



Authors' contribution/
Wkład autorów:
A. Zaplanowanie badań/
Study design
B. Zebranie danych/
Data collection
C. Analiza statystyczna/
Statistical analysis
D. Interpretacja danych/
Data interpretation
E. Przygotowanie tekstu/
Manuscript preparation
F. Opracowanie
piśmiennictwa/
Literature search
G. Pozyskanie funduszy/
Funds collection

INNOVATIVENESS OF BIOECONOMY IN POLAND IN THE FIELD OF REUSE OF WASTES IN 2013 (SPATIAL ANALYSIS)

INNOWACYJNOŚĆ BIOGOSPODARKI W POLSCE W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA ODPADÓW W 2013 ROKU (STUDIUM PRZESTRZENNE)

Karol Kukuła

The Agricultural University of Kraków
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Kukuła K. (2016), *Innovativeness of bioeconomy in Poland in the field of reuse of wastes in 2013 (spatial analysis)/ Innowacyjność biogospodarki w Polsce w zakresie wykorzystania odpadów w 2013 roku (studium przestrzenne)*. Economic and Regional Studies, Vol. 9, No. 2, pp. 76-86.

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: O10

Submitted:
November 2015
Accepted:
April 2016

Number of characters:
25 611
Tables: 3
Figures: 0
References: 6

ORYGINALNY ARTYKUŁ
NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: O10

Zgłoszony:
listopad 2015
Zaakceptowany:
kwiecień 2016

Liczba znaków ze spacjami:
23 205
Tabele: 3
Rysunki: 0
Literatura: 6

Summary

Subject and purpose of work: The article presents results of study on innovativeness of bioeconomy in Poland in the field of reuse of wastes.

Materials and methods: The research was carried out on the basis of a spatial reference system of voivodeships in reference to data from 2013. Innovativeness of bioeconomy in rational reuse of wastes is a complex phenomenon which is described by means of selected diagnostic variables.

Results: Subsequently, the method of the scope of multidimensional comparative analysis, that results in formulation of ranking with regard to the level of an examined complex phenomenon was described. Further the method proposed by author was applied and on its basis the objects (voivodeships) were categorized into four groups.

Conclusions: The leading positions are occupied by the following voivodeships: Masovian, Silesian, Lower Silesian. Last places in the ranking are taken by voivodeships located in the eastern part of the country and include the following voivodeships: Świętokrzyskie, Lubuskie, Opolskie. These voivodeships constitute the fourth group, namely the most numerous but, at the same time, the weakest.

Keywords: bioeconomy, waste, innovations, ranking research, diagnostic variable, synthetic variable

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Artykuł przedstawia wyniki badań nad innowacyjnością biogospodarki w Polsce w zakresie wykorzystania odpadów.

Materiały i metody: Badania przeprowadzono w układzie przestrzennym województw w oparciu o informacje z 2013 roku. Innowacyjność biogospodarki w racjonalnym wykorzystywaniu odpadów stanowi zjawisko złożone, które opisuje zestaw wybranych zmiennych diagnostycznych.

Wyniki: Następnie opisano metodę z zakresu wielowymiarowej analizy porównawczej, która doprowadza do budowy rankingu ze względu na poziom analizowanego zjawiska złożonego. W dalszej kolejności obiekty (województwa) podzielono stosując proponowaną przez autora metodę podziału na 4 grupy.

Wnioski: Czołowe lokaty zajmują województwa: mazowieckie, śląskie i dolnośląskie. Ostatnie miejsce w rankingu przypadają na województwa śląskie i lubuskie oraz na województwa: świętokrzyskie, lubuskie i opolskie. Województwa te tworzą najliczniejszą a zarazem najsłabszą grupę czwartą.

Słowa kluczowe: biogospodarka, odpady, innowacje, ranking, zmienna diagnostyczna, zmienna syntetyczna

Address for correspondence/ Adres korespondencyjny: prof. dr hab. Karol Kukuła, The Agricultural University of Kraków, Department of Statistics and Econometrics, al. Mickiewicza 21, Kraków, Poland; phone: +48 12 662-43-81; e-mail: ksm@ur.krakow.pl

Introduction

The word *innovation* originates from a Latin „*innovare*,” which means “to introduce something new.” Thus, it can pertain to numerous fields of study. In the beginning of the twentieth century, Joseph Schumpeter introduced the *notion of innovation* to “economic studies,” in a broad sense of the term. According to Schumpeter, *innovation* is a single, discontinuous change which is a derivative of original idea, which substantially distinguishes it from *imitation*. *Imitation* is also a process of changes although these changes occur in a continuous and recurring manner. Immense popularization of *innovations* relying on their recurrence is precisely the process of imitation (Schumpeter 1960). Therefore, *innovations* in the field of economy are every possible actions depending on:

- the launch of new or improved products,
- the introduction of a new or improved production technologies,
- the application of unknown so far marketing methods and strategies,
- the application of new, improved organization of production,
- the acquisition of resources and energy in a manner which has been unknown so far (e.g. renewable energy sources).

All these activities seem to be bound by one common word - *newness*. What Schumpeter actually meant were radical and at the same time fundamental changes, which result from new ideas and lead to positive transformations of existing reality.

The notion of innovation has a great number of definitions (see Paklikowski 2014). I am not going to discuss each one except for the one coined by T. Edison (qtd. in Paklikowski 2014) that I consider to be concise and, at the same time, accurate: *Innovations are more than simply a new, good idea. It is a process of its practical implementation*. The author of that definition emphasizes the practical implementation of innovative ideas which, according to him, make them actual innovations.

The problem with waste is only a small part of a vast array of issues addressed by bioeconomy. Nevertheless, this portion takes the form of a serious problem on a global scale. This issue is also prioritized by European Union. Adamowicz in his work stresses that EU intends to create new conception of bioeconomy and its practical implementation (Adamowicz 2014). One of the most important goals set by European Commission to be reached by bioeconomy before 2020 is the reduction of greenhouse gases and waste. Lechwar and Kuźniar point out that bioeconomy, among others, pertains to the conversion of renewable biological resources and waste stream into value-added products that include the power of bioenergy. It is not only about disposing of the troublesome waste but also transforming it in such a way that will guarantee actual benefits. (Lechwar, Kuźniar 2014).

