



Euro - Centrum
Park Naukowo-Technologiczny

Metodologia Green Energy Index

Raport analityczny na
przykładzie wojewódzkiego
podziału terytorialnego
Polski w latach 2008-2012

Spis treści

Idea wskaźnika Green Energy Index.....	3
Metodologia badawcza	5
Wykorzystanie Green Energy Index na przykładzie wojewódzkiego podziału terytorialnego Polski w latach 2008-2012	11
Podsumowanie.....	20
Źródła danych.....	22

Idea wskaźnika Green Energy Index

Celem konstrukcji wskaźnika Green Energy Index jest efektywne porównywanie wybranych obszarów (krajów, jednostek terytorialnych) ze względu na sposób i stopień wykorzystania **odnawialnych źródeł energii (OZE)**. Wykorzystanie tego rodzaju alternatywnych źródeł pozyskiwania energii jest obecnie bardzo popularyzowane, przede wszystkim przez kraje rozwinięte oraz wschodzące. Rosnące koszty produkcji energii ze standardowych źródeł (m.in. gaz, węgiel, ropa) powodują większe zainteresowanie alternatywnym sposobem jej pozyskania. Niezmiernie istotne znaczenie ma również czynnik ekologiczny – odnawialne źródła energii są w pełni przyjazne ze środowiskiem naturalnym, co jest szczególnie istotne w obecnych czasach, gdy intensywny rozwój gospodarki światowej jest w nieunikniony sposób powiązany ze zwiększającym się zanieczyszczeniem środowiska.

Oprócz aspektu ekologiczno-ekonomicznego wykorzystania odnawialnych źródeł energii pojawia się także aspekt nieprzewidywalności. Jest on szczególnie powiązany z siłami natury, które są ich głównym źródłem. Ilość uzyskanej energii jest tym samym zależna od pory roku, obszaru geograficznego, sytuacji meteorologicznej – czynników, na których kształtowanie człowiek nie do końca ma wpływ.

Wśród najpowszechniej wykorzystywanych w gospodarce światowej odnawialnych źródeł energii można wskazać:

| 4

Energia grawitacyjna wody

Energia wiatru


Energia geotermalna

Energia słoneczna

Biopaliwa

Biomasa

Wykorzystanie tych źródeł energii jest obecnie bardzo rozpowszechniane przede wszystkim ze względu na ich dostępność oraz niskie koszty produkcji.

Wskaźnik Green Energy Index generuje informacje dotyczące wykorzystania technologii energetycznych na badanych obszarach. Określa podmioty korzystające z odnawialnych źródeł energii oraz wskazuje ich różnorodne zapotrzebowanie na rynku. Wskaźnik służy również analizie przedsiębiorstw zaliczanych do sektora energetyki i stara się uwzględnić wszystkie firmy zaangażowane w alternatywne źródła energii. 



Metodologia badawcza

Teoretyczne podstawy konstrukcji wskaźnika **Green Energy Index (GEI)** bazują na metodologii porządkowania liniowego. Metoda ta umożliwia szeregowanie (rangowanie, scoring) obiektów ze względu na wybrane cechy (zarówno ilościowe jak i jakościowe). W tym celu tworzona jest sztuczna, syntetyczna zmienna, będąca kombinacją liniową cech wejściowych (stąd nazwa metody).

| 5

Metoda porządkowania liniowego wymaga podziału zmiennych na dwie kategorie:

Stymulanta – zmienna ilościowa lub jakościowa, dla której pożądane są wyższe wartości

Destymulanta – zmienna ilościowa lub jakościowa, dla której pożądane są niższe wartości



idea konstrukcji **Syntetycznego Miernika Rozwoju**, będącego podstawą metodologii porządkowania liniowego zakłada, że każda ze zmiennych wejściowych powinna być stymulantą. Jeśli tak nie jest, to należy ją przekształcić na stymulantę za pomocą odpowiedniej formuły.

| 6

Transformację destymulanty na stymulantę prowadzona jest w oparciu o jedną z poniższych technik:

Wariant A:

$$\hat{x}_{ij} = \max_i x_{ij} - x_{ij}$$

Wariant B:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{1}{x_{ij}}$$

gdzie:

x_{ij} – wartość j -tej cechy ($j = 1, 2, \dots, m$) dla i -tego obiektu ($i = 1, 2, \dots, n$)

m – liczba cech

n – liczba obiektów

Ze względu na często niejednorodny charakter zmiennych, wynikający z różnych skal i jednostek pomiaru, koniecznym jest sprowadzenie ich do porównywalności. Wśród metod umożliwiających generowanie porównywalności stosuje się następujące przekształcenia:

17

Standaryzacja – zmienna wyjściowa posiada wartość średnią równą zero (\bar{x}_j) oraz odchylenie standardowe równe jeden ($s_j(x)$):

$$\hat{x}_{ij}(std) = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j(x)}$$

Unitaryzacja – zmienna wyjściowa posiada wartości z przedziału obustronnie domkniętego od zera do jeden:

$$\hat{x}_{ij}(unit) = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$$

Normalizacja – zmienna wyjściowa posiada wartości z przedziału obustronnie domkniętego od (-) jeden do (+) jeden:

| 8

$$\hat{x}_{ij}(\text{norm}) = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}$$

Procedura przekształcania zmiennych jest odporna na skalę pomiaru (można stosować zarówno skalę nominalną, porządkową, jak także skale ilościowe: przedziałową bądź ilorazową).

Zmienne mierzone na skalach mocnych (ilościowych) najczęściej przekształcane są za pomocą procedury standaryzacji. Proponowaną metodą przekształcenia przy konstrukcji wskaźnika Green Energy Index jest **unitaryzacja**, gdyż umożliwia wyrażenie wartości cech wejściowych w wartościach bezwzględnych na przedziale $[0;1]$, gdzie zakres ten może zostać dowolnie przeskalowany za pomocą skalaru s :

$$s \cdot [0;1] \equiv [0;s], \quad s \in R_+$$

W szczególności skalar s może być liczbą naturalną.

Zmienna syntetyczna (Syntetyczny Miernik Rozwoju) uzyskana jako wynik przeprowadzonych przekształceń stanowi kombinację liniową zmiennych wejściowych i może zostać zapisana za pomocą formuły:

| 9

$$g_i(x_{ij}) = \sum_{j=1}^m w_j \hat{x}_{ij} = GEI_i(\hat{x}_{ij})$$

Wagi w_j mogą zostać ustalone proporcjonalnie do liczby zmiennych tworzących wskaźnik lub też mogą stanowić wielkości wynikające z innych przesłanek (charakter zjawiska, obszar zastosowań, etc.). Jednakże winny spełniać własność $\sum_{j=1}^m w_j = 1$.

Zaletą zastosowania unitaryzacji jako miary umożliwiającej zachowanie porównywalności zmiennych jest to, że wykorzystanie skalaru s umożliwia wygenerowanie wartości wskaźnika według indywidualnych preferencji badacza, np.:

$$s = 10 \Rightarrow \hat{x}_{ij}(\text{unit}) \in [0;10] \Rightarrow GEI_i(\hat{x}_{ij}) \in [0;10]$$



Zgodnie z definicją stymulanty, im wyższa wartość wskaźnika Green Energy Index tym obiekt jest wyżej klasyfikowany w hierarchii wszystkich obiektów branżowych pod uwagę. Ponadto zastosowanie wskaźnika umożliwia tworzenie rankingów zarówno w aspekcie strukturalnym (porównanie kilku obiektów w sensie statycznym, np. w jednym okresie) jak i czasowym (porównanie jednego obiektu na przestrzeni kilku okresów lub kilku obiektów na przestrzeni kilku okresów). Konstrukcja wskaźnika Green Energy Index przebiega w następujących etapach:

Etap 1 – określenie zmiennych składowych wskaźnika GEI

Etap 2 – określenie na zbiorze zmiennych wejściowych stymulant oraz destymulant (ewentualna zamiana destymulant na stymulanty)

Etap 3 – transformacja zmiennych celem uzyskania porównywalności (standaryzacja, unitaryzacja, normalizacja)

Etap 4 – wyznaczenie wartości wskaźnika GEI (równe lub różne wagi dla każdej zmiennej wejściowej)

