



DOI:10.18276/sip.2016.45/2-21

Ewa Jankowska*

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

DEKARBONIZACJA EUROPEJSKICH GOSPODAREK W UJĘCIU PRZESTRZENNYM

Streszczenie

Dekarbonizacja w świetle polityki ochrony środowiska oznacza proces polegający na ograniczeniu, a docelowo zaprzestaniu emisji CO₂ do atmosfery. Unia Europejska dąży do zmniejszenia emisji szkodliwych gazów cieplarnianych o 40% w 2030 roku, a w 2050 roku o 80–95% w porównaniu z rokiem 1990. Dla państw członkowskich, w których produkcja energii oparta jest w głównej mierze na węglu, może to oznaczać wyznaczenie całkowicie nowego modelu funkcjonowania rynku energii.

Celem artykułu jest zidentyfikowanie doświadczeń i wyzwań w obszarze dekarbonizacji gospodarek, w szczególności wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych. Podstawą do prowadzenia naukowych analiz i interpretacji stały się wyniki badań empirycznych przeprowadzonych na podstawie zestawu danych panelowych w latach 2005–2012. Badanie oparto na wybranych wskaźnikach środowiskowych, PKB na osobę wyrażonym w parytecie siły nabywczej oraz udziale odnawialnych źródeł energii w strukturze energetycznej. W opracowaniu zwrócono również uwagę na zróżnicowanie przestrzenne produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Słowa kluczowe: modele panelowe, dekarbonizacja, rozwój regionów, OZE

* Adres e-mail: ewaj@doktorant.umk.pl.

Wstęp

„Dobra jakość życia z uwzględnieniem ograniczeń naszej planety” to tytuł siódmego z kolei unijnego programu działań w zakresie środowiska naturalnego do 2020 roku. Program ten został przyjęty w listopadzie 2013 roku przez Parlament Europejski i Radę Unii Europejskiej. Oparty jest na długofalowej wizji, która głosi, że Europejczycy będą się cieszyć dobrą jakością życia, respektując ekologiczne ograniczenia planety. Realizacja tej wizji będzie możliwa dzięki wzmocnieniu wysiłków na rzecz ochrony kapitału naturalnego czy różnorodności biologicznej, stymulowaniu rozwoju i innowacji opartych na niskoemisyjnej gospodarce (Decyzja, 2013). Szczególną uwagę należy zwrócić na dekarbonizację, która w świetle polityki ochrony środowiska oznacza proces polegający na ograniczeniu, a docelowo zaprzestaniu emisji CO₂ do atmosfery.

Unia Europejska dąży do zmniejszenia emisji szkodliwych gazów cieplarnianych o 40% w 2030 roku, a w 2050 roku o 80–95% w porównaniu z rokiem 1990 (Komunikat, 2011, s. 3–5). Dla państw członkowskich, których produkcja energii oparta jest w głównej mierze na węglu, może oznaczać to zdefiniowanie całkowicie nowego modelu funkcjonowania rynku energii. J. Kotyński (2007, s. 138) zwraca uwagę, iż „dominujący dotychczas w krajach najbardziej rozwiniętych model rozwoju i konsumpcji energii, oparty na ekstensywnym wykorzystaniu surowców nieodnawialnych – paliw stałych, ropy naftowej i gazu ziemnego jest (...) nie do utrzymania, a niechęć do podejmowania zmian polityki energetycznej i gospodarczej doprowadzić może do załamania trwałego rozwoju i katastrofy ekologicznej”.

Niewątpliwie jednym z czynników gwarantujących dobrobyt i bezpieczeństwo Europejczyków jest właśnie stabilność dostaw energii. Choć energia dostępna jest bez przerwy dla większości obywateli Unii Europejskiej, to występują jeszcze okresy, najczęściej w sezonie zimowym i letnim, poważnych czasowych zakłóceń w dostawie energii. W związku z tym podjęto szereg działań zmierzających do zmniejszenia zależności od poszczególnych paliw, dostawców energii oraz tras przesyłowych. W tym celu zaproponowano między innymi wykorzystanie odnawialnych źródeł energii jako jednej z zasad zrównoważonego rozwoju.

