz to nowych problemów, obalaniu i eliminowaniu starych twierdzeń, zgłaszaniu nowych. Korzystanie z dorobku nauki nie gwarantuje więc czytelnego odczytu rzeczywistości, realnego obrazu przyszłości, a jedynie ułatwia drogę do przewidywania przyszłości przez korzystanie ze wskazówek, które do tej pory badacze zdołali sformułować.

Bardzo podobnie prognozowanie definiuje E. Nowak, według którego jest to racjonalne, oparte na naukowych podstawach przewidywanie kształtowania się zjawisk i procesów w przyszłości. Według M. Cielak prognozowanie to wnioskowanie o zdarzeniach nieznanych na podstawie zdarzeń znanych. Z prognozowaniem związane jest pojęcie prognozy. Określana jest jako sąd o następujących właściwościach:

- sformułowany z wykorzystaniem dorobku nauki,
- odnoszący się do określonej przyszłości,
- weryfikowalny empirycznie,
- niepewny, ale akceptowalny.

Jest wynikiem wnioskowania o przyszłości na podstawie modelu opisującego pewien wycinek sfery badanych zjawisk. Ponieważ większość z nich ma charakter stochastyczny, prognoza również ma taki charakter, a w procesie wnioskowania o przyszłości wykorzystuje się pojęcia i aparat rachunku prawdopodobieństwa. Według innej definicji prognoza to zapowiedź przyszłych zdarzeń, zjawisk na podstawie specjalistycznych badań w danej dziedzinie (Dunaj, 2021). W literaturze przedmiotu spotykamy również wiele sposobów klasyfikacji prognoz ze względu na różne kryteria.

OPIS METODY BADAWCZEJ

Model Holta zalicza się do modeli adaptacyjnych. Stosuje się go do wygładzenia szeregów czasowych, w których występują wahania przypadkowe i tendencja rozwojowa. 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 budowy liniowego modelu Holta potrzebne są wartości początkowe F_1 i S_1 . W literaturze można znaleźć wiele propozycji rozwiązania tego problemu. Jeden z możliwych polega na przyjęciu za F_1 pierwszej wartości zmiennej prognozowanej zmiennej y_1 , zaś za S_1 różnicy $y_2 - y_1$. Innym podejściem jest przyjęcie za F_1 wyrazu wolnego liniowej funkcji trendu, a za S_1 współczynnika kierunkowego tej samej funkcji (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:

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

PROGNOZOWANIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W WOJEWÓDZTWACH POLSKI (2021–2023) – WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH

Znajomość prognoz długoterminowych jest niezbędna głównie dla celów racjonalnego prowadzenia eksploatacji systemu elektroenergetycznego, a także do planowania jego rozwoju (Dąsał, Popławski, 2008, s. 101–115). W literaturze po-

jawiają się stanowiska, że istotną kwestią jest analiza czynników determinujących zróżnicowanie zużycia energii w poszczególnych województwach oraz działań, które mogą być podejmowane w celu zwiększenia efektywności wykorzystania energii (Maśloch, 2009, s. 505–513). W badaniach własnych do oceny przestrzennego zróżnicowania zużycia energii elektrycznej w województwach Polski w przyszłości przyjęto następujący zestaw wskaźników:

- X_1 – zużycie energii w sektorze przemysłowym,
- X_2 – zużycie energii w sektorze energetycznym,
- X_3 – zużycie energii w sektorze transportowym,
- X_4 – zużycie energii w gospodarstwach domowych,
- X_5 – zużycie energii w rolnictwie,
- X_6 – zużycie energii w województwach stosunku do zużycia w Polsce (%),
- X_7 – zużycie energii przypadające na jednostkę PKB w relacji do średniej dla Polski,
- X_8 – zużycie energii ogółem na 1 mln zł PKB,
- X_9 – zużycie energii ogółem (TWh),
- X_{10} – zużycie energii w przemyśle na 1 mln zł wartości dodanej brutto w przemyśle,
- X_{11} – zużycie energii ogółem na 1 mieszkańca (kWh).

Zebrany materiał został poddany obróbce statystycznej. Prognozy kształtowania się badanej zmiennej dokonano na lata 2021–2023, w oparciu o dane z okresu 2000–2018. Przyjęcie takiego okresu badawczego spowodowane było dostępnością danych w momencie przeprowadzenia badań. Podstawą analizy były dane statystyczne zgromadzone przez Główny Urząd Statystyczny. Jak słusznie zauważył K. Dąsał, rozważając problem modelowania przebiegu zużycia energii elektrycznej możliwe są dwa rozwiązania. Można modelować przebieg jedynie w oparciu o szereg czasowy lub budować model przyczynowo-skutkowy. Są to dwa zasadniczo różniące się podejścia do problemu modelowania zjawisk technicznych czy szerzej, gospodarczych. Każde z nich ma pozytywne, jak i negatywne cechy (Dąsał, Popławski, 2008, s. 102).