Etap 5 – ranking obiektów

Ranking obiektów prowadzony jest w oparciu o wartości wskaźnika Green Energy Index. Im wartości wskaźnika są niższe, tym obiekt jest dalej w hierarchii. Z kolei wraz ze wzrostem wartości wskaźnika GEI analizowany obiekt zajmuje wyższą pozycję w rankingu.

| 11

Metodologia Green Energy Index na przykładzie wojewódzkiego podziału terytorialnego Polski w latach 2008 - 2012

Metodologię wskaźnika Green Energy Index wykorzystano do oceny efektywności wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii na przykładzie 16 województw w Polsce. Analizą objęto okres 5 lat: 2008-2012.

Jako elementy konstrukcji indeksu zaproponowano cztery wskaźniki, które po odpowiedniej agregacji generują wartości miernika GEI.



Wskaźnik 1

udział produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii elektrycznej (%)

| 12

Wskaźnik 2

produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii (GWh)

Wskaźnik 3

emisja zanieczyszczeń powietrza z zakładów szczególnie uciążliwych (t/r)

Wskaźnik 4

zużycie energii elektrycznej (TWh)

Dodatkowo dokonano porównania wartości wskaźnika GEI z wybranymi wskaźnikami gospodarczymi dla województw w badanym okresie:

PKB (mln zł)

PKB per capita (zł)

Stopa bezrobocia rejestrowanego (%)



Po wyspecyfikowaniu zmiennych stanowiących komponenty wskaźnika Green Energy Index określono, które z nich definiowane są jako stymulanty, a które jako destymulanty:

Wskaźnik 1 – stymulanta

Wskaźnik 2 – stymulanta

Wskaźnik 3 – destymulanta

Wskaźnik 4 – stymulanta

Po zamianie destymulant na stymulanty przeprowadzono unitaryzację zmiennych celem doprowadzenia ich do porównywalności. Dla ułatwienia interpretacji wyników wykorzystano skalar $s = 10$, co umożliwiło wygenerowanie wartości wskaźnika GEI zgodnie z poniższą formułą:

$$s = 10 \Rightarrow \hat{x}_{ij}(\text{unit}) \in [0;10] \Rightarrow GEI_i(\hat{x}_{ij}) \in [0;10]$$

Biorąc pod uwagę proponowane wskaźniki oraz przyjmując założenie równych wag w tworzeniu miary Green Energy Index wyniki dla poszczególnych województw w badanym okresie przedstawiono w tabeli 1.



Tabela 1. Wartości GEI oraz ranking województw

Jednostka terytorialna	2008		2009		2010		2011		2012	
	GEI	Ranking	GEI	Ranking	GEI	Ranking	GEI	Ranking	GEI	Ranking
DOLNOŚLĄSKIE	3,13	11	3,49	11	3,70	8	3,67	10	3,82	10
KUJAWSKO-POMORSKIE	7,62	1	7,63	1	7,63	1	7,32	1	6,57	1
LUBELSKIE	2,71	13	2,52	14	2,51	13	2,46	14	2,60	13
LUBUSKIE	3,06	12	3,03	13	3,02	12	2,92	13	3,08	12
ŁÓDZKIE	1,40	15	1,45	16	1,90	15	1,89	16	2,19	15
MAŁOPOLSKIE	4,32	4	4,49	5	4,37	4	4,42	8	4,29	8
MAZOWIECKIE	4,34	3	4,22	7	4,34	5	4,46	7	5,00	6
OPOLSKIE	2,51	14	2,46	15	2,40	14	2,30	15	2,44	14
PODKARPACKIE	3,34	10	3,47	12	3,43	10	3,31	12	3,33	11
PODLASKIE	3,13	11	4,84	3	4,34	5	4,66	5	4,95	7
POMORSKIE	5,47	2	5,14	2	4,72	2	4,97	3	5,17	4
ŚLĄSKIE	3,42	9	4,42	6	4,47	3	4,68	4	5,06	5
ŚWIĘTOKRZYSKIE	3,75	7	3,73	9	3,36	11	3,36	11	3,82	10
WARMIŃSKO-MAZURSKIE	3,86	6	4,73	4	4,28	6	5,53	2	5,56	3
WIELKOPOLSKIE	3,53	8	3,52	10	3,87	7	3,88	9	4,12	9
ZACHODNIOPOMORSKIE	4,08	5	4,11	8	3,44	9	4,65	6	5,72	2

