



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*



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

## OBTAINING ELECTRIC AND THERMAL ENERGY FROM PROCESSED MUNICIPAL WASTE AND THE STATE OF WASTE MANAGEMENT IN POLAND IN 2015

### POZYSKIWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPLNEJ Z PRZETWARZANYCH ODPADÓW KOMUNALNYCH, A STAN GOSPODARKI ODPADAMI W POLSCE W 2015 ROKU

Patrycja Ozga

University of Agriculture in Kraków/ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Ozga P. (2018), *Obtaining electric and thermal energy from processed municipal waste and the state of waste management in Poland in 2015 / Pozyskiwanie energii elektrycznej i cieplnej z przetwarzanych odpadów komunalnych, a stan gospodarki odpadami w Polsce w 2015 roku*. Economic and Regional Studies, Vol. 11, No. 2, pp. 34-44. <https://doi.org/10.2478/ers-2018-0013>

#### ORIGINAL ARTICLE

JEL code: Q29; Q49; Q50;  
Q53; R11

Submitted:  
November 2018

Accepted:  
January 2018

Tables: 5  
Figures: 1  
References: 11

#### ORYGINALNY ARTYKUŁ NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: Q29;  
Q49; Q50; Q53; R11

Zgłoszony:  
Listopad 2018

Zaakceptowany:  
Styczeń 2018

Tabele: 5  
Rysunki: 1  
Literatura: 11

#### Summary

**Subject and purpose of work:** The purpose of this work is to present the problem of municipal waste management, and its use for the production of electric and thermal energy.

**Materials and methods:** The information used is derived from the CSO publication for 2015 in the scope of the data on municipal waste and electric energy per province. To establish the rankings of provinces, the method of zero unitarisation was applied, whose task is to bring various variables to the state of comparability with different titres and orders of magnitudes; and then the results derived from the two rankings were compared.

**Results:** The rankings of provinces with respect to the state of waste management and obtaining electrical energy in Poland in 2015 were presented. These rankings are characterized by a significant degree of similarity.

**Conclusions:** Regional differentiation in individual Polish provinces in 2015 is relatively moderate.

**Keywords:** electrical energy, municipal waste, waste management, ranking, zero unitarisation method

#### Streszczenie

**Przedmiot i cel pracy:** Celem niniejszej pracy jest ukazanie problemu zagospodarowania odpadów komunalnych, oraz ich wykorzystania do wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej.

**Materiały i metody:** Wykorzystane informacje pochodzą z publikacji GUS na rok 2015 z zakresu danych o odpadach komunalnych i energii elektrycznej dla poszczególnych województw. Do budowy rankingów województw zastosowano metodę unitaryzacji zerowanej, której zadaniem jest sprowadzenie do stanu porównywalności różne zmienne o odmiennych mianach i rzędach wielkości; a następnie porównano wyniki pochodzące z dwóch rankingów.

**Wyniki:** Przedstawiono rankingi województw dotyczące stanu gospodarki odpadami i pozyskiwania energii elektrycznej w Polsce w 2015 roku. Rankingi te charakteryzuje znaczny stopień podobieństwa.

**Wnioski:** Zróżnicowanie regionalne w poszczególnych województwach w Polsce w 2015 roku jest stosunkowo umiarkowane.

**Słowa kluczowe:** energia elektryczna, odpady komunalne, gospodarka odpadami, ranking, metoda unitaryzacji zerowanej

**Address for correspondence/ Adres korespondencyjny:** mgr Patrycja Ozga (ORCID 0000-0001-7957-4549), Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Statystyki i Ekonometrii, al. Adama Mickiewicza 21, 33-332 Kraków, Polska; tel. +48 791 506 669, e-mail: [patrycja.ozga28@gmail.com](mailto:patrycja.ozga28@gmail.com)

**Journal indexed in/ Czasopismo indeksowane w:** AgEcon Search, AGRO, BazEkon, Index Copernicus Journal Master List, ICV 2017: 100,00; Polish Ministry of Science and Higher Education 2016: 9 points/ AgEcon Search, AGRO, BazEkon, Index Copernicus Journal Master List ICV 2017: 100,00; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego 2016: 9 punktów. **Copyright:** © 2018 Pope John Paul II State School of Higher Education in Białą Podlaską, Patrycja Ozga. All articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