Celem artykułu jest zidentyfikowanie doświadczeń i wyzwań w obszarze dekarbonizacji gospodarek, w szczególności wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych. Podstawą do prowadzenia naukowych analiz i interpretacji stały się wyniki badań empirycznych przeprowadzonych na podstawie zestawu danych panelowych w latach 2005–2012. Badanie oparto na wybranych wskaźnikach środo-

wiskowych, PKB na mieszkańca wyrażonym w standardzie siły nabywczej oraz udziale odnawialnych źródeł energii w strukturze energetycznej. W opracowaniu zwrócono również uwagę na zróżnicowanie przestrzenne produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

1. Struktura dostaw energii w Polsce

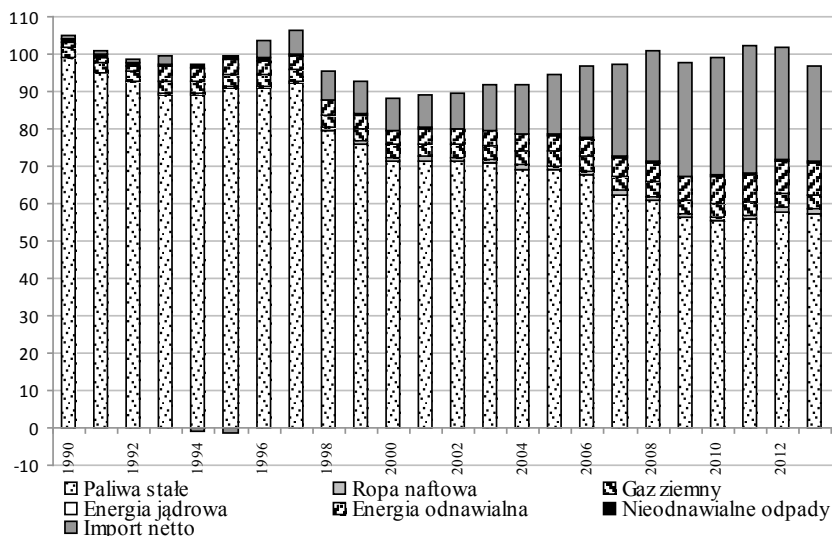
Struktura europejskiego sektora energetycznego jest niewątpliwie uzależniona od prowadzonej polityki klimatyczno-energetycznej. Wprowadzane regulacje dążące do osiągnięcia ambitnych celów w obszarze ochrony środowiska bezpośrednio wpływają na konkurencyjność gospodarek europejskich.

W ciągu ostatnich trzech dekad zależność Unii Europejskiej (UE-28) od importu energii zwiększyła się o prawie 10 p.p. zużycia energii brutto, z poziomu poniżej 45% w latach dziewięćdziesiątych XX wieku do 53,2% w 2013 roku (Europejski Urząd Statystyczny, kod: tsdcc310). Oznacza to, że obecnie ponad połowa zużywanej na terenie Unii Europejskiej energii jest importowana. Zależność od importu energii jest największa w przypadku ropy naftowej (prawie 90%), gazu ziemnego (65%), a w mniejszym stopniu od paliw stałych (44%) oraz paliwa jądrowego (40%). Wśród przyczyn utrzymującej się tendencji zniżkowej produkcji energii pierwotnej można wymienić wyczerpywanie się surowców oraz wzrost kosztów eksploatacji ograniczonych zasobów.

Regulacje klimatyczne wpływają również na kierunek rozwoju sektora energetycznego. Największe znaczenie w produkowaniu energii pierwotnej w Unii Europejskiej w 2013 roku miała energia jądrowa (28,7%) oraz energia ze źródeł odnawialnych (24,3%). Przy czym produkcja energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych wzrosła prawie trzykrotnie w 2013 roku w porównaniu z 1990 roku i jej wzrost był największy w porównaniu z pozostałymi rodzajami energii (Europejski Urząd Statystyczny, kod: ten00076).

Polska jako jedno z nielicznych państw członkowskich jest uzależniona w głównej mierze od wewnętrznych dostaw energii. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę dostaw energii w Polsce w latach 1990–2013. W 2013 roku z importu pochodziło 25,8% całkowitej produkcji energii pierwotnej, co stawia Polskę na czwartej pozycji najmniej uzależnionego od dostaw energii państwa w Europie. Niestety niezależność Polski od 1990 roku pogorszyła się o 25 p.p. i obok Wielkiej Brytanii pogarsza się w najszybszym tempie.