W badaniach własnych proces prognozowania przeprowadzony został za pomocą pierwszego podejścia. Narzędziem badawczym była metoda wyrównywania wykładniczego Holta. Obliczenia wykonano w programie Statistica. Kluczowym elementem był wybór stałych wygładzania alfa i beta. Dla każdego modelu i każdej zmiennej zostały one oszacowane za pomocą sieciowego i automatycznego poszukiwania parametrów. W kolejnym etapie szczególnie ważnym krokiem prognozowania jest weryfikacja prognoz oraz ocena ich jakości, która ma podstawowe znaczenie dla wykorzystania tej prognozy. Oceny jakości można dokonać za pomocą różnych miar. W programie Statistica za najlepszą uznaje się średni bezwzględny błąd procentowy i to ten miernik stanowił ostateczne kryterium dopuszczalności modelu do prognozowania. Jej krytyczny poziom przyjęto na poziomie 15%. Otrzymane wartości tych błędów w sposób zbiorczy zebrano

w tabeli 1., w kolumnie, której nadano nazwę błąd. Zawiera ona również informacje dotyczące najlepszych wartości parametrów poszukiwania sieciowego.

Tabela 1. Parametry wyszukiwania sieciowego modelu wyrównywania wykładniczego zużycia energii elektrycznej w województwach Polski

	Województwo			X ₁			X ₂			X ₃		
				Alfa	beta	błąd	Alfa	beta	błąd	Alfa	beta	błąd
	<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	Dolnośląskie			0,9	0,1	3,90	0,9	0,1	3,91			
B	Kujawsko-pomorskie			0,8	0,1	3,20	²					
C	Lubelskie			0,9	0,1	4,32	0,5	0,7	6,64	0,4	0,1	10,28
D	Lubuskie			0,6	0,1	4,42						
E	Łódzkie			0,6	0,1	8,86	0,5	0,1	5,21			
F	Małopolskie			0,9	0,1	4,44	0,9	0,1	8,62	0,4	0,1	12,36
G	Mazowieckie			0,5	0,1	4,91						
H	Opolskie			0,6	0,3	3,48						
I	Podkarpackie			0,7	0,1	4,16	0,1	0,1	8,19			
J	Podlaskie			0,2	0,1	4,76						
K	Pomorskie			0,4	0,1	2,75	0,9	0,1	9,14	0,4	0,1	12,92
L	Śląskie			0,4	0,1	6,05	0,9	0,1	4,0			
M	Świętokrzyskie			0,6	0,1	3,54	0,9	0,1	10,0			
N	Warmińsko-mazurskie			0,7	0,2	5,17	0,1	0,5	6,5			
O	Wielkopolskie			0,9	0,1	6,68	0,2	0,4	9,13	0,4	0,1	12,23
P	Zachodniopomorskie			0,9	0,1	8,06	0,9	0,1	6,88	0,5	0,1	8,66
	X ₄			X ₅			X ₆			X ₇		
A	0,1	0,1	2,82				0,8	0,5	1,15	0,7	0,1	1,22
B	0,9	0,2	1,9				0,1	0,1	1,38	0,1	0,1	1,67
C	0,9	0,7	3,39				0,9	0,1	1,50	0,7	0,1	2,59
D	0,8	0,1	2,48				0,2	0,1	2,95	0,4	0,1	3,40
E	0,9	0,1	2,2				0,9	0,1	2,90	0,8	0,3	2,39
F	0,9	0,2	4,08				0,8	0,1	1,32	0,7	0,1	1,79
G	0,9	0,1	1,51				0,8	0,3	2,13	0,8	0,1	2,43
H	0,9	0,1	2,75				0,1	0,1	3,72	0,6	0,2	5,99
I	0,9	0,3	2,46				0,9	0,1	1,11	0,7	0,2	1,87
J	0,9	0,8	3,76							0,1	0,1	2,86
K	0,8	0,5	2,03				0,6	0,1	2,23	0,6	0,1	2,57
L	0,9	0,1	1,22				0,9	0,1	1,44	0,9	0,1	1,31
M	0,9	0,4	2,72				0,8	0,1	4,54	0,6	0,1	4,63
N	0,9	0,2	2,73				0,6	0,1	3,04	0,6	0,1	3,17
O	0,9	0,4	1,43				0,1	0,1	2,83	0,9	0,1	2,52
P	0,9	0,1	1,21				0,9	0,1	2,08	0,7	0,1	2,22

² Brak wartości parametrów dla wyszukiwania sieciowego; prognoza została sporządzona za pomocą metody średniokresowego tempa zmian.