## Introduction

The problem of waste always appears where man carries out manufacturing, commercial or service activities. We are increasingly aware that the growing amount of waste is a serious problem; it is a threat not only to the environment, but also to our life and health. Waste generation harms the whole environment (air, soil, ground and surface water) which may become contaminated. The largest source of municipal waste invariably the inhabited areas, for which the most important route of waste disposal should be the system of proper waste management (namely: collection, removal, disposal, and then segregation and recovery) (Leboda 2002). This problem is very common and occurs not only in Poland. Countries with greater ecological awareness allocate a significant part of waste to be reused. They belong to the group of highly developed countries, which is the reason why they are able to cope well with waste by subjecting it to conversion processes, in order to draw benefits therefrom.

A key element of this work is to show the possibility of obtaining electrical energy from municipal waste. There are several ways of energy production; we distinguish, in particular, energy recycling, where as a result of combustion we partially recover the energy that was previously used for the manufacture of products removed after their being used up to a landfill (including packaging). Another solution is to generate electrical energy and heat from biogas, which is a renewable source of energy generated by decomposing organic matter under anaerobic conditions. The amount of energy produced in this way depends on the amount of methane contained in biogas. Currently in Poland more and more installations are being established with gas neutralisation through combustion with the recovery of electricity as well as heat. It is possible to process biogas in a combined heat and power plant in three different ways, and obtain as a result: only heat, heat + electricity or biomethane.

Both the state of the Polish economy and obtaining electrical energy from recycled municipal waste is characterized by significant differentiation occurring between provinces. Therefore, the aim of this work is to indicate the regional differences in 2015 in the fields of:

- obtaining electrical energy from municipal waste treatment,
- state of waste management.

The state of waste management and energy production from municipal waste has been presented as a complex phenomenon and is thus described by several variables.

The main research hypothesis is the statement that obtaining energy as a result of municipal waste treatment is as important as the state of waste management. By making appropriate transformations of diagnostic variables describing the complex studied phenomena, synthetic variables can be obtained, which will allow for building rankings of provinces.

At the end, an inter-ranking comparison was made, which to a certain degree precisely defines the differences and similarities between the examined rankings.

## Wstęp

Problem odpadów pojawia się zawsze tam, gdzie człowiek prowadzi swoją działalność produkcyjną, handlową czy też usługową. Coraz częściej dociera do naszej świadomości fakt, że rosnąca ilość odpadów stanowi poważny problem, jest zagrożeniem nie tylko dla środowiska ale i dla naszego życia i zdrowia. Powstające odpady szkodzą całemu środowisku (powietrze, gleba, wody gruntowe i powierzchniowe), które mogą zostać skażone. Największym źródłem odpadów komunalnych są niezmiennie obszary zamieszkałe, dla których najważniejszym punktem pozbycia się zanieczyszczeń powinien być system prawidłowej gospodarki odpadami (mianowicie: gromadzenie, usuwanie, unieszkodliwianie, a następnie segregacja i odzysk) (Leboda 2002). Problem ten jest bardzo powszechny i występuje nie tylko w Polsce. Kraje z większą świadomością ekologiczną znaczną część odpadów przekazują do ponownego wykorzystania. Należą one do grupy krajów wysokorozwiniętych dlatego potrafią sobie dobrze radzić z odpadami poprzez poddawanie ich procesom konwersji, by w ten sposób czerpać z tego korzyści.