Poland also undertakes actions aimed at more effective exploitation of waste. Therefore the main goal of this article is to present spatial variability among individual voivodeships with regard to application of innovative forms of waste management.

Wstęp

Innowacja to słowo pochodzące od łacińskiego „*innovare*”, co oznacza zrobienie czegoś nowego. Zatem może dotyczyć wielu dziedzin. Joseph Schumpeter w początkach XX w. wprowadził do szeroko pojmowanych nauk ekonomicznych *pojęcie innowacji*. W rozumieniu Schumpetera *innowacja* jest zmianą jednorazową, nieciągłą, będącą pochodną oryginalnego pomysłu, czym różni się zasadniczo od *imitacji*. *Imitacja* też jest procesem zmian, ale zmiany te zachodzą w sposób ciągły i powtarzający się. Szerokie upowszechnienie *innowacji* polegające na ich powtarzaniu to właśnie proces *imitacji* (Schumpeter 1960). Zatem, *innowacje* w ekonomii to wszelkie działania polegające na:

- wprowadzeniu nowych lub udoskonalonych produktów na rynek,
- wprowadzeniu nowej lub udoskonalonej technologii produkcji,
- zastosowaniu nowych dotychczas nieznanymi metod marketingowych,
- zastosowaniu nowej udoskonalonej organizacji produkcji,
- pozyskiwaniu surowców i energii w sposób dotychczas nieznanymi (np. odnawialne źródła energii).

Wszystkie te aktywności spina jakby klamrą jedno słowo – *nowość*. Przy czym Schumpeter miał tu na myśli zmiany radykalne a zarazem fundamentalne, które są owocem nowych idei i prowadzą do pozytywnych przeobrażeń istniejącej rzeczywistości.

Istnieje wiele definicji pojęcia *innowacja* (zob. Paklikowski 2014). Wszystkich nie zamierzam omawiać, jednakże jedną z nich T. Edisona (przyczenie za Paklikowski 2014), uważam za zwięzłą a zarazem bardzo trafną: *Innowacje to więcej niż nowy, dobry pomysł. To proces wykorzystania go w praktyce*. Autor tej definicji - T. Edison - kładzie szczególnie nacisk na praktyczne wykorzystanie nowatorskich pomysłów, które w jego przekonaniu dopiero wtedy stają się innowacjami.

Problem odpadów to tylko wycinek szerokiego wachlarza zagadnień, na których skupia uwagę biogospodarka. Niemniej, wycinek ten przybiera postać niezwykle ważnego problemu w skali globalnej. Również Unia Europejska nadaje tej problematyce rangę priorytetową. Zamiarem UE, jak podkreśla w swej pracy Adamowicz, jest wykreowanie nowej koncepcji biogospodarki i jej praktyczne wdrożenie (Adamowicz 2014). Jednym ze strategicznych celów biogospodarki do 2020 roku, na który wskazuje Europejska Komisja (2010) jest redukcja gazów cieplarnianych i odpadów. Lechwar i Kuźniar zwracają uwagę, że biogospodarka dotyczy m.in. konwersji odnawialnych zasobów biologicznych i strumieni odpadów w produkty o wartości dodanej, w tym w bioenergię. Chodzi bowiem o to, by nie tylko pozbyć się uciążliwej masy odpadów ale poprzez jej przekształcanie pozyskać istotne korzyści dla gospodarki (Lechwar, Kuźniar 2014).

Również w Polsce podejmowane są działania zmierzające do lepszego wykorzystania odpadów. Zatem głównym celem artykułu jest ukazanie różnicowań przestrzennych między poszczególnymi województwami w zakresie stosowania innowacyjnych sposobów gospodarowania odpadami.

In Poland as well as in the whole EU scientists and practitioners are employed in order to carry out researches concerning useful methods of waste utilization. Some of them can bring out measurable economic effects. In the analysis we cannot focus on specific projects run in various Polish towns because by conducting a local research in reference to voivodeship system, we operate on large aggregate data, the components of which represent above-mentioned innovative achievements. In order to provide estimate of particular voivodeships in regard to advancements made in the aspect of neutralization and recycling of waste, it was assumed that this estimate is represented by a complex phenomenon, namely the level of waste management innovativeness. In the following section of the paper the attempt was made to define the level of waste management innovativeness.

The notion of a complex phenomenon was described in detail in monograph (Kukuła 2000, p.17). Therefore, *complex phenomenon* can be defined as an abstract construct depicting the qualitative condition of (not directly measurable) actual objects which can be described by a certain number larger than one of variables called *diagnostic variables*. At this moment we enter the area of *multidimensional comparative analysis* (MCA). Voivodeships in Poland are the objects of this qualitative assessment. Specially selected diagnostic characteristics are the variables which describe this complex phenomenon. Qualitative condition of an investigated phenomenon is presented by a variable which is an aggregate that combines appropriately transformed diagnostic variables, called *synthetic variable* or *aggregate variable*. Obtained values of synthetic variables for each object (voivodeship) provide foundation for creating their ranking. The constructed ranking of objects indicates that while some voivodeships present a high level of activity in innovative reprocessing of waste, others do not.

The selected values of diagnostic variables used in the analysis of the levels of waste management innovativeness have been taken from GUS- Ochrona Środowiska- Environment 2014 publication.

The method applied in the research

Taking into consideration the evaluation of voivodeships with regard to the level of complex phenomenon which is the status of innovativeness of waste economy in Poland in 2013 one should (Kukuła 2014):

1. make the selection of diagnostic variables
2. perform normalization of selected variables by applying the method of zero unitarization
3. conduct aggregation of normalized variables and setting the values of synthetic variables
4. build up the ranking of voivodeships
5. make a division of objects (voivodeships) into groups.