	1			2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X ₈											
A	0,9	0,5	4,02	0,1	0,1	2,25	0,9	0,1	12,10	0,9	0,1	1,29
B	0,4	0,9	7,03	0,2	0,8	4,48	0,6	0,6	10,02	0,9	0,1	3,04
C	0,6	0,1	6,02	0,3	0,1	4,22	0,8	0,5	9,55	0,9	0,1	2,06
D	0,8	0,1	3,09	0,8	0,3	2,86	0,9	0,1	11,54	0,9	0,2	2,06
E	0,5	0,2	3,03	0,3	0,1	4,63				0,8	0,1	3,84
F	0,9	0,1	5,47	0,9	0,1	3,54				0,9	0,1	2,91
G	0,9	0,7	4,75	0,6	0,4	2,9	0,9	0,1	10,91	0,9	0,1	3,94
H	0,1	0,1	5,13	0,1	0,2	6,37	0,6	0,4	10,37	0,4	0,1	3,89
I	0,7	0,1	5,66	0,8	0,2	4,55	0,9	0,1	11,55	0,7	0,1	2,02
J	0,8	0,1	5,65	0,8	0,4	4,20	0,9	0,3	13,54	0,6	0,3	3,18
K	0,6	0,1	9,12	0,6	0,1	3,35	0,9	0,1	11,22	0,3	0,5	2,09
L	0,6	0,1	4,63	0,2	0,1	2,52	0,9	0,1	11,55	0,2	0,1	1,97
M	0,1	0,1	6,32	0,6	0,1	7,81	0,1	0,1	14,9	0,9	0,1	6,09
N	0,8	0,1	3,07	0,9	0,1	3,22				0,9	0,1	3,46
O	0,9	0,4	5,85	0,9	0,1	4,39	0,9	0,1	12,50	0,9	0,1	3,40
P	0,1	0,2	3,28	0,2	0,1	4,62				0,6	0,1	2,45

Legenda do tabeli:

błąd – średni bezwzględny błąd procentowy, alfa – parametr alfa, gama – parametr gama

Źródło: opracowanie własne.

W związku z tym, że dla niektórych zmiennych zastosowanie modelu wyrównywania wykładniczego okazało się merytorycznie nieuzasadnione alternatywnie posłużono się metodą średniokresowego tempa zmian (Surówka, Kustrzyk, 2009, s. 97–106). Tabela 2. zawiera zestawienie wyników prognoz wraz rankingami sporządzonymi na lata 2021–2023. Prezentacji rezultatów uporządkowania województw dokonano w następujący sposób: zwykłym tekstem oznaczono stałość pozycji zajmowanych w rankingach w okresie badawczym 2021–2023, natomiast pogrubione zostały miejsca, które ulegały zmianie w czasie. Analizując informacje w niej zamieszczone zauważamy, że badane obiekty zajmują zróżnicowane pozycje w rankingach w ramach poszczególnych zmiennych. Te nierówności w swoich badaniach zaobserwowali również inni autorzy (Maśloch, 2009, s. 505–513). Poza tym, jak zauważyła M. Tutak, poszczególne województwa charakteryzują się różnym stopniem wykorzystania energii elektrycznej w podstawowych sektorach ekonomicznych (Tutak, 2018, s. 675).

W świetle badań własnych stałość pozycji zajmowanych w rankingach skonstruowanych dla prognozowanych wartości zużycia energii elektrycznej obserwowana jest w sektorach: przemysłowym, energetycznym i gospodarstwach domowych. Pozwala to stwierdzić, że negatywnie zweryfikowana została hipoteza 2. Zmiany pozycji w rankingach obserwowane są natomiast w ramach poszcze-

gólnych zmiennych. Tendencje te zostały zaobserwowane również przez innych autorów (Maśloch, 2009, s. 505–513). Wykorzystanie energii elektrycznej uzależnione jest od wielu czynników, między innymi od stopnia uprzemysłowienia regionu, lokalizacji elektrowni, a także od liczby ludności i gospodarstw domowych. To wszystko będzie miało wpływ na kształtowanie się wartości prognozowanych zmiennych. Poza tym poszczególne województwa charakteryzują się różnym stopniem wykorzystania energii elektrycznej w podstawowych sektorach ekonomicznych (Tutak, 2018, s. 675). Ostatecznie wpływa to na nierówności pozycji zajmowanych w skonstruowanych rankingach.