Rysunek 1. Struktura dostaw energii w Polsce w latach 1990–2013 [Mtoe]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Europejskiego Urzędu Statystycznego, kod: ten00076.

Jedną z przyczyn tego spadku jest węgiel, na którym oparta jest gospodarka. Polska do 2002 roku eksportowała rocznie ponad 30% wewnętrznego zużycia energii brutto tego surowca. Jednak od 2002 roku można zauważyć tendencję odwrotną, czyli stopniowy spadek eksportu konsumpcji węgla do 10,03% w 2011 roku oraz wzrost importu tego surowca do 18,67% w 2011 roku, przez co Polska od 2008 roku stała się importerem tego surowca, aby pokryć wewnętrzne zapotrzebowanie. Należy także zwrócić szczególną uwagę na stale wzrastającą rolę ropy naftowej w bilansie energetycznym. Choć od 1990 roku import tego surowca wzrósł prawie dwukrotnie, osiągając poziom 27,9 Mtoe w 2013 roku, co stanowi prawie 40% całkowitej produkcji energii pierwotnej, to współczynnik importu ropy naftowej do konsumpcji znacznie nie zmienił się na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. Jednak w ten sposób Polska, która nie jest producentem tego surowca, uzależnia się od dostaw energii.

Analizując strukturę wytwarzania energii pierwotnej w Polsce, można stwierdzić, że dominującą rolę odgrywają stałe paliwa kopalne, w tym w szczególności węgiel. Niemniej jednak sytuacja ta zaczyna się powoli zmieniać. W 1990 roku udział stałych paliw kopalnych w wytwarzaniu energii pierwotnej wynosił 95% i do 2013 roku stopniowo zmniejszył się o ponad 40% (15 p.p.). Jednocześnie współ-

czynnik produkcji energii ze stałych paliw kopalnych do konsumpcji zmniejszył się prawie o 18 p.p. z 125,75% w 1990 roku do 107,89% w 2013 roku. Jedną z przyczyn tego spadku jest wzrastająca rola zarówno ropy naftowej, jak i odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym. Udział w wytwarzaniu energii pierwotnej wyniósł 12% w 2013 roku, co stanowiło ponad 5-krotny wzrost w porównaniu z 1990 rokiem (Europejski Urząd Statystyczny, kod: ten00076).

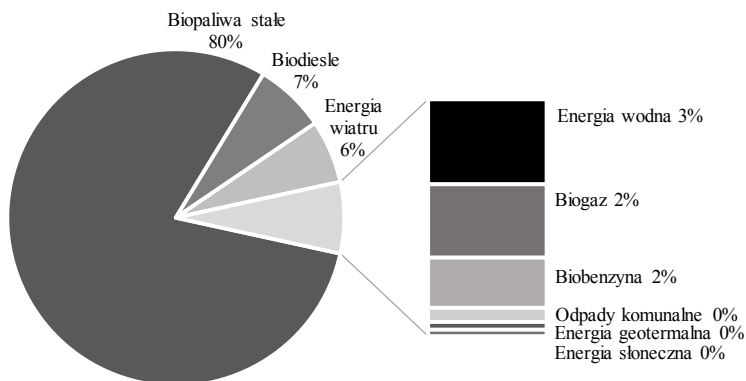
Jednym z najważniejszych proponowanych wariantów dekarbonizacji europejskiego sektora energetyki jest wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii (OZE). W ten sposób możliwe staje się przekształcenie Europy w gospodarkę o wysokiej efektywności energetycznej i niskich emisjach dwutlenku węgla. Plan osiągnięcia wyznaczonego celu zwiększenia ilości wytwarzanej energii z OZE pokrywa się w czasie z planem zmniejszenia zużycia energii z paliw kopalnych. Komisja oszacowała, że zwiększenie udziału OZE do 20% w łącznym bilansie energetycznym w 2020 roku zmniejszy emisję CO₂ nawet do 900 mln ton rocznie (Komunikat, 2007, s. 16).