Selected diagnostic variables ($j=1, \dots, m$) describe the complex phenomenon in n objects ($i=1, \dots, n$) creating the following matrix:

W Polsce podobnie, jak w całej UE, angażuje się naukowców i praktyków do prac nad pożytecznymi sposobami utylizacji odpadów. Niektóre z nich mogą przynosić wymierne efekty gospodarcze. W przeprowadzonej analizie nie możemy skupić się na konkretnych projektach przedsięwzięć realizowanych w różnych miejscowościach w Polsce, gdyż prowadząc badania regionalne w układzie województw, operujemy dużymi agregatami, których części składowe stanowią wspomniane nowatorskie osiągnięcia. Celem przygotowania ocen poszczególnych województw w dziedzinie postępów czynionych w zakresie unieszkodliwiania i przetwarzania odpadów uznano, że ocenę tę reprezentuje stan zjawiska złożonego, jakim jest poziom innowacyjności w gospodarce odpadami. Próbę wyznaczenia poziomu innowacyjności w gospodarce odpadami podjęto w dalszej części pracy.

Pojęcie zjawiska złożonego zostało szeroko naświetlone w monografii (Kukuła 2000, s. 17). Zatem, *zjawisko złożone* można określić jako abstrakcyjny twór obrazujący stan jakościowy, bezpośrednio niemierzalny rzeczywistych obiektów, opisywanych przez pewną liczbę większą od jeden zmiennych zwanych *zmiennymi diagnostycznymi*. W tym momencie wkraczamy na obszar *wielowymiarowej analizy porównawczej* (WAP). Obiektami, które poddaje się ocenie w tym badaniu są województwa Polski. Zmienne zaś, opisujące owo zjawisko złożone są specjalnie dobrane cechy (zmienne) diagnostyczne. Stan jakościowy badanego zjawiska złożonego przedstawia zmienna, będąca agregatem odpowiednio przekształconych zmiennych diagnostycznych zwana *zmienną syntetyczną* lub *agregatową*. Uzyskane wartości zmiennej syntetycznej dla każdego obiektu (województwa) stanowią podstawę budowy ich rankingu. Skonstruowany ranking obiektów wskazuje na województwa, które mogą się pochwalić innowacjami w przetwarzaniu odpadów oraz te, które przejawiają niską aktywność w tej działalności.

Wartości wybranych do analizy zmiennych diagnostycznych opisujących stan innowacyjności w gospodarce odpadami w Polsce w 2013 roku zaczerpnięto z wydawnictwa GUS - Ochrona Środowiska- Environment 2014.

Metoda wykorzystywana w badaniach

Mając na uwadze ocenę województw pod względem poziomu zjawiska złożonego, jakim jest stan innowacyjności gospodarki odpadami w Polsce w 2013 roku należy (Kukuła 2014) należy:

1. dokonać wyboru zmiennych diagnostycznych
2. unormować wybrane zmienne metodą unitaryzacji zerowanej
3. dokonać agregacji unormowanych zmiennych i ustalić wartości zmiennych syntetycznych
4. zbudować ranking województw
5. dokonać podziału obiektów (województw) na grupy.

Wybrane zmienne diagnostyczne ($j=1, \dots, m$) opisują zjawisko złożone w n obiektach ($i=1, \dots, n$) tworząc macierz:

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Diagnostic variables that belong to stimuli are normalized according to the formula [Kukuła (2000)]:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (2)$$

Diagnostic variables, that belong to destimuli are normalized in a following way:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (3)$$

Diagnostic variables normalized according to the formulae (2) and (3) satisfy the condition:

$$z_{ij} \in [0, 1] \quad (4)$$

Diagnostic variables transformed by means of zero unitarization method allow for transition from X matrix to Z matrix:

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Calculation of the value of all elements of matrix (5) allows for getting the value of synthetic variables that determine the evaluation each of n objects:

$$Q_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ij}, \quad (i=1, \dots, n) \quad (6)$$

Evaluations of all of objects are presented by the vector:

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Elements of the vector (7) constitute the foundation for building the ranking of objects with respect to the level of the examined complex phenomenon. Ranking consists of objects arranged in descending order in relation to the value of synthetic variable Q . Ordered objects can be divided in into arbitrary number of groups (lower than or equal to n). Taking into consideration the fact that relatively small number of objects are being examined in the analysis ($n=16$), it was assumed that the most suitable division would be the division of voivodeships into 3 groups.

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Zmienne diagnostyczne, które należą do stymulant są normowane wg wzoru [Kukuła (2000)]:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (2)$$

Zmienne diagnostyczne, które należą do destymulant są normowane następująco:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (3)$$

Zmienne diagnostyczne unormowane wg wzorów (2) i (3) spełniają warunek:

$$z_{ij} \in [0, 1] \quad (4)$$

Transformowane zmienne diagnostyczne za pomocą metody unitaryzacji zerowanej umożliwiają przejście z macierzy X do macierzy Z:

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Obliczenie wartości wszystkich elementów macierzy (5) umożliwia otrzymanie wartości zmiennych syntetycznych stanowiących ocenę każdego z n obiektów:

$$Q_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ij}, \quad (i=1, \dots, n) \quad (6)$$

Oceny wszystkich obiektów przedstawia wektor:

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Elementy wektora (7) stanowią podstawę budowy rankingu obiektów ze względu na poziom badanego zjawiska złożonego. W rankingu pojawiają się obiekty uporządkowane nierosnąco względem wartości zmiennej syntetycznej Q . Uporządkowane obiekty można podzielić na dowolną liczbę grup (mniejszą lub równą n). Ze względu na stosunkowo nie dużą liczbę obiektów naszego badania ($n=16$) przyjęto, iż najwłaściwszym podziałem będzie podział województw na 3 grupy.