Tabela 2. Prognoza zużycia energii elektrycznej na lata 2021–2023 według województw Polski

	Województwo				X ₁				X ₂			
					2021	2022	2023	pozycja	2021	2022	2023	pozycja
A	Dolnośląskie				4249	4294	4338	6	3514	3561	3608	3
B	Kujawsko-pomorskie				4442	4533	4624	5	239	248	256	13
C	Lubelskie				2755	2793	2831	10	877	960	1044	6
D	Lubuskie				1909	1959	2008	14	251	262	273	12
E	Łódzkie				2835	2929	3022	9	5543	5649	5755	2
F	Małopolskie				5086	5117	5147	3	967	979	990	8
G	Mazowieckie				10537	10841	11144	1	2984	2874	2769	4
H	Opolskie				2569	2654	2738	11	856	851	847	9
I	Podkarpackie				2365	2408	2451	12	235	229	224	14
J	Podlaskie				1005	1031	1058	16	172	173	169	15
K	Pomorskie				3077	3124	3171	7	579	507	435	11
L	Śląskie				9339	9481	9623	2	6443	6311	6179	1
M	Świętokrzyskie				3008	3150	3255	8	1060	1047	1034	7
N	Warmińsko-mazurskie				1303	1347	1392	15	74	72	70	16
O	Wielkopolskie				4622	4709	4795	4	2083	2088	2094	5
P	Zachodniopomorskie				2195	2233	2272	13	591	578	565	10
	X ₃				X ₄				X ₅			
	2021	2022	2023		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
	<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>
A	335	342	348	6	2352	2382	2413	5	117	120	123	6
B	252	254	257	8	1576	1599	1622	8	105	110	116	9
C	96	93	90	15	1501	1532	1564	9	90	99	109	10
D	118	121	124	13	788	799	810	16	62	64	66	15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	584	580	576	2	2053	2084	2116	6	138	148	158	5
F	321	316	310	7	2874	2927	2979	3	167	179	192	4
G	1467	1404	1344	1	5120	5218	5315	1	333	349	366	1
H	137	141	145	11	819	828	837	14	64	68	72	14
I	88	90	91	16	1307	1336	1365	10	68	75	82	12
J	100	95	91	14	980	1005	1030	13	67	73	79	13
K	452	456	461	5	1812	1834	1856	7	112	114	116	8
L	503	520	539	3	3581	3602	3622	2	175	172	170	3
M	149	152	156	10	817	835	852	15	44	48	53	16
N	125	125	125	12	1011	1017	1022	12	114	117	121	7
O	492	488	485	4	2846	2884	2921	4	293	301	309	2
P	236	234	232	9	1226	1237	1248	11	71	73	74	11
	X ₆				X ₇				X ₈			
	2021	2022	2023		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
A	8,0	7,9	7,9	4,5	99,7	99,3	98,9	10	0,04	0,03	0,02	
B	5,0	5,0	5,0	7	118,5	118,9	119,2	5	0,09	0,09	0,09	
C	3,9	3,9	3,9	9	106,1	107,2	108,2	8	0,06	0,06	0,05	
D	2,5	2,5	2,6	14,5	116,8	118,0	119,3	6	0,08	0,08	0,08	
E	8,5	8,6	8,7	3	126,9	126,6	126,4	4	0,11	0,11	0,11	
F	7,8	7,8	7,7	6	97,6	96,4	95,0	11	0,06	0,05	0,04	
G	17,7	17,9	18,1	1	71,7	71,4	71,1	16	0,06	0,06	0,06	
H	3,2	3,2	3,2	13	167,1	168,4	169,8	1	0,11	0,11	0,10	
I	3,4	3,4	3,5	12	87,0	87,0	87,0	14	0,05	0,05	0,05	
J	1,9	1,9	1,9	16	89,7	90,3	90,8	12	0,06	0,05	0,05	
K	4,8	4,8	4,7	8	82,9	81,8	80,7	15	0,04	0,04	0,05	
L	15,7	15,6	15,5	2	130,6	130,4	130,2	3	0,08	0,07	0,07	
M	3,5	3,5	3,5	11	154,9	157,4	160,0	2	0,11	0,10	0,10	
N	2,5	2,5	2,6	14,5	100,4	101,8	103,3	9	0,08	0,08	0,07	
O	8,0	8,0	8,0	4,5	87,2	87,6	88,0	13	0,06	0,05	0,05	
P	3,7	3,7	3,7	10	108,9	109,6	110,3	7	0,07	0,07	0,07	
	X ₉				X ₁₀				X ₁₁			
	2021	2022	2023		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
A	14,7	14,9	15,3	3	0,1	0,1	0,1		5086	5163	5241	5
B	8,9	9,1	9,2	7	0,1	0,1	0,1		4278	4348	4417	7
C	6,2	6,3	6,3	12	0,2	0,2	0,2		3160	3215	3271	13
D	4,4	4,5	4,6	14	0,1	0,1	0,1		4035	4078	4122	9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	14,5	14,8	15,2	4	0,1	0,1	0,1		5777	5884	5990	2
F	14,4	14,5	14,7	5	0,1	0,1	0,1		4167	4220	4273	8
G	30,5	31,4	32,3	1	0,1	0,1	0,1		5566	5695	5823	4
H	5,2	5,2	5,2	13	0,2	0,2	0,2		5602	5681	5760	3
I	6,4	6,5	6,7	9,5	0,1	0,1	0,1		2801	2844	2887	15
J	3,0	3,0	3,0	16	0,1	0,1	0,1		2766	2839	2912	16
K	8,0	8,0	8,0	8	0,1	0,1	0,1		3743	3781	3820	12
L	27,6	27,8	28,1	2	0,1	0,1	0,1		6074	6130	6185	1
M	6,4	6,5	6,7	9,5	0,2	0,2	0,2		4693	4782	4872	6
N	4,2	4,3	4,3	15	0,1	0,1	0,1		2912	2951	2989	14
O	13,5	13,7	13,9	6	0,1	0,1	0,1		3843	3885	3927	10
P	6,3	6,4	6,5	11	0,1	0,1	0,1		3804	3846	3887	11