2. Struktura produkcji energii ze źródeł odnawialnych w Polsce

Wykorzystanie energii z OZE w Polsce wyniosło w 2013 roku 8,6 Mtoe, co stanowi 8,76% całkowitego zużycia energii pierwotnej. Rysunek 2 przedstawia strukturę produkcji energii pierwotnej ze źródeł niekonwencjonalnych. Głównym źródłem jest biomasa, której udział w całkowitej produkcji energii pierwotnej z OZE wynosi ponad 90%. Obok biomasy w ciągu ostatniej dekady na znaczeniu zyskała również energia wiatru, której udział wzrósł do prawie 7% (Europejski Urząd Statystyczny, kod: ten00081). Energetyka wiatrowa jest obecnie najszybciej rozwijającym się sektorem technologii energetycznych.

W Polsce od początku XXI wieku coraz większą rolę w produkcji energii elektrycznej odgrywają niekonwencjonalne źródła energii. Od 2006 roku w ciągu 7 lat nastąpił ponad 3-krotny wzrost udziału odnawialnych źródeł energii. W 2013 roku wielkość produkcji energii elektrycznej brutto z OZE wyniosła 17,625 TWh, co stanowi ponad 10-procentowy udział w całkowitej produkcji energii elektrycznej brutto. Prawie połowa produkowanej energii z OZE pochodzi z biomasy (5,24%), głównie pochodzenia rolniczego. Oprócz biomasy coraz większą rolę w produkowaniu energii elektrycznej odgrywa także energia wiatru (3,65%).

Rysunek 2. Struktura produkcji energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2013 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Europejskiego Urzędu Statystycznego.

Regulacje unijne wpływają bezpośrednio na kształt polskiej polityki energetycznej. Polska jako członek Unii Europejskiej zobligowana jest do zwiększenia udziału OZE w całkowitym zużyciu energii o 15% do 2020 roku (Dyrektywa, 2009, s. 46). W 2013 roku współczynnik ten wyniósł 11%. Specyfika polskiego sektora energetycznego, uwzględniając możliwości techniczne i technologiczne, które charakteryzują zarówno poszczególne regiony, jak i cały system produkcji energii, wskazuje na wzrost wykorzystywania przy produkcji energii elektrycznej biomasy oraz energii wiatru. Z drugiej jednak strony unijne programy działań zmierzające do ochrony środowiska mogą wspierać odmienne obszary energetyki odnawialnej niż te, które są opłacalne w Polsce. Dotyczy to przede wszystkim wsparcia finansowego na realizację inwestycji między innymi w zakresie OZE, budowy i rozbudowy sieci przesyłowych, które umożliwią podłączanie nowych mocy wytwórczych. Ponadto wejście na rynek wytwarzania energii elektrycznej nowych podmiotów jest ograniczone różnymi barierami. Wśród nich można wymienić w szczególności to, że projekty energetyczne to przedsięwzięcia przede wszystkim czasochłonne i kapitałochłonne. Wymienione czynniki mogą stanowić zagrożenie w osiągnięciu unijnych celów i nie sprzyjają rozprzestrzenianiu się zmian. W związku z tym pojawia się wiele pytań o przestrzenny charakter produkcji energii elektrycznej z OZE.

3. Analiza empirycznego modelu ekonometrycznego

W artykule zaprezentowano wyniki analizy empirycznego modelu ekonometrycznego, za pomocą którego próbowano wyjaśnić wpływ wzrostu gospodarczego oraz produkcji energii z OZE na emisję zanieczyszczeń na poziomie regionalnym w Polsce. Badanie zostało przeprowadzone na podstawie rocznych danych z GUS i objęto nim 16 regionów klasyfikacji NUTS2 w Polsce w latach 2005–2012. W tym celu wykorzystano modele panelowe oparte na kubicznej funkcji Środowiskowej Krzywej Kuznetsa (zob. też: Dinda, 2004, s. 431–455; Agras, Chapman, 1999, s. 267–277):

$$\ln y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \beta_1(\ln x_{it}) + \beta_2(\ln x_{it})^2 + \beta_3(\ln x_{it})^3 + \beta_4 \ln z_{it} + \eta_{it},$$

gdzie:

y_{it} – całkowita emisja gazów cieplarnianych w ekwiwalencie CO₂ na osobę dla obiektu i w okresie t ,

x_{it} – dochód krajowy brutto na mieszkańca wyrażony w standardzie siły nabywczej dla obiektu i w okresie t ,

z_{it} – udział energii odnawialnej w całkowitej produkcji energii elektrycznej dla obiektu i w okresie t .