This task should be done by taking the following steps:

1. determining the range of synthetic variable

$$R(Q) = \max_i Q_i - \min_i Q_i, \quad (8)$$

2. determining the value of partition parameter (k) according to the formula:

$$k = \frac{1}{3}R(Q) \quad (9)$$

3. calculating the interval of I group (high level of complex phenomenon)

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i] \quad (10)$$

4. calculating the interval of II group (average level of complex phenomenon)

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i - k) \quad (11)$$

5. calculating the interval of III group (low level of complex phenomenon)

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 3k, \max_i Q_i - 2k) \quad (12)$$

The selection of diagnostic variables

Diagnostic variables describing the waste management in an innovative way should be characterized by:

- their innovativeness, for instance, in the sense of the innovative ways of gathering municipal solid waste. Up until recently, this type of waste has been collected and gathered without any preliminary sorting. Today in many municipalities, both rural and urban, this pre-separation is a routine procedure. What encourages many authorities is the economic incentive since the disposal of garbage that underwent pre-separation is less expensive than the one which has not been sorted in any way. The aim is to make the households segregate all their waste.
- the management of waste that is detrimental to the environment.
- the conversion of waste into products and materials than can be reused. One of the examples is the recycling of different types of glass, paper, and plastic waste.
- the use of new technologies connected with recycling the energy straight from garbage dumps by means of gasification. As a result of those processes one can receive electric or thermal energy.

In the choice of diagnostic variables, apart from the factual criterion, the requirement of their sufficient changeability is applied. For that purpose the simple measure called the quotient of extreme value of a variable X_j : (Kukuła 2000, p.49) was used.

Zadanie to należy zrealizować następująco:

1. wyznaczyć rozstęp zmiennej syntetycznej

$$R(Q) = \max_i Q_i - \min_i Q_i, \quad (8)$$

2. wyznaczyć wartość parametru podziału (k) wg wzoru:

$$k = \frac{1}{3}R(Q) \quad (9)$$

3. wyznaczyć przedział grupy I o wysokim poziomie zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i] \quad (10)$$

4. wyznaczyć przedział grupy II o przeciętnym poziomie zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i - k) \quad (11)$$

5. wyznaczyć przedział grupy III o niskim poziomie zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 3k, \max_i Q_i - 2k) \quad (12)$$

Wybór zmiennych diagnostycznych

Zmienne diagnostyczne, opisujące gospodarkę odpadami w sposób innowacyjny, winny charakteryzować się takimi cechami, jak:

- nowatorstwo, co oznacza nowe podejście do sposobu np. gromadzenia odpadów komunalnych. W niedalekiej przeszłości odpady komunalne były zbierane i gromadzone bez przeprowadzania wstępnej selekcji. Dziś w wielu gminach, nie tylko miejskich ale i wiejskich, przeprowadza się ich selekcję. Na rzecz tego podejścia skutecznie działa bodziec ekonomiczny stosowany przez niektóre władze gmin. Wywóz odpadów selekcyonowanych kosztuje istotnie taniej niż ich wywóz razem bez selekcji. Dąży się do stuprocentowego udziału gospodarstw domowych w selekcyonowaniu odpadów.
- utylizacja odpadów szkodliwych dla otoczenia.
- konwersja odpadów w produkty i surowce przeznaczone do powtórnego wykorzystania. Jako przykład, można tu przytoczyć procesy recyklingowe odpadów szklanych, papierowych i tekturowych oraz tworzyw sztucznych.
- stosowanie nowoczesnych technologii związanych z odzyskiem energii wprost z wysypisk odpadów poprzez ich odgazowywanie. W wyniku tych procesów otrzymuje się energię elektryczną lub ciepłą.

W procedurze wyboru zmiennych diagnostycznych, oprócz kryterium merytorycznego obowiązuje wymóg ich dostatecznej zmienności. W tym celu zastosowano prosty miernik (Kukuła 2000, s.49) – iloraz skrajnych wartości zmiennej X_j :

$$I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}}, (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m). \quad (13)$$

It is important that this measure can be applied only when:

$$\min_i x_{ij} > 0 \quad (14)$$

The variable X_j satisfies the requirement of sufficient changeability when:

$$I(X_j) > 2, (j=1, \dots, m) \quad (15).$$

Driven by the availability of data as well as satisfying the factual criterion and the criterion of sufficient changeability, the following diagnostic variables in the field of innovative waste management were chosen in Poland in 2013:

X_1 – The amount of waste produced within a year that underwent the process of recycling per one resident in kilos [kg].

X_2 – the number of residents contributing to collection of 1 ton of recyclable municipal waste collected and selected in households,

X_3 – the surface area of active, controlled landfill sites in [ha],

X_4 – the number of landfill sites equipped with degassing installations that recover electric energy,

X_5 – the number of landfill sites with degassing installations that recover thermal energy,

X_6 – recycling of domestic glassware in tons,

X_7 – recycling of paper and cardboard packaging in tons,

X_8 – recycling of plastics in tons.

Set of variables: $(X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8) \in S$, S – set of stimulants, while $X_2 \in D$, D – set of destimulants.

The results – voivodeship ranking

The values of selected diagnostic variables are shown in the table 1. On the basis of the analysis of their variability in regard to the value of the criterion (13) present in the last line of the table 1 - it was assumed that all of the variables satisfy the condition (15). Therefore, it can be concluded that the condition of minimal variability of diagnostic features was satisfied. While comparing the value the criterion (13) with selected diagnostic features, it is worth noticing that variables which pertain to waste recycling display the lowest level of variability in comparison to the remaining ones. For instance, when it comes to recycling of paper and cardboard packaging, Masovian Voivodeship (the first place in ranking) obtains the result that is 11,000 times better than Podlaskie Voivodeship which gets the worst result in the discussed criterion. As the analysis implies, recycling of domestic glass packaging seems to be in the significantly bad condition. As many as six voivodeships do not recycle glassware in any way. These voivodeships include: Podlaskie Voivodeship, Świętokrzyskie Voivodeship,

$$I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}}, (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m). \quad (13)$$