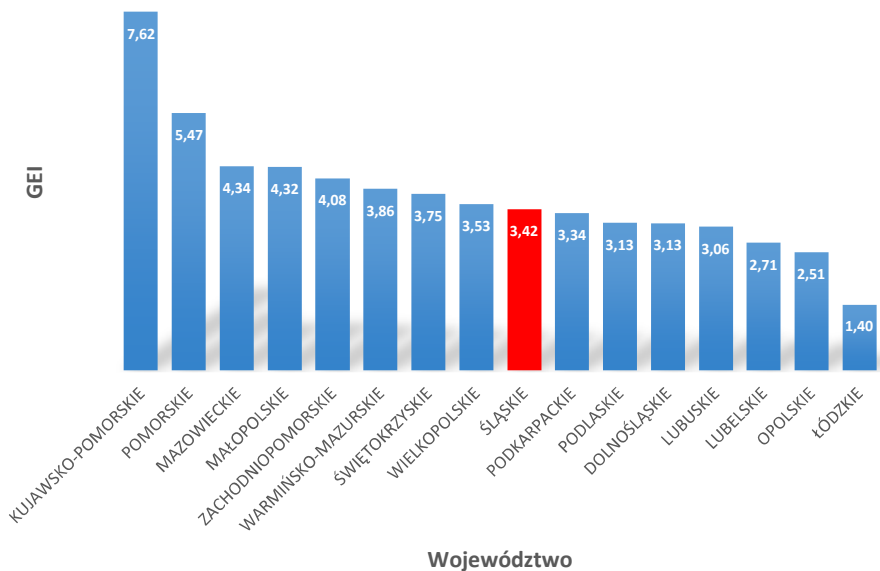
Źródło: obliczenia własne

A analizując wyniki dla województwa śląskiego zaobserwowano wzrost jego pozycji w rankingu. Najwyższą notę ze względu na wartości wskaźnika GEI województwo śląskie uzyskało w 2010 roku, zajmując pozycję w pierwszej „trójce” wraz z województwami kujawsko-pomorskim (pozycja 1) oraz pomorskim (pozycja 2). Najniższą lokatę w rankingu Śląsk osiągnął w roku 2008 – pozycja 9. W latach 2011 oraz 2012 województwo śląskie zajęło wysokie, odpowiednio 4 oraz 5 miejsce.

Wartości wskaźnika GEI w poszczególnych latach przedstawiono na rysunkach 1 – 5.

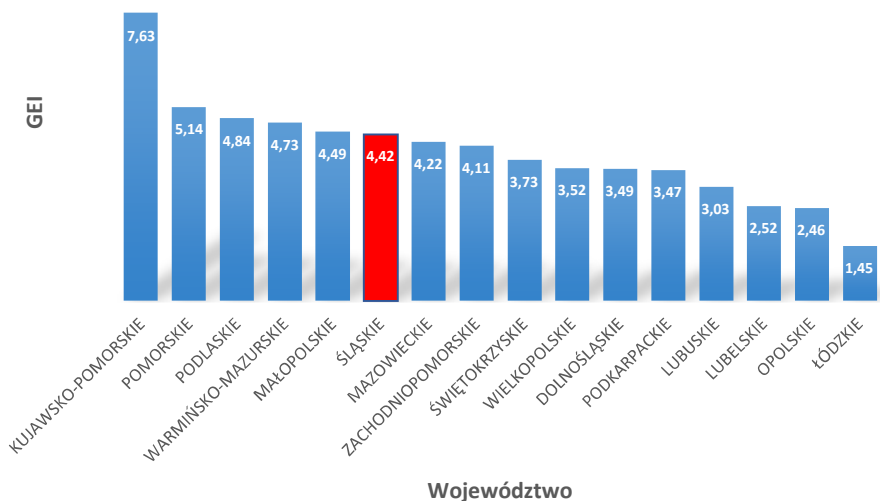


Rysunek 1. Wskaźnik Green Energy Index – rok 2008



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 2. Wskaźnik Green Energy Index – rok 2009