Tabela 1. Wyniki oszacowań parametrów modeli

1	Parametr	Ocena parametru	Błąd standardowy	Statystyka	$Pr(> z)$	7
Model <i>pooled</i>	β_0	-1.0762e+03	2.0267e+02	-5.3100	1.096e-07	$R^2 = 0.5787$ $F = 42.25$ (p -value: 0.0011)
	β_1	1.5872e+03	3.0347e+02	5.2304	1.692e-07	
	β_2	-7.7834e+02	1.5116e+02	-5.1491	2.618e-07	
	β_3	1.2700e+02	2.5048e+01	5.0704	3.970e-07	
	β_4	2.9398e-01	3.6179e-02	-8.1258	4.444e-16	
Model <i>within</i> z efektami grupowymi	β_1	29.487158	176.025994	0.1675	0.8670	$R^2 = 0.0327$ $F = 0.9137$ (p -value: 0.6369)
	β_2	-13.742452	87.888025	-0.1564	0.8757	
	β_3	2.126020	14.610286	0.1455	0.8843	
	β_4	-0.016074	0.010621	-1.5135	0.1302	

1	2	3	4	5	6	7
Model <i>within</i> z efektami czasowymi	β_1	1797.428525	288.678847	6.2264	4.773e-10	$R^2 = 0.6485$ $F = 53.51$ (p -value: 0.0006)
	β_2	-882.295835	143.772118	-6.1368	8.422e-10	
	β_3	144.094987	23.819275	6.0495	1.453e-09	
	β_4	-0.371764	0.037764	-9.8444	2.2e-16	
Model <i>between</i> z efektami grupowymi	β_0	-1399.77619	598.50011	-2.3388	0.0193454	$R^2 = 0.7038$ $F = 6.5365$ (p -value: 0.0423)
	β_1	2070.46312	896.05092	2.3107	0.0208520	
	β_2	-1018.19457	446.26451	-2.2816	0.0225133	
	β_3	166.58483	73.93254	2.2532	0.0242465	
	β_4	-0.43361	0.12185	-3.5586	0.000372	
Model <i>random</i> z efektami grupowymi	β_0	-29.995643	116.471698	-0.2575	0.7968	$R^2 = 0.0405$ $F = 1.2990$ (p -value: 0.45312)
	β_1	43.178123	174.645456	0.2472	0.8047	
	β_2	-20.293217	87.177272	-0.2328	0.8159	
	β_3	3.182212	14.48652	0.2197	0.8261	
	β_4	-0.016515	0.010532	-1.5681	0.1169	
Model <i>random</i> z efektami czasowymi	β_0	-1.1651e+03	1.9320e+02	-6.0308	1.632e-09	$R^2 = 0.62274$ $F = 50.759$ (p -value: 0.0007)
	β_1	1.7196e+03	2.8925e+02	5.9450	2.765e-09	
	β_2	-8.4379e+02	1.4406e+02	-5.8570	4.712e-09	
	β_3	1.3776e+02	2.3869e+01	5.7716	7.852e-09	
	β_4	-3.4291e-01	3.6649e-02	-9.3568	2.2e-16	

Źródło: opracowanie własne.

W ramach przeprowadzonego badania zostały oszacowane parametry modeli z dekompozycją wyrazu wolnego oraz składnika losowego odpowiednio z efektami grupowymi i czasowymi dla każdego z nich (Dańska-Borsiak, 2011, s. 39–73; Kopczewska, Kopczewski, Wójcik, 2009, s. 307–346). Wyniki zostały przedstawione w tabeli 1. Punktem wyjścia było oszacowanie parametrów modelu łącznej regresji (*pooled model*), który nie wykorzystuje informacji wynikających ze zróżnicowania międzygrupowego i w czasie. W modelu tym zmienne objaśniające mają istotny wpływ na zmienną objaśnianą ($R^2 = 57,88\%$).

Kolejnym krokiem było oszacowanie parametrów modeli z efektami stałymi (*fixed effects model*). W modelu z efektami wewnątrzgrupowymi (*within effects model*) współczynniki kierunkowe różnią się od współczynników z modelu wyjściowego pod względem wielkości, znaku i istotności. Na podstawie testu Walda stwierdzono, że wyrazy wolne są niezróżnicowane, a poszczególne obiekty jednorodnie ($F = 0,9137$; p -value: 0,6369). Natomiast w przypadku modelu z efektami międzygrupowymi (*between effects model*) wszystkie oszacowane parametry są istotne,

a statystyka F pozwala odrzucić hipotezę zerową na rzecz hipotezy alternatywnej mówiącej, że wyrazy wolne są różne dla i -tego obiektu, ale stałe w czasie. W przypadku dekompozycji wyrazu wolnego na efekty czasowe wykazano też istotność efektów czasowych ($F = 53,51$; p -value: 0,0006).

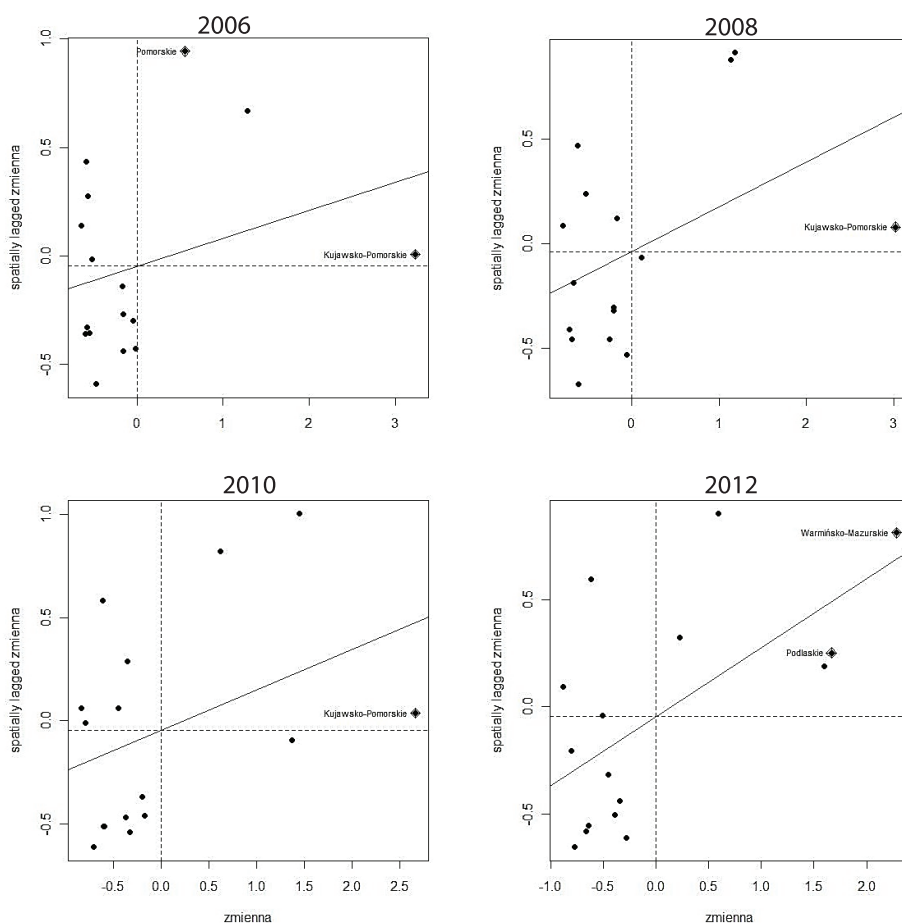
Podsumowując, można stwierdzić, że model ze stałymi efektami międzygrupowymi charakteryzuje się najlepszymi właściwościami: istotne zmienne, najwyższa wartość współczynnika determinacji (70,38), najniższa wartość sumy kwadratów reszt (1,802). Wybór pomiędzy modelami ze stałymi efektami i losowymi został dokonany na podstawie testu Hausmana, który wskazał na zasadność stosowania estymatora *fixed effect*.

4. Zależności przestrzenne

Punktem wyjścia do podjęcia próby określenia wzorców przestrzennych było pierwsze prawo geografii – reguła Toblera, która głosi, że im dane jednostki przestrzenne są bliżej siebie, tym bardziej mogą one na siebie oddziaływać. Przeprowadzenie analizy statystycznej z uwzględnieniem zależności przestrzennych polegało na ocenie autokorelacji przestrzennej zmiennych oraz określeniu reżimów przestrzennych. W badaniu wykorzystano macierz sąsiedztwa według wspólnej granicy. Natomiast w celu sprawdzenia, czy występują zależności przestrzenne, wykorzystano statystykę I Morana (zob. też: Kopczewska, 2007, s. 307–346; Suchecki, 2012, s. 89–148). Graficzną prezentacją statystyki globalnej I Morana jest wykres punktowy statystyki Morana (rysunek 3) oraz wykres przynależności regionów do ćwiartek wykresu punktowego Morana (rysunek 4). Rysunek 3 przedstawia punktowy wykres statystyki I Morana dla udziału OZE w całkowitej produkcji energii elektrycznej. W każdym badanym roku najwięcej obserwacji mieści się w I i III ćwiartce, co wskazuje na istnienie klastrów. W 2012 roku dwa podpisane na rysunku województwa są regionami odstającymi, które oddalone są od średniej o więcej niż jedno odchylenie standardowe. W przypadku województwa podlaskiego oznacza to, że wartości zmiennej przewyższają wartości w regionach sąsiedzkich znacznie bardziej, niż wynikałoby to z ogólnego wzorca przestrzennego. Przeciwnie jest w przypadku województwa warmińsko-mazurskiego, którego sąsiedzi mają wyższe niż średnie wartości badanej zmiennej. W badanym okresie statystyka I Morana jest statystycznie istotna zarówno przy założeniu podejścia randomizacji, jak i przybliżenia rozkładem normalnym. W 2012 roku współczynnik autokorelacji

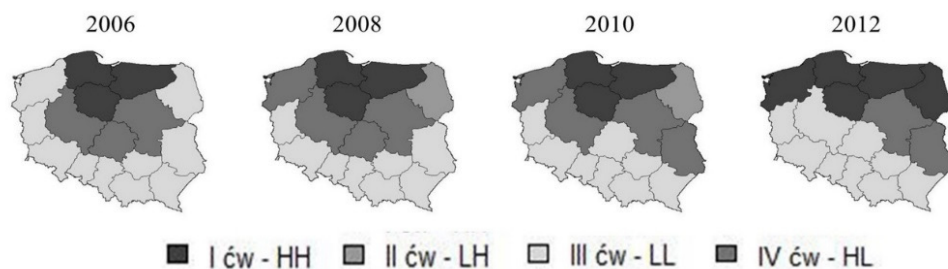
I Morana wynosił 0,32 (p -value = 0,003255), co wskazuje na umiarkowaną dodatnią autokorelację przestrzenną i oznacza podobieństwo województw – około 10% zjawiska w jednym regionie wynika z wartości zjawiska w regionach sąsiednich. Potwierdzeniem dodatniej autokorelacji przestrzennej jest także rosnąca linia regresji na wykresie.

Rysunek 3. Wykres punktowy statystyki I Morana



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Wykres przynależności regionów do ćwiartek wykresu punktowego Morana



Źródło: opracowanie własne.

Przeniesienie punktów na mapę z zaznaczeniem przynależności do ćwiartek wykresu statystyki I Morana pozwala ocenić rozkład przestrzenny i sprawdzić istnienie reżimów przestrzennych, to znaczy jednorodnych obszarów. Zjawisko to związane jest z klastrowaniem się obserwacji tego samego typu, na przykład regionów z ćwiartki HH (wysokie otoczone wysokimi). Na wykresie przynależności regionów do ćwiartek wykresu punktowego Morana najciemniejszym kolorem zostały zaznaczone regiony bogate, czyli wyspy wysokich wartości w porównaniu z sąsiadującymi regionami.

Podsumowanie

Zgodnie z komunikatem Komisji Wspólnot Europejskich (Komunikat, 2007, s. 3): „przy obecnej polityce energetycznej w dziedzinie energii i transportu do 2030 r. emisje w UE wzrosną o ok. 5%, a na całym świecie o 55%”. Obecnie państwa członkowskie muszą przede wszystkim zmierzyć się ze zmianami klimatu, z rosnącą zależnością od importu surowców energetycznych, ze wzrostem cen energii. W długiej perspektywie polityki klimatyczno-energetycznej założono, że do 2030 roku państwa członkowskie ograniczą o co najmniej 40% emisję gazów cieplarnianych w porównaniu z emisją z 1990 roku. Dodatkowo zwiększą one o co najmniej 27% udział energii z OZE w energii zużywanej w Unii Europejskiej oraz poprawią o co najmniej 27% efektywność energetyczną.

Reasumując wyniki przeprowadzonej analizy ekonometrycznego modelu, należy stwierdzić, że dla 16 województw w Polsce krzywa Kuznetsa przyjmuje kształt litery N. W badaniu wykazano również istotność zmiennej związanej z pro-

dukcją energii z OZE. Analiza zależności przestrzennych dla produkcji energii z OZE umożliwiła określenie podobieństw i różnic między województwami oraz klasyfikację regionów podobnych do siebie i różniących się między sobą. W celu wyznaczenia przestrzennego efektu aglomeracji wykorzystano statystykę globalną I Morana, która potwierdziła istnienie klastrów o podobnych wartościach. Zatem uzasadnione wydaje się przeprowadzenie kolejnych badań uwzględniających powiązania przestrzenne między regionami w modelach panelowych. Badanie może zostać też uzupełnione o poszczególne rodzaje OZE.

Literatura

- Agras, J., Chapman, D. (1999). A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Ecological Economics*, 28, 267–277.
- Dańska-Borsiak, B. (2011). *Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych*. Łódź: Wyd. UŁ.
- Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1386/2013/UE z 20.11.2013 w sprawie ogólnego unijnego programu działań w zakresie środowiska do 2020 r. „Dobra jakość życia z uwzględnieniem ograniczeń naszej planety”. Dz.U. L 354 z 28.12.2013.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z 23.04.2009 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49 (4), 431–455.
- Europejski Urząd Statystyczny. Pobrane z: <http://ec.europa.eu/eurostat>, kod: tsdcc310, ten00076, ten00081 (11.08.2015).
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r. Bruksela, dnia 8 marca 2011. KOM(2011)112.
- Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego. Mapa drogowa na rzecz energii odnawialnej – Energie odnawialne w XXI wieku: budowa bardziej zrównoważonej przyszłości. Bruksela, dnia 10 stycznia 2007. KOM(2007). Komisja Wspólnot Europejskich.
- Kopczewska, K. (2007). *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R-CRAN*. Warszawa: CeDeWu.
- Kopczewska, K., Kopczewski, T., Wójcik, P. (2009). *Metody ilościowe w R. Aplikacje ekonomiczne i finansowe*. Warszawa: CeDeWu.
- Kotyński, J. (2007). *Energetyczna przyszłość Europy*, za: A. Karpiński, *Europa w perspektywie roku 2050*. Warszawa: Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN.
- Sucheckie, B. (2012). *Ekonometria przestrzenna II. Modele zaawansowane*. Warszawa: C.H. Beck.

DECARBONIZATION OF EUROPEAN ECONOMIES FROM THE SPATIAL PERSPECTIVE

Abstract

Decarbonization, in the light of environment protection policy, is a process which consists in reducing and, eventually, stopping completely CO₂ emissions to atmosphere. The European Union targets a reduction of emissions of noxious greenhouse gases by 40% in 2030 and by 80–95% in 2050 versus 1990 levels. For those member states whose energy production is mainly coal-based, this may mean defining a completely new model of functioning on the power market.

This article aims to identify experience and challenges in the area of economies decarbonization, especially the use of energy from renewable sources. Results of empirical studies performed based on a set of panel data from 2005–2012 were used as the basis for conducting scientific analyzes and interpretations. The study was carried out based on selected environmental indicators, GDP per capita and the share of renewable power sources in the energy industry structure. In the article, a note was also made concerning the spatial differentiation of electricity production from renewable sources.

Translated by Ewa Jankowska

Keywords: panel models, decarbonization, regional development, renewable energy resources

JEL Codes: C23, O44, Q20, Q40