Należy pamiętać, że miernik ten ma sens tylko wtedy, gdy:

$$\min_i x_{ij} > 0 \quad (14)$$

Zmienna X_j spełnia postulat dostatecznej zmienności, jeśli zachodzi nierówność:

$$I(X_j) > 2, (j=1, \dots, m) \quad (15).$$

Kierując się dostępnością danych a także spełnieniem kryteriów merytorycznego oraz dostatecznej zmienności wybrano następujące zmienne diagnostyczne przedstawiające poziom innowacyjności w gospodarowaniu odpadami w Polsce w 2013 roku:

X_1 – wielkość odpadów wytworzonych w ciągu roku poddanych odzyskowi na 1 mieszkańca w kg,

X_2 – liczba mieszkańców w przypadająca na 1 tonę odpadów komunalnych zebranych i wyselekcjonowanych w gospodarstwach domowych,

X_3 – powierzchnia czynnych, kontrolowanych składowisk odpadów w ha,

X_4 – liczba składowisk z instalacjami odgazowywania z odzyskiem energii elektrycznej,

X_5 – liczba składowisk z instalacjami odgazowywania z odzyskiem energii cieplnej,

X_6 – recykling odpadów opakowaniowych ze szkła gospodarczego w tonach,

X_7 – recykling odpadów opakowaniowych z papieru i tektury w tonach,

X_8 – recykling odpadów z tworzyw sztucznych w tonach.

Zbiór zmiennych: $(X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8) \in S$, S – zbiór stymulant, zaś $X_2 \in D$, D – zbiór destymulant.

Wyniki – ranking województw

Wartości wybranych zmiennych diagnostycznych zapisano w tab.1. Analizując ich zmienność- wg wartości miernika (13) zamieszczonych w ostatnim wierszu tab.1 – stwierdzono, iż wszystkie zmienne spełniają warunek (15). Można zatem przyjąć, że warunek minimalnej zmienności cech diagnostycznych został spełniony. Porównując wartości miernika (13) dla wybranych cech diagnostycznych, warto zauważyć, iż zmienne związane z recyklingiem odpadów przejawiają najwyższy stopień zmienności w porównaniu do pozostałych zmiennych. Przykładowo, województwo mazowieckie (pierwsza lokata w rankingu) w recyklingu odpadów opakowaniowych z papieru i tektury osiąga wynik około 11 000 razy lepszy niż województwo podlaskie, legitymujące się najłabszym rezultatem w omawianym zakresie. Znacznie gorsza sytuacja występuje w recyklingu odpadów opakowaniowych ze szkła gospodarczego. W tym przypadku, na terenie aż sześciu województw wogóle nie prowadzi się recyklingu odpadów opakowaniowych szklanych. Do województw tych należą: podlaskie, świętokrzyskie,

Lubelskie Voivodeship, Opolskie Voivodeship, Łódzkie Voivodeship and Silesian Voivodeship. Recycling of plastic waste seems to be in slightly better condition. Although all voivodeships recycle their plastic waste, there still occur substantial differences between particular regions. This variability is shown by the high value of criterion which is $I(X_8) \cong 722$. It implies that Masovian Voivodeship is approximately 722 times better than Lubelskie Voivodeship in the area of reprocessing plastics.

Significantly lower spatial variabilities were observed in the following variables: $(X_1, X_2, X_3, X_4$ and $X_5)$, where the lowest variability is characterized by $X_2 \in D$, i.e. the number of residents contributing to production of 1 ton of recyclable municipal waste collected and selected in households (see. Table 1). The criterion (13) in reference to this variable is slightly lower than one presented on figure 3. It implies that Silesian Voivodeship heightened activity in the sphere of collection of municipal waste in households. Only twenty eight residents contribute to production of 1 ton of recyclable municipal waste. The worst result in the abovementioned criterion belongs to Podlaskie Voivodeship, where as many as 80 residents contribute to production of 1 ton of recyclable municipal waste.

In order to define the value of synthetic variable that characterizes each voivodeship in regard to the level of waste management innovativeness, one should normalize the values of selected diagnostic features from Table 1. While variables: $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ and X_8 are the stimulants that were transformed by applying the formula (2), the variable X_2 , is a destimulant that was normalized according to the formula (3). This is the way in which order of magnitude of all features was standardized by reducing their normalized values to the interval $[0,1]$. The values of transformed diagnostic variables are included in the table 2. The values of synthetic variable calculated by the formula (6) for each voivodeship are shown in the last column of the table mentioned above. The results included in table 2 are foundations for creation the ranking of voivodeships in reference to the level of the complex phenomenon (Table 3). The top position in the ranking list of voivodeships that is ordered in a descending fashion, according to the aggregate variable Q_i , is occupied by Masovian voivodeship. This region has a significant advantage over Silesian and Lower Silesian Voivodeships. The value of synthetic variable for this voivodeship ($Q_i = 0,816$) equals the quantity that significantly exceeds the level of analyzed complex phenomenon in comparison to the Silesian Voivodeship which holds second place in the ranking ($Q_i = 0,529$). Therefore, it should be assumed that the value achieved by Masovian voivodeship constitutes an outlier.

Taking into consideration the administrative division of Poland, it seems reasonable that voivodeships should be divided into 3 groups of: high, average, and low level of examined complex phenomenon. The division was made according to the formulae (8-12). The first attempt to divide objects results in creating two groups: the first one which consists of one member (Masovian voivodeship) and

lubelskie, opolskie, łódzkie i śląskie. Nieco lepszą sytuację obserwuje się w recyklingu odpadów z tworzyw sztucznych. Tutaj wszystkie województwa prowadzą procesy recyklingowe aczkolwiek i w tym przypadku mamy do czynienia z bardzo dużymi różnicami regionalnymi. Owo zróżnicowanie najlepiej ilustruje wysoka wartość miernika (13) wynosząca $I(X_8) \cong 722$. Oznacza to, że województwo mazowieckie przewyższa około 722-krotnie województwo lubelskie w zakresie działalności odzyskowej z odpadów z tworzyw sztucznych.

Znacząco mniejsze zróżnicowania przestrzenne zaobserwowano w powstałych zmiennych $(X_1, X_2, X_3, X_4$ i $X_5)$. Przy czym najniższe zróżnicowanie charakteryzuje cechę $X_2 \in D$, tj. liczbę mieszkańców przypadającą na 1 tonę odpadów komunalnych wyselekcjonowanych (zob. tab.1). Miernik (13) w odniesieniu do tej zmiennej kształtuje się na poziomie nieco poniżej liczby 3. Oznacza to, że w województwie śląskim mamy najlepszą sytuację w działalności polegającej na selekcjonowaniu odpadów komunalnych w gospodarstwach domowych (na 1 tonę wyselekcjonowanych odpadów przypada zaledwie 28 mieszkańców tego województwa). Najgorszy wynik w omawianym zakresie odnotowuje województwo podlaskie, gdzie na 1 tonę wyselekcjonowanych odpadów komunalnych przypada aż 80 jego mieszkańców.

Celem uzyskania wartości zmiennej syntetycznej, charakteryzującej każde województwo pod względem poziomu innowacyjności w gospodarowaniu odpadami, należy poddać normowaniu wartości wybranych cech diagnostycznych z tab.1. Zmienne: $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ i X_8 będące stymulantami transformowano z wykorzystaniem formuły (2). Zmienną zaś X_2 , będącą destymulantą unormowano wg wzoru (3). W ten sposób ujednociono rząd wielkości wszystkich cech, sprowadzając ich unormowane wartości do przedziału $[0,1]$. Wartości transformowanych zmiennych diagnostycznych zawiera tab.2, w ostatniej kolumnie tej tabeli zapisano wartości zmiennej syntetycznej, otrzymane według wzoru (6) dla każdego z województw. Wyniki zawarte w tab.2, stanowią podstawę budowy rankingu województw ze względu na poziom badanego zjawiska złożonego (tab.3). Na czele listy rankingowej województw uporządkowanych nierosnąco wg wartości zmiennej agregatywnej Q_i , znajduje się województwo mazowieckie ze znaczną przewagą nad kolejnymi w rankingu województwami (śląskim i dolnośląskim). Wartość zmiennej syntetycznej dla tego województwa ($Q_i = 0,816$) osiąga wielkość znacznie przewyższającą poziom badanego zjawiska złożonego w drugim w kolejności województwie śląskim ($Q_i = 0,529$). Stąd wynika potrzeba uznania, że wynik województwa mazowieckiego stanowi wartość odstającą.

Przy istniejącym w Polsce podziale administracyjnym (16 województw), sensownym wydaje się ich podział na 3 grupy: wysokiego, przeciętnego i niskiego poziomu badanego zjawiska złożonego. W procedurze podziału wykorzystano wzory (8-12). Pierwsze podejście do podziału obiektów daje w efekcie grupę pustą po grupie, w której znalazło się tylko województwo mazowieckie. Potwierdza to słuszność wcześniej poczynionego ustalenia o odstającej wartości zmien-

second one which is an empty group. It provides further justification that the value of synthetic variable for Masovian voivodeship is the most extreme outlier. This voivodeship constitutes separate group I which presents a high level of examined earlier complex phenomenon. This results in a formulation of 4 instead of 3 groups. As a result of the application of procedure described by the formulae (8-12), 3 additional groups were created, which presents high, average, and low level of complex phenomenon being the level of waste management innovativeness in Poland in 2013.

The results of this division are shown in Table 3 and map 1. Group II which presents a high level of waste management innovativeness comprises two following voivodeships: Silesian Voivodeship and Lower Silesian Voivodeship. These are industrialized areas where innovative technologies of waste recycling can be easily employed. Group III which shows an average level of waste management innovativeness consists of 6 voivodeships, namely: Greater Poland Voivodeship, Lesser Poland Voivodeship, Pomeranian Voivodeship, Kuyavian-Pomeranian Voivodeship, West Pomeranian Voivodeship and Łódzkie Voivodeship. These are voivodeships of industrial and industrial-agricultural character. Group IV is the most numerous ones and includes 7 voivodeships. That group comprises the following voivodeships: Opolskie Voivodeship, Warmian-Masurian Voivodeship, Lubuskie Voivodeship, Lubelskie Voivodeship, Podkarpackie Voivodeship, Świętokrzyskie Voivodeship, and Podlaskie Voivodeship. These are poorly industrialized areas which belong to the so called Eastern Block. The remaining members of this group include: Świętokrzyskie Voivodeship, Opolskie Voivodeship, and Lubuskie Voivodeship. These voivodeships belong to the industrial-agricultural group. It is worth noticing that relatively the poorest group is at the same time the most numerous one. It implies that there is still much left to do in regard to the process of adaptation of EU directive on equalization of regional variabilities in Poland.

nej syntetycznej dla województwa mazowieckiego. Województwo to tworzy oddzielną grupę I o bardzo wysokim poziomie badanego zjawiska. Zatem będzie nie 3 lecz 4 grupy województw. W wyniku zastosowania po raz drugi opisanej wzorami (8-12) procedury podziału otrzymano 3 dodatkowe grupy o wysokim, przeciętnym i niskim poziomie zjawiska złożonego, którym jest stan innowacyjności w gospodarowaniu odpadami w Polsce w 2013 roku.

Wyniki podziału przedstawia tab. 3 oraz będąca mapą ryc1. Grupę II o wysokim poziomie innowacyjności w gospodarce odpadami tworzą 2 województwa: śląskie i dolnośląskie. Są to obszary uprzemysłowione, gdzie łatwo stosować nowoczesna technologie związane z konwersją odpadów. Do grupy III o przeciętnym poziomie badanego zjawiska należy 6 województw: wielkopolskie, małopolskie, pomorskie, kujawsko-pomorskie, zachodniopomorskie i łódzkie. Są to województwa o charakterze przemysłowym i przemysłowo-rolniczym. Najliczniejszą grupą jest grupa 4 złożona aż z 7 województw. Do grupy tej należą województwa: opolskie, warmińsko-mazurskie, lubuskie, lubelskie, podkarpackie, świętokrzyskie i podlaskie. Są to województwa tzw. Ściany Wschodniej stanowiące obszary słabo uprzemysłowione. Pozostałe w tej grupie to: świętokrzyskie, opolskie i lubuskie. Województwa te należą do grupy rolniczo-przemysłowej. Warto podkreślić, że grupa relatywnie najśłabsza jest jednocześnie grupą najliczniejszą. Oznacza to, iż w Polsce przy realizacji dyrektywy UE o wyrównywaniu różnicowań regionalnych, wiele jeszcze zostaje do zrobienia.