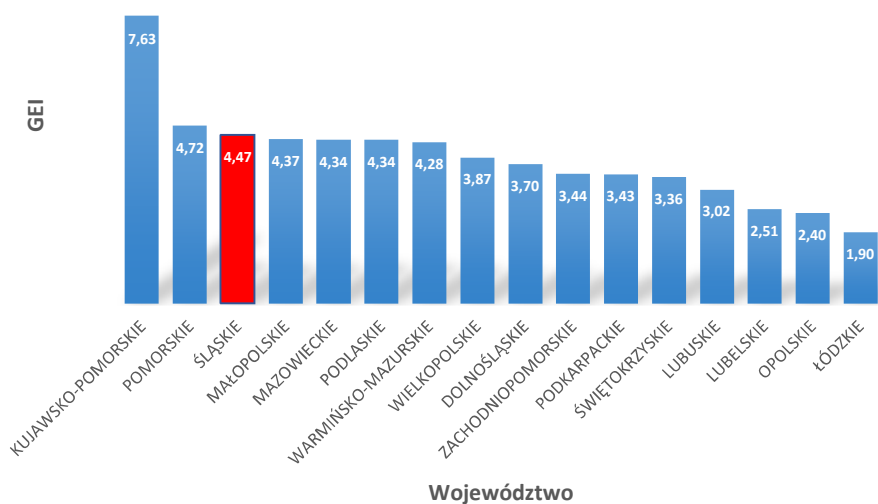


Źródło: obliczenia własne



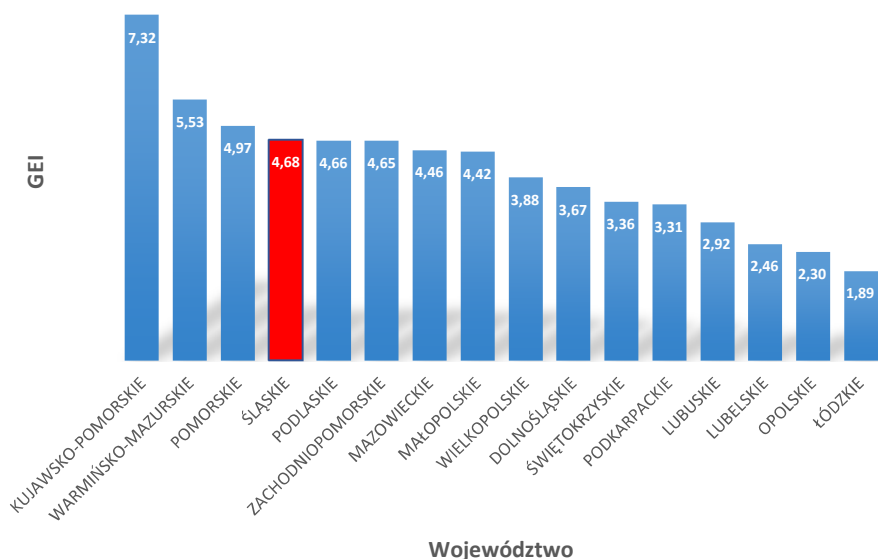


Rysunek 3. Wskaźnik Green Energy Index – rok 2010



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4. Wskaźnik Green Energy Index – rok 2011