Źródło: opracowanie własne.

Analizując zużycie energii elektrycznej w poszczególnych regionach w podziale na sektory gospodarki zauważamy, że dwa największe pod względem liczby ludności województwa, śląskie i mazowieckie, zużywają w sumie 33% energii elektrycznej – głównie w sektorze przemysłowym i w gospodarstwach domowych, a w województwie śląskim także w sektorze energetycznym. Według sporządzonych prognoz, największego zużycia energii w sektorze przemysłowym można spodziewać się w województwie mazowieckim, najmniejszego na Podlasiu. Dotychczasowe analizy danych pozwalają również zauważyć, że najszybsze tempo efektywności energetycznej odnotowano w przemyśle. Ponadto, w toku badań zaobserwowano, że pomiędzy zmianami aktywności gospodarczej w różnych sektorach przemysłu a konsumpcją energii elektrycznej występują pewne powiązania i dlatego można efektywnie prognozować zmiany zapotrzebowania na przemysłową energię elektryczną (Kasperowicz, 2007, s. 112; Kasperowicz, 2014, s. 46–47). Analiza wyników pozwala również przypuszczać, że zdecydowanym liderem pod względem zużycia energii elektrycznej w sektorze energetycznym w prognozowanym okresie będzie, podobnie jak w poprzednich latach, województwo śląskie. Według sporządzonych prognoz wartości te będą kształtowały się na następujących poziomach: w 2021 r. 3581 GWh, w 2022 r. 3602 GWh a w 2023 r. wartość tej cechy wyniesie 3622 GWh. Najniższe zużycie w sektorze energetycznym będzie w województwie warmińsko-mazurskim. Identyczne rezultaty opublikował GUS. Województwa mazowieckie i śląskie odnotowują największe zużycie energii elektrycznej.

Według badań M. Tutak wynika, że w przeszłości maksymalne zużycie energii dotyczyło wszystkich sektorów ekonomicznych. Analiza otrzymanych

rezultatów badań własnych pozwala twierdzić, że tendencja ta zostanie zachowana i nadal tworzyć one będą klaster charakteryzujący się największym zużyciem energii elektrycznej. Poza tym wciąż pozostanie znaczący dystans pomiędzy tymi obiektami a województwami makroregionu Polska Wschodnia (Tutak, 2018, s. 683). Może to być powiązane między innymi z faktem, iż są to obiekty charakteryzujące się odpływem ludności (Surówka, Prędką, 2016, s. 7–16). Analizując prognozy możemy zaobserwować, że zużycie energii elektrycznej w sektorze transportowym w poszczególnych województwach charakteryzować się będzie najbardziej zróżnicowaną strukturą. Sektory energetyczny i transportowy, podobnie jak w poprzednim okresie, nadal będą wyróżniać się dużą rozpiętością współczynnika zmienności. Według badań M. Tutak zużycie energii we wszystkich sektorach ekonomicznych charakteryzuje takie zróżnicowanie. Z analizy dotychczasowych trendów obserwujemy rosnący wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwach domowych (Murawska, Mrozińska, 2016, s. 223–231).