Table 1. The values of diagnostic variables describing innovativeness in the field of reuse of waste in 2013

Tabela 1. Wartości zmiennych diagnostycznych opisujących innowacyjność w zakresie wykorzystania odpadów w województwach w 2013 roku

No./ Lp/	Voivodeship/ Województwo	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1	Low Silesian Voivodeship/ dolnośląskie	7 997	40	168,7	4	0	24 577	69 931	6 561
2	Kuyavian-Pomeranian Voivodeship/ kujawsko-pomorskie	1 012	34	168,0	4	1	2 530	27 556	6 829
3	Lubelskie Voivodeship/ lubelskie	1 645	55	122,4	1	0	0	2 673	161
4	Lubuskie Voivodeship/ lubuskie	983	38	80,0	1	0	49	5 358	1 362
5	Łódzkie Voivodeship/ łódzkie	3 622	41	113,6	4	0	0	1 178	1 417

6	Lesser Poland Voivodeship/ małopolskie	1 767	38	84,5	5	1	137 784	92 992	28 209
7	Masovian Voivodeship/ mazowieckie	750	36	200,2	10	4	274 747	478 037	116 240
8	Opolskie Voivodeship/ opolskie	1 309	37	128,0	1	0	0	10 540	867
9	Podkarpackie Voivodeship/ podkarpackie	724	51	58,9	2	0	7 827	2 560	1 825
10	Podlaskie Voivodeship/ podlaskie	1 269	80	46,6	1	0	0	44	351
11	Pomeranian Voivodeship/ pomorskie	856	33	89,2	4	3	932	26 897	4 314
12	Silesian Voivodeship/ śląskie	7 557	28	147,5	11	3	0	6 401	1 895
13	Świętokrzyskie Voivodeship/ świętokrzyskie	1 787	55	52,7	1	0	0	1 008	701
14	Warmian-Masurian Voivodeship/ warmińsko-mazurskie	705	34	71,5	1	1	25	3 603	979
15	Greater Poland Voivodeship/ wielkopolskie	826	35	242,9	4	1	14 070	15 439	3 015
16	West Pomeranian Voivodeship/ zachodniopomorskie	1 008	40	169,6	5	1	3 286	33 903	4 172
$I(X_j)$		11,34	2,85	5,21	11,00	4,00*	10 989,88*	10 864,48	721,99

Sources: Environmental Protection 2014, Information and statistical analysis, GUS, Warsaw 2014, p. 350, 355-357, 359.

*Due the fact that variables X_5 and X_6 are equal 0 for some voivodeships, to calculate $I(X_j)$ and $I(X_c)$ the lowest following positive values were used.

Źródło: Ochrona środowiska – Environment 2014, Informacje i opracowanie statystyczne, GUS, Warszawa 2014, ss.350, 355-357, 359
* Z uwagi na to, iż zmienne X_5 oraz X_6 przyjmują dla niektórych województw wartość 0, do obliczenia $I(X_5)$ oraz $I(X_6)$ przyjęto kolejne po zerze najmniejsze wartości tych zmiennych.

Table 2. The values of normalized diagnostic variables describing innovativeness of bioeconomy in the area of waste reprocessing in Poland in 2013

Tabela 2. Wartości unormowanych zmiennych diagnostycznych opisujących innowacyjność wykorzystania odpadów w województwach w 2013 roku

Voivodeship/ Województwa	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	$\sum Z_{ij}$	Q_i
Low Silesian Voivodeship/ dolnośląskie	1,000	0,769	0,622	0,300	0	0,089	0,146	0,055	2,981	0,373
Kuyavian-Pomeranian Voivodeship/ kujawsko-pomorskie	0,042	0,885	0,618	0,300	0,250	0,009	0,058	0,057	2,219	0,277
Lubelskie Voivodeship/ lubelskie	0,129	0,481	0,386	0	0	0	0,006	0	1,002	0,125
Lubuskie Voivodeship/ lubuskie	0,038	0,808	0,170	0	0	0,001	0,011	0,010	1,038	0,130
Łódzkie Voivodeship/ łódzkie	0,400	0,750	0,341	0,300	0	0	0,002	0,011	1,804	0,226
Lesser Poland Voivodeship/ małopolskie	0,146	0,808	0,193	0,400	0,250	0,103	0,194	0,242	2,336	0,292
Masovian Voivodeship/ mazowieckie	0,006	0,846	0,782	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000	6,5286	0,816
Opolskie Voivodeship/ opolskie	0,003	0,827	0,415	0	0	0	0,022	0,006	1,353	0,169
Podkarpackie Voivodeship/ podkarpackie	0,003	0,558	0,063	0,100	0	0,028	0,005	0,014	0,771	0,096

Podlaskie Voivodeship/ podlaskie	0,077	0	0	0	0	0	0	0,002	0,079	0,010
Pomeranian Voivodeship/ pomorskie	0,021	0,904	0,217	0,300	0,750	0,003	0,056	0,036	2,287	0,286
Silesian Voivodeship/ śląskie	0,940	1,000	0,514	1,000	0,750	0	0,013	0,015	4,232	0,529
Świętokrzyskie Voivodeship/ świętokrzyskie	0,148	0,481	0,031	0	0	0	0,002	0,005	0,667	0,083
Warmian-Masurian Voivodeship/ warmińsko-mazurskie	0	0,885	0,127	0	0,250	0,001	0,007	0,007	1,277	0,160
Greater Poland Voivodeship/ wielkopolskie	0,017	0,865	1,000	0,300	0,250	0,051	0,025	0,025	2,540	0,318
West Pomeranian Voivodeship/ zachodniopomorskie	0,042	0,769	0,627	0,400	0,250	0,012	0,035	0,035	2,206	0,276

Sources: own study on the basis of the data from the table 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji zawartych w tabeli 1.