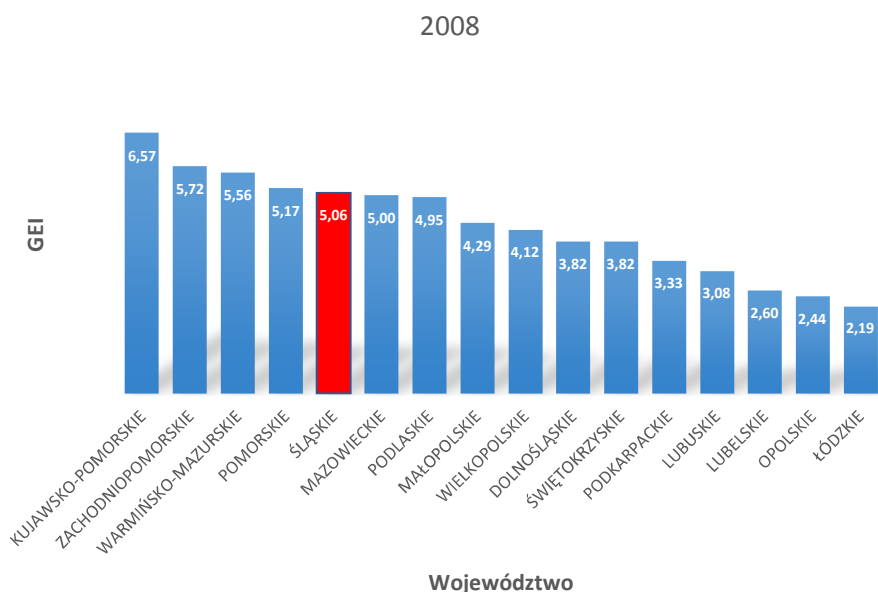


Źródło: obliczenia własne





Rysunek 5. Wskaźnik Green Energy Index – rok 2012



Źródło: obliczenia własne

Wyniki rankingu utworzonego na podstawie wskaźnika GEI pokazują pozycję województwa w hierarchii, ze względu na potencjalne zainteresowanie zagadnieniami związanymi z Odnawialnymi Źródłami Energii. Dodatkowo, wartości bezwzględne wskaźnika interpretować można w kontekście odległości, jaka powstaje pomiędzy województwami ze względu na komponenty wskaźnika GEI.

Rokrocznie pierwszą pozycję w rankingu zajmowało województwo kujawsko-pomorskie. Najwyższą notę osiągnęło w roku 2009 oraz 2010 (na poziomie 7,63 punktu). W 2010 roku zaobserwowano największą rzeczywistą różnicę w rankingu

między województwami zajmujące pozycję pierwszą i drugą (województwo kujawsko-pomorskie – 7,63 punktu, województwo pomorskie – 4,72 punktu) na poziomie 2,91 punktu. Województwo kujawsko-pomorskie pierwsze noty w rankingu na przestrzeni badanego pięcioletniego okresu zawdzięcza przede wszystkim wielkości udziału produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii elektrycznej ogółem oraz wielkości produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. W latach 2008-2010 województwo kujawsko-pomorskie zajmowało najwyższą pozycję ze względu na te dwa wskaźniki.

| 18

Koncentrując się na ocenach dla województwa śląskiego w tabeli 2 przedstawiono wyniki rankingu dla poszczególnych wskaźników składających się na Green Energy Index na przestrzeni badanego okresu.

Tabela 2. Ranking komponentów wskaźnika GEI – województwo śląskie

Rok	Ranking			
	W1	W2	W3	W4
2009	15	8	16	1
2010	9	2	16	1
2011	12	2	16	1
2012	12	2	16	1
2013	12	2	16	1

Źródło: obliczenia własne

Wyniki wskazują, że najbardziej pozytywny wpływ na wartości wskaźnika GEI w badanym okresie w województwie śląskim miała produkcja energii elektrycznej z odnawialnych



nośników energii oraz zużycie energii elektrycznej. Negatywny wpływ wykazały z kolei dwa pozostałe wskaźniki.

Dokonując porównania wartości wskaźnika GEI z proponowanymi wskaźnikami ekonomicznymi nie wykazano istotnej relacji w badanym okresie. Wyniki analizy zależności za pomocą współczynnika korelacji Pearsona w badanym okresie przedstawia tabela 3.

| 19

Tabela 3. Analiza korelacji pomiędzy wartościami wskaźnika GEI a wybranymi wskaźnikami ekonomicznymi

Wskaźnik	GEI				
	2008	2009	2010	2011	2012
PKB	0,10	0,07	0,18	0,14	0,26
PKB PER CAPITA	0,12	0,05	0,14	0,10	Brak danych
STOPA BEZROBOCIA	0,15	0,18	0,12	0,27	0,25

Źródło: obliczenia własne

Z informacji przedstawionych w tabeli 3 wynika, że w badanym okresie najsilniejsze związki pomiędzy wskaźnikami ekonomicznymi dla poszczególnych województw a wartościami wskaźnika Green Energy Index zaobserwowano w roku 2012, jednakże zależności te nie są statystycznie istotne.