W opinii niektórych autorów czynnikami mającymi na to wpływ jest wzrost liczby mieszkań oraz zmiana stylu życia (większe mieszkania) (GUS, 2020, s. 5). Oprócz tego pojawiają się również i inne czynniki (Pawlak, Zalesińska, 2017, s. 35–41; Ropuszyńska-Surma, Węglarz, 2016, s. 69–82). Jak zauważa A. Siedlecka w niektórych gospodarstwach domowych podejmowane są działania zmierzające do ograniczania zużycia energii elektrycznej (Siedlecka, 2020, s. 183–190). Badaniu poddano również taki wskaźnik, jak X_6 – zużycie energii elektrycznej w poszczególnych województwach w stosunku do zużycia w Polsce. Z dotychczasowych analiz wynika, że zużycie energii w województwie łódzkim jest znacznie niższe niż produkcja i odpowiada za 8% krajowego zużycia (Kochańska, 2014). W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano, że wyróżnia się także grupa czterech regionów (dolnośląskie, łódzkie, małopolskie i wielkopolskie). Są to obiekty o podwyższonym w skali kraju zużyciu energii, zwłaszcza w sektorach przemysłowym i energetycznym, ze znaczącą rolą gospodarstw domowych. Sektor energetyczny w województwie łódzkim (poza województwem śląskim) jest dominujący na tle zużycia energii przez ten sektor w pozostałych regionach. W świetle przeprowadzonych badań można przypuszczać, że będzie on zajmował drugą pozycję w rankingu.

W badaniach zużycia energii elektrycznej proponuje się pomiar tego zjawiska w odniesieniu do wskaźnika PKB *per capita* (Nagaj, 2016, s. 116–129). Jest to istotne chociażby z uwagi na to, że istnieje długoterminowa korelacja pomiędzy konsumpcją odnawialnej elektryczności oraz PKB (Muibi, 2016, s. 65–83). Poza tym jest to istotny miernik poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego czy spójności gospodarczej (Surówka, Prędką, 2016, s. 209–220; Surówka, 2018, s. 187–198). W badaniach własnych reprezentują go wskaźniki: zużycie energii ogółem na jed-

nostkę PKB w relacji do średniej dla Polski (cecha X_7) oraz zużycie ogółem na 1 mln zł PKB (cecha X_8).

Analiza dynamiki zmian zużycia energii wskazuje na ciągły wzrost zużycia energii elektrycznej oraz malejącą energochłonność PKB. Poziom zużycia energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii rośnie dynamicznie, a prognoza wartości cech ją charakteryzujących obarczona jest małym błędem predykcji (poniżej 15%). Powszechnie panuje przekonanie, że energia odnawialna wypiera więcej źródeł energii z paliw kopalnych, gdy nierówności społeczne danego kraju rosną. Dość powszechnie stosowanym w tego rodzaju badaniach miernikiem jest również wskaźnik zużycia energii elektrycznej w przeliczeniu na 1 mieszkańca. Wartość tego wskaźnika we wszystkich województwach charakteryzować będzie liniowy wzrost.

ZAKOŃCZENIE

Zrozumienie zachowania zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do gospodarki jest bardzo ważne w zabieganiu powstawania nierówności. Otrzymane wyniki stanowią możliwość obiektywnej oceny wykorzystania energii elektrycznej przez poszczególne województwa w przyszłości. W Polsce można zauważyć pozytywne zmiany w ciągu ostatnich lat, szczególnie jeśli chodzi o odnawialne źródła energii. Wzrost produkcji energii ze źródeł alternatywnych oraz wzrost udziału OZE w produkcji energii elektrycznej ogółem świadczy o pozytywnym wykorzystaniu potencjału poszczególnych województw. Według sporządzonych prognoz zużycie energii w poszczególnych województwach Polski będzie zróżnicowane. Najwyższe wystąpi w sektorach energetycznym i transportowym. Liderami pod względem zużycia energii w obydwu będą województwa mazowieckie i śląskie. W toku przeprowadzonych badań pozytywnie zweryfikowana została hipoteza badawcza, że większość województw Polski charakteryzuje się wzrostem wartości zmiennych charakteryzujących zużycie energii elektrycznej. Pozwoliło to na dokonanie predykcji metodą wyrównywania wykładniczego Holta. Drugi człon hipotezy zweryfikowany został negatywnie. W wyniku analizy statystycznej wyciągnięto wiele wniosków. Wybrane zamieszczono w treści opracowania. Większość obiektów charakteryzuje się zróżnicowaniem statystycznie istotnym. Można wyróżnić liderów pod względem zużycia energii. Ograniczeniem w przeprowadzeniu dogłębniejszych analiz był brak dostępnych danych statystycznych. Wyniki badań pozwoliły zobrazować nierówności przestrzenne zużycia energii w poszczególnych województwach, a w oparciu o taką wiedzę mogą być podejmowane działania w celu zwiększenia efektywności wykorzystania energii. Przeprowadzone przez autorkę badania będą kontynuowane pod kątem oceny skuteczności zastosowanych narzędzi badawczych, jak

i wiarygodności sporządzonych prognoz. W świetle współczesnych wydarzeń monitorowanie zmian zużycia energii w przestrzeni regionalnej stanowi istotne wyzwanie.