Table 3. Voivodeship ranking according to the level of bioeconomy innovativeness in the area of waste reprocessing in Poland in 2013

Tabela 3. Ranking województw według poziomu innowacyjności biogospodarki w zakresie wykorzystania odpadów w Polsce w 2013 roku

Rank/ Lokata	Voivodeship/ Województwo	Q_{i1}	The group and its number/ Grupa i jej liczebność
1	Masovian Voivodeship/ mazowieckie	0,816	I (1)
2	Silesian Voivodeship/ śląskie	0,529	II (2)
3	Lower Silesian Voivodeship/ dolnośląskie	0,373	
4	Greater Poland Voivodeship/ wielkopolskie	0,318	III (6)
5	Lesser Poland Voivodeship/ małopolskie	0,292	
6	Pomeranian Voivodeship/ pomorskie	0,286	
7	Kuyavian-Pomeranian Voivodeship/ kujawsko-pomorskie	0,277	
8	West Pomeranian Voivodeship/ zachodniopomorskie	0,276	
9	Łódzkie Voivodeship/ łódzkie	0,226	
10	Opolskie Voivodeship/ opolskie	0,169	IV (7)
11	Warmian-Masurian Voivodeship/ warmińsko-mazurskie	0,160	
12	Lubuskie Voivodeship/ lubuskie	0,130	
13	Lubelskie Voivodeship/ lubelskie	0,125	
14	Podkarpackie Voivodeship/ podkarpackie	0,096	
15	Świętokrzyskie Voivodeship/ świętokrzyskie	0,083	
16	Podlaskie Voivodeship/ podlaskie	0,010	
Quotient of critical values of synthetic variable/ critical values of synthetic variable quotient / Iloraz wartości skrajnych zmiennej syntetycznej		$(Q)=81,600$	

Sources: own study on the basis of the data from the table 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zawartych w tabeli 2.

Conclusions

1. Rational waste management constitutes a significant element of bioeconomy in Poland.
2. The condition of innovativeness in waste management is a complex phenomenon described by several diagnostic variables.
3. Selected diagnostic variables describing the level of innovativeness in the sphere of waste management are characterized by a distinct degree of spatial variability.
4. The most spatially varying are the examples of variables which pertain to recycling waste such as

Wnioski

1. Racjonalne wykorzystanie odpadów jest istotnym elementem biogospodarki w Polsce.
2. Stan innowacyjności w gospodarce odpadami stanowi zjawisko złożone, opisywane kilkoma zmiennymi diagnostycznymi.
3. Wybrane zmienne diagnostyczne opisujące poziom innowacyjności w zakresie wykorzystywania odpadów charakteryzuje różny stopień zróżnicowania przestrzennego.
4. Najbardziej zróżnicowane przestrzennie są zmienne związane z recyklingiem odpadów, papieru,

- paper, cardboard, glass, and plastics. This condition stems from the considerable disparities in the extent to which a given voivodeship is technically equipped.
5. Some of voivodeships do not conduct recycling process at all. The reason behind this is the insufficient infrastructure in this area.
 6. The strongest, rich in innovative waste management rich in innovative ventures solutions that pertain to waste management belong to Masovian Voivodeship.
 7. The weakest waste management is represented by voivodeships of the so called Eastern Block and smaller voivodeships, namely: Lubuskie Voivodeship, Opolskie Voivodeship, Świętokrzyskie Voivodeship.
 8. There is a wide scope in the evaluation of the advancement level of innovative solutions in waste management (zob. $I_Q=81,6$), which implies that Masovian Voivodeship which holds the leading position is 81 times better than Podlaskie Voivodeship which occupies the last position in the ranking.
 9. Energy (electric and thermal) acquired from waste is a field worth investing.
- tektury, szkła oraz tworzyw sztucznych. Genezą tego stanu rzeczy są duże różnice w poziomie wyposażenia technicznego województw.
5. Niektóre województwa nie prowadzą w ogóle procesów recyklingowych. Przyczyną tego jest słaba infrastruktura w tym zakresie.
 6. Najmocniejszą, bogatą w innowacyjne przedsięwzięcia w gospodarkę odpadami posiada województwo mazowieckie.
 7. Najsłabszą gospodarkę odpadami wykazują województwa Ściany Wschodniej oraz mniejsze obszary województwa: lubuskie, opolskie i świętokrzyskie.
 8. Istnieje duża rozpiętość w ocenie stopnia zaawansowania rozwiązań innowacyjnych w gospodarce odpadami (zob. $I_Q=81,6$), co oznacza, że województwo mazowieckie przodujące pod tym względem przewyższa ponad 81-krotnie województwo podlaskie, które zajmuje ostatnią pozycję w rankingu.
 9. Energia (elektryczna i ciepła) pozyskiwana z odpadów to dziedzina, w którą warto i należy inwestować.

References/Literatura:

1. Adamowicz M. (2014), *Europejska koncepcja biogospodarki i jej przełożenie na działania praktyczne*. Studia Ekonomiczne i Regionalne, t. 7, nr 4, s. 5-21.
2. Kukuła K. (2000), *Metoda unitaryzacji zerowanej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
3. Kukuła K. (2014), *Regionalne zróżnicowanie stopnia zanieczyszczenia środowiska w Polsce a gospodarka odpadami*. Przedsiębiorczość i Zarządzanie, t. XV, z. 8, s. 183-198.
4. Lechwar M., Kuźniar W. (2014), *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii szansą na rozwój biogospodarki*. Studia Ekonomiczne i Regionalne, t.7, nr 4, s. 65-72.
5. Paklikowski R. (2014), *Istota innowacyjności – powstanie nowej nauki i jej definicje*. Blog Innowacje.
6. Schumpeter J.A. (1960), *Teoria rozwoju gospodarczego*. PWN, Warszawa.