Istotnym elementem niniejszej pracy jest ukazanie możliwości pozyskiwania energii elektrycznej z odpadów komunalnych. Istnieje kilka sposobów pozyskiwania energii, wyróżniamy między innymi recykling energetyczny, gdzie w efekcie spalania odzyskujemy częściowo energię, która wcześniej została zużyta na wytworzenie wyrobów, usuniętych po zużyciu na wysypisko (zaliczamy tutaj także opakowania). Kolejnym rozwiązaniem jest wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej z biogazu, który jest odnawialnym źródłem energii powstającym w trakcie rozkładu materii organicznej w warunkach beztlenowych. Ilość wytworzonej w ten sposób energii jest uzależniona od ilości zawartego metanu w biogazie. Obecnie w Polsce powstaje coraz więcej instalacji z gazem unieszkodliwionym przez spalanie z odzyskiem energii elektrycznej, a także ciepłej. Istnieje możliwość przetworzenia biogazu w elektrociepłowni na trzy różne sposoby, a w efekcie można uzyskać: tylko ciepło, ciepło + prąd elektryczny, bądź biometan.

Zarówno stan gospodarki w Polsce jak i pozyskiwanie energii elektrycznej z przetwarzanych odpadów komunalnych charakteryzuje się sporymi różnicowaniami występującymi między województwami. Dlatego też celem niniejszej pracy jest wskazanie regionalnych różnic w 2015 roku w obrębie:

- pozyskiwania energii elektrycznej z przetwarzania odpadów komunalnych,
- stanu gospodarki odpadami.

Stan gospodarki odpadami i pozyskiwanie energii z odpadów komunalnych został przedstawiony jako zjawisko złożone, zatem jest opisany przez kilka zmiennych.

Główną hipotezą badawczą, jest stwierdzenie, że pozyskiwanie energii w wyniku przetwarzania odpadów komunalnych, jest równie istotne jak stan gospodarki odpadami. Poprzez dokonanie odpowiednich przekształceń zmiennych diagnostycznych opisujących badane zjawiska złożone, można otrzymać zmienne syntetyczne, które pozwolą zbudować rankingi województw.

Na zakończenie dokonano porównania międzyrankingowego, które w miarę precyzyjny sposób określa różnice ale i podobieństwa występujące między badanymi rankingami.

## The applied research method

The zero unitarisation method (MUZ) is a simple way of standardising diagnostic features. When assessing a complex phenomenon, namely obtaining electrical energy as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015, first of all the diagnostic variables that characterize this phenomenon should be selected. The next step is to standardize the selected diagnostic features to deprive them of their titres, and to reduce them to a similar order of magnitude.

The selected variables describing a complex phenomenon in  $r$  objects (that is provinces), form a matrix  $X$ :

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1s} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{r1} & x_{r2} & \dots & x_{rs} \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, r) \\ (j = 1, \dots, s) \end{matrix}$$

where  $x_{ij}$  defines the realisation of the variable  $x_{ij}$  in  $i$ -th object.

In the whole research process investigating a complex phenomenon, making the right choice is crucial, that is determining the set of diagnostic variables. The variables adopted for the analysis should meet the formal and the substantive criteria.

The diagnostic variables being the stimulants are standardised according to the formula (Kukuła 2000, p. 79):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$$

However, the variables qualified as destimulant are standardized according to the formula:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$$

Both for the stimulant and the destimulant the standardisation meets the condition:

$$z_{ij} \in [0,1]$$

After transforming the matrix composed of the diagnostic variables into a matrix composed of standardized variables, we obtained:

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1s} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{r1} & z_{r2} & \dots & z_{rs} \end{bmatrix}$$

Knowing the values of the matrix elements  $Z$  one can determine the values of a synthetic variable which characterizes every object (being a province here) due to the level of the the complex phenomenon considered:

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

The determined synthetic variable values were written in the form of a vector:

## Zastosowana metoda badawcza

Metoda unitaryzacji zerowanej (MUZ) stanowi prosty sposób normowania cech diagnostycznych. Oceniając zjawisko złożone, a mianowicie pozyskiwanie energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku, powinno się w pierwszej kolejności dokonać selekcji zmiennych diagnostycznych, charakteryzujących to zjawisko. Kolejnym krokiem jest normowanie wybranych cech diagnostycznych w celu pozbawienia ich mian, a także sprowadzenie do zbliżonego rzędu wielkości.

Wybrane zmienne opisujące złożone zjawisko w  $r$  obiektach (czyli województwach), tworzą macierz  $X$ :

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1s} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{r1} & x_{r2} & \dots & x_{rs} \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, r) \\ (j = 1, \dots, s) \end{matrix}$$

gdzie  $x_{ij}$  oznacza realizację zmiennej  $x_{ij}$  w  $i$ -tym obiekcie.

Bardzo istotne w całym procesie badawczym złożonego zjawiska, jest właściwy wybór czyli ustalenie zbioru zmiennych diagnostycznych. Przyjęte zmienne do analizy powinny spełniać kryteria formalne i merytoryczne.

Zmienne diagnostyczne będące stymulantami są normowane według formuły (Kukuła 2000, str. 79):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$$

Natomiast zmienne zaliczane do destymulant są normowane według wzoru:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}$$

Zarówno dla stymulant jak i destymulant unormowania spełniają warunek:

$$z_{ij} \in [0,1]$$

Po dokonaniu transformacji macierzy złożonej ze zmiennych diagnostycznych w macierz złożoną ze zmiennych unormowanych, otrzymano:

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1s} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{r1} & z_{r2} & \dots & z_{rs} \end{bmatrix}$$

Znając wartości elementów macierzy  $Z$  można wyznaczyć wartości zmiennej syntetycznej, które charakteryzują każdy obiekt (tu województwo) ze względu na poziom rozpatrywanego zjawiska złożonego:

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

Wyznaczone wartości zmiennej syntetycznej zapisano w postaci wektora:

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_r \end{bmatrix}$$

The synthetic variables  $Q$  represent the starting point in the construction of the ranking of objects due to the state of the studied complex phenomenon. The ranking consists of objects arranged in a non-increasing order according to the value of the synthetic variable  $Q_i$ . Then, the objects are divided into a specified number of groups. Taking into account the number of objects (here 16 provinces), we divide the whole set into three groups, and for this purpose one must sequentially (Kukuła 2016):

1) determine the span of a synthetic variable:

$$R(Q_i) = \max_i Q_i - \min_i Q_i$$

2) set the division parameter  $k$ :

$$k = \frac{1}{3} R(Q_i)$$

3) and then apply the division procedure:

- Group I - high level of the complex phenomenon

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i]$$

- Group II - average level of the complex phenomenon

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 2k, \max_i Q_i - k]$$

- Group III - low level of the complex phenomenon

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 3k, \max_i Q_i - 2k]$$

If there are more than one ranking in the study (their number has been marked with the symbol  $(v)$ ) inter-ranking comparisons can be used. Rankings subjected to the comparison are marked with numbers  $p$  and  $q$  where  $(p, q = 1, \dots, v)$ . Similarity of the ranking  $p$  to the ranking  $q$ , can be assessed using a measure  $m_{pq}$  (Kukuła 1986):

$$m_{pq} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^r |d_{i(pq)}|}{r^2 - z}, \quad \left( \begin{matrix} i = 1, \dots, r \\ p, q = 1, \dots, v \end{matrix} \right)$$

where:

$$d_{i(pq)} = c_{ip} - c_{iq}$$

and:

$$z = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r \in P \\ 1 & \text{gdy } r \notin P \end{cases}$$

whereby:

$c_{ip}$  - the position of  $i$ -th object in the ranking with the number  $p$ ,

$c_{iq}$  - the position of  $i$ -th object in the ranking with the number  $q$ ,

$P$  - set of even natural numbers,

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_r \end{bmatrix}$$

Zmienne syntetyczne  $Q$  stanowią punkt wyjścia w budowie rankingu obiektów ze względu na stan badanego zjawiska złożonego. Ranking złożony jest z obiektów uporządkowanych nierosnąco według wartości zmiennej syntetycznej  $Q_i$ . Następnie dokonuje się podziału obiektów na określoną liczbę grup. Biorąc pod uwagę liczebność obiektów (tutaj 16 województw) dzielimy całość na trzy grupy, a w tym celu należy kolejno (Kukuła 2016):

1) wyznaczyć rozstęp zmiennej syntetycznej:

$$R(Q_i) = \max_i Q_i - \min_i Q_i$$

2) wyznaczyć parametr podziału  $k$ :

$$k = \frac{1}{3} R(Q_i)$$

3) a następnie zastosować procedurę podziału:

- I grupa – wysoki poziom zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i]$$

- II grupa – przeciętny poziom zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 2k, \max_i Q_i - k]$$

- III grupa – niski poziom zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 3k, \max_i Q_i - 2k]$$

W przypadku, gdy w badaniu uwzględniono więcej niż jeden ranking (ich liczbę oznaczono symbolem  $(v)$ ) można zastosować porównania międzyrankingowe. Rankingi poddane porównaniu oznaczono numerami  $p$  oraz  $q$ , gdzie  $(p, q = 1, \dots, v)$ . Podobieństwo rankingu  $p$  do rankingu  $q$ , można ocenić za pomocą miary  $m_{pq}$  [Kukuła 1986]:

$$m_{pq} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^r |d_{i(pq)}|}{r^2 - z}, \quad \left( \begin{matrix} i = 1, \dots, r \\ p, q = 1, \dots, v \end{matrix} \right)$$

$$d_{i(pq)} \stackrel{\text{gdzie:}}{=} c_{ip} - c_{iq}$$

oraz:

$$z = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r \in P \\ 1 & \text{gdy } r \notin P \end{cases}$$

przy czym:

$c_{ip}$  – pozycja  $i$ -tego obiektu w rankingu o numerze  $p$ ,

$c_{iq}$  – pozycja  $i$ -tego obiektu w rankingu o numerze  $q$ ,

$P$  – zbiór liczb naturalnych parzystych,

The values of the measures  $m_{pq}$  form the matrix  $M$ :

$$M = [m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & m_{13} & \dots & m_{1v} \\ \dots & 1 & m_{23} & \dots & m_{2v} \\ & & \dots & \dots & \dots \\ & & & 1 & \dots \\ & & & & 1 \end{bmatrix}_{(vxv)}$$

The matrix shown above is square and symmetric because:

$$m_{pq} = m_{qp} \quad \text{dla} \quad p \neq q$$

$$\text{and: } m_{pq} = 1 \quad \text{dla} \quad p = q$$

### Selection of diagnostic variables

By way of elimination, a selection of diagnostic variables describing the acquisition of electricity as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015 was made, namely:

$X_1$  – municipal waste collected according to the method of development and per province, intended for composting or fermentation in kg/inhabitant,

$X_2$  – municipal waste collected according to the method of development and per province, intended for conversion into heat in kg/inhabitant,

$X_3$  – municipal waste collected according to the method of development and per province, intended for recycling in kg/inhabitant,

$X_4$  – number of installations with gas neutralisation through combustion with energy recovery per 100,000 people,

$X_5$  – the amount of thermal energy produced in GJ/1000 inhabitants, by landfills hosting gas installations intended for energy recovery,

$X_6$  – the amount of electricity produced in MWh/1000 inhabitants, by landfills hosting gas installations intended for energy recovery,

$X_7$  – municipal waste collected selectively per province in t/100 inhabitants.

To select diagnostic variables, the following were taken into account:

- the most useful factual variables that will be necessary to make an accurate assessment of the level of obtaining electricity from processed municipal waste,
- the degree of the variability of qualified features required for the set of diagnostic variables is determined by the following demands:

$$[I(X_j) > 2], \text{ where } I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}}, \min_i x_{ij} > 0$$

$$\text{and } V(X_j) > 0,1, \text{ where } V(X_j) = \frac{s(x_j)}{\bar{x}_j}, \bar{x}_j > 0$$

Wartości miar  $m_{pq}$  tworzą macierz  $M$ :

$$M = [m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & m_{13} & \dots & m_{1v} \\ \dots & 1 & m_{23} & \dots & m_{2v} \\ & & \dots & \dots & \dots \\ & & & 1 & \dots \\ & & & & 1 \end{bmatrix}_{(vxv)}$$

Wyżej przedstawiona macierz jest kwadratowa i symetryczna ponieważ:

$$m_{pq} = m_{qp} \quad \text{dla} \quad p \neq q$$

$$\text{oraz: } m_{pq} = 1 \quad \text{dla} \quad p = q$$

### Wybór zmiennych diagnostycznych

Drogą eliminacji