BIBLIOGRAFIA

- Bieńkowska-Gołasa, W. (2016). Produkcja i wykorzystanie energii elektrycznej w Polsce z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii, korzystanie energii elektrycznej w Polsce z uwzględnieniem odnawialnych źródeł. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu 17 Roczniki Naukowe*, XVIII(3), 17–22.
- Cieślak, M. (2022). *Prognozowanie gospodarcze*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Czarnecka, M. (2018). Information Sources Affecting Consumer Behavior in the Electricity Market. *Nauki o Zarządzaniu. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 23(2), 4–11. DOI: 10.15611/ms.2018.2.01.
- Dąsal, K., Popławski, T. (2008). Problemy związane z prognozowaniem energii elektrycznej w Polsce. *Polityka Energetyczna*, 11(1), 101–115.
- Dunaj, B. (2021). *Popularny słownik języka polskiego*. Żychlin: Wydawnictwo Ibis.
- GUS. (2020). *Efektywność wykorzystania energii w latach 2008–2018*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny, Departament Przedsiębiorstw.
- Karmowska, G., Barczak, A. (2014). Renewable Energy Sources – Trend Estimation and Forecast of the Production of Electricity. *Economic and Regional Studies*, 7(4), 54–64. DOI: 10.22004/ag.econ.265091.
- Kasperowicz, R. (2014). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Poland. *Journal of International Studies*, 7(1), 46–57. DOI: 10.14254/2071-8330.2014/7-1/4.
- Kasperowicz, R. (2007). Prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną konsumowaną przez polski przemysł. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Poznaniu*, 94, 99–115.
- Kochańska, E. (2014). *Strategia marki. Łódzkie energetyczne*. Łódź: Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia.
- Kozar, Ł. (2017). Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w krajach Unii Europejskiej i w Polsce w kontekście koncepcji zrównoważonego rozwoju. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, t. 17(32), z. 2, 126–135. DOI: 10.22630/PRS.2017.17.2.32.
- Kozicki, B. (2019). Wielowymiarowa analiza ceny energii elektrycznej wybranych państw Europy i prognozy ceny energii elektrycznej w Polsce. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 5, 283–300. DOI: 0.33226/1231-2037.2019.5.23.
- Łyp, J. (2008). Przestrzenne prognozy zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. *Polityka Energetyczna*, 11(1), 273–284.
- Maśloch, G. (2009). Problemy racjonalizacji zużycia energii w regionach Polski. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 46, 505–513.

- Mrozińska, A. (2016). Changes in the Structure of Electricity Consumption by Consumers in Specific Voivodships in the Years 2001–2015. *Journal of Quality and Environmental Studies*, 3(2), 23–32.
- Murawska, A., Mrozińska, M. (2016). Korzystanie z energii elektrycznej w krajach Unii Europejskiej i w Polsce w aspekcie wspierania zrównoważonej konsumpcji. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, T. 16(31), Z. 2, 223–231.
- Muibi, S.O. (2016). Macroeconomic Determinants of Renewable Electricity Technology Adoption in Nigeria. *Economic and Environmental Studies*, 1, 65–83.
- Nagaj, R. (2016). Changes in the Regulation of the Electricity Sector as a Factor in Stimulating Economic Development in Poland in 2000–2014. *Journal of International Studies*, 9(1), 116–129. DOI: 10.14254/2071-8330.2016/9-1/8.
- Nagaj, R. (2007). Rola sektora elektroenergetycznego w rozwoju społeczno-gospodarczym Polski. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Prace Katedry Makroekonomii*, 12, 125–140.
- Pawlak, A., Zalesińska, M. (2017). Comparative Study of Light Sources for Household. *Management Systems in Production Engineering*, 1(25), 35–41. DOI: 10.1515/mspe-2017-0005.
- Prusek, A. (2018). Magazynowanie energii z OZE. *Aura*, 11, 20–22.
- Ropuszyńska-Surma, E., Węglarz, M. (2016). Residential Electricity Consumption in Poland. *Operations Research and Decisions*, 26(3), 69–82. DOI: 10.5277/ord160305.
- Siedlecka, A. (2020). Pro-Environmental Activities of Rural Households in The Scope of Reducing electricity Consumption. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 22(2), 183–190. DOI: 10.5604/01.3001.0014.1385.
- Strzechmiński, M. (2018). Rozwój odnawialnych źródeł energii w polskiej gospodarce – szanse i zagrożenia. *Rynek – Społeczeństwo – Kultura*, 4(30), 118–121.
- 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. Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Szczecinie*, 10, 97–106.
- Surówka, A., Prędką, P. (2016). Badanie natężenia i kierunków migracji w województwach Polski Wschodniej. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Studia Ekonomiczne*, 258, 7–16.
- Surówka, A. (2018). PKB per capita jako determinanta ekonomicznego rozwoju regionów Polski i Litwy – analiza porównawcza w ujęciu dynamicznym. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 55(3), 187–198. DOI: 10.15584/nsawg.2018.3.12.
- Shindina, T. (2018). Właściwości społeczne i gospodarcze rynków energii. *Ekonomia & Socjologia*, 11(2), 334–344.
- Tutak, M. (2018). Zastosowanie metod taksonomicznych do analizy zużycia energii elektrycznej przez poszczególne województwa. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie*, 117(1996), 675–686. DOI: 10.29119/1641-3466.2018.117.45.

- Wójcik, A. (2013). Zastosowanie diagramu Czekanowskiego do badania podobieństwa krajów Unii Europejskiej pod względem pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. *Zarządzanie i Finanse*, 11(4), 353–365.
- Zawada, M. (2007). Economic Development and Electric Energy Consumption in the European Union Countries – Comparative Analysis. *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, T. 212, 259–272.

Streszczenie

Cele polityki energetycznej UE wynikają bezpośrednio z teorii zrównoważonego rozwoju. Pojawiają się również stanowiska, że występuje zależność pomiędzy zużyciem energii elektrycznej a wzrostem gospodarczym. Należy również mieć na uwadze, że znajomość długoterminowych prognoz, między innymi zapotrzebowania na energię elektryczną jest istotnym czynnikiem w planowaniu przyszłych źródeł wytwarzania. Celem artykułu jest prezentacja wyników dynamiczno-prognostycznej analizy zużycia energii elektrycznej w województwach Polski. Badana kategoria określona została za pomocą jedenastu zmiennych. Jako narzędzia badawcze wykorzystano metody wyrównywania wykładniczego Holta oraz średniokresowego tempa zmian. Okresem badawczym były lata 2000–2023. Źródłem pochodzenia danych był Bank Danych Lokalnych. Skonstruowanie rankingów kształtowania się tych cech w przyszłości pozwoliło na wskazanie nierówności. W toku badań postawiono dwuczłonową hipotezę, w świetle której większość badanych obiektów charakteryzuje się tendencją rozwojową. Cechuje je stałość pozycji zajmowanych w rankingach sporządzonych dla prognozowanych wartości zużycia energii w podstawowych sektorach ekonomicznych. Otrzymane wyniki pozwoliły ocenić zróżnicowanie badanych obiektów. Zdecydowanymi liderami pod względem zużycia energii elektrycznej są województwa mazowieckie i śląskie. W przyszłości zużycie to będzie nadal zróżnicowane w podstawowych sektorach ekonomicznych. W toku badań pierwszy człon hipotezy został zweryfikowany pozytywnie, a drugi negatywnie. W odniesieniu do sektorów: przemysłowego, energetycznego oraz gospodarstw domowych spodziewać się można stałości pozycji zajmowanych przez badane obiekty w skonstruowanych rankingach

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

Forecasting electricity consumption in Polish voivodeships in the context of sustainable development

Summary

The goals of the EU energy policy result directly from the theory of sustainable development. There are also positions that there is a relationship between electricity consumption and economic growth. It should also be borne in mind that the knowledge of long-term forecasts, including electricity demand, is an important factor in planning future generation sources. The aim of the article is to present the results of the dynamic and prognostic analysis of electricity consumption in Polish voivodeships. The studied category was defined by means of eleven variables. The research tools are Holt exponential smoothing and medium-term rate of change. The research period was the years 2000–2023. The source of the data was the LDB. The construction of rankings of the shaping of these features in the future allowed for the identification of inequalities. In the course of the research, a two-component hypothesis

was formulated. In light of this, most of the examined objects are characterised by a development tendency. We observe constant positions taken in the rankings prepared for the projected values of energy consumption in the basic economic sectors. The obtained results made it possible to assess the diversity of the examined objects. The leaders in terms of electricity consumption are Mazowieckie and Śląskie voivodeships. In the future, energy consumption will continue to vary across the main economic sectors. In the course of the research, the first part of the hypothesis was verified positively, and the second one – negatively. With regard to the industrial, energy and household sectors, one can expect that the positions occupied by the examined objects in the constructed rankings will be stable.

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

JEL: R11, O11.