Podsumowanie

W prezentowanym raporcie przedstawiono nowatorską metodę porównywania wybranych obszarów (krajów, jednostek terytorialnych) ze względu na sposób i stopień wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE). Jako narzędzie badawcze zaproponowano wskaźnik Green Energy Index, pozwalający identyfikować badane obszary ze względu na efektywne wykorzystywanie alternatywnych źródeł energii.

Wskaźnik Green Energy Index bazuje na zagadnieniu porządkowania liniowego, które umożliwia tworzenie scoringu obiektów ze względu na wybrane wskaźniki stanowiące jego komponenty. Tym samym zostaje utworzona pewna zmienna syntetyczna (tzw. Syntetyczny Miernik Rozwoju), będąca kombinacją liniową zmiennych wejściowych.

Prezentowany wskaźnik wykorzystano do oceny efektywności wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii na przykładzie wojewódzkiego podziału terytorialnego Polski. Badanie przeprowadzono w oparciu o dane z okresu 2008-2012. Celem konstrukcji indeksu określono cztery wskaźniki związane z rynkiem energii, które po odpowiedniej agregacji generują wartości wskaźnika Green Energy Index.

Uzyskane wyniki pozwalają utworzyć hierarchię województw ze względu na stopień i efektywność

zaangażowania w wykorzystywanie alternatywnych źródeł energii. Biorąc pod uwagę analizowane województwa w całym badanym okresie najwyższe pozycje w rankingu zajmują obszary usytuowane w północnej części Polski. Są to przede wszystkim województwa kujawsko-pomorskie, pomorskie, zachodniopomorskie czy też warmińsko-mazurskie. Położenie województw (wybrzeże bałtyckie) jednoznacznie wskazuje na potencjalne odnawialne źródło energii jakim jest energia grawitacyjna wody.

| 21

Biorąc pod uwagę wartości wskaźnika Green Energy Index dla województwa śląskiego zaobserwowano wzrost jego wartości w ostatnich latach objętych badaniem (porównując z rokiem 2008). Rosnąca pozycja w rankingu wynika przede wszystkim ze zwiększającego się udziału produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w produkcji energii elektrycznej ogółem oraz z rosnącej wielkości produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii.

Dodatkowo podjęto próbę wykrycia związku pomiędzy wartościami wskaźnika Green Energy Index a wybranymi wskaźnikami gospodarczymi dla poszczególnych województw. Wyniki analizy wskazały, iż taki związek nie występuje.

Podsumowując należy podkreślić, iż prezentowany raport jest wstępnym etapem konstrukcji i wykorzystania wskaźnika Green Energy Index do oceny efektywności wykorzystania alternatywnych źródeł energii.



Źródła danych

Wyniki wszelkich obliczeń przedstawionych w przygotowanym raporcie przeprowadzono na podstawie wskaźników pochodzących z następujących źródeł danych:

| 22

System Monitorowania Rozwoju:

www.strateg.stat.gov.pl

Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego:

www.stat.gov.pl



Osoba do kontaktu:

Patryk Białas
Dyrektor Centrum Innowacji i Kompetencji

Park Naukowo-Technologiczny
Euro-Centrum Sp. z o.o.
ul. Ligocka 103, 40-568 Katowice
www.euro-centrum.com.pl

K: +48 663 966 040
T: +48 32 783 43 25
F: +48 32 250 47 85
E: p.bialas@euro-centrum.com.pl

Park Naukowo-Technologiczny
Euro-Centrum Sp. z o.o.
40-568 Katowice, ul. Ligocka 103
tel. +48 78 34 339
fax +48 32 250 47 85
obserwatorium@euro-centrum.com.pl
www.euro-centrum.com.pl

NIP 634-26-64-278
REGON 240789585
Nr konta bankowego:
PKO BP S.A. I Oddz. w Katowicach
25 1020 2313 0000 3602 0192 1493
Kapitał zakładowy: 11 164 000,00 zł.

Rejestr Przedsiębiorców KRS
Sąd Rejonowy w Katowicach
Wydział VIII Gospodarczy KRS
Numer KRS 0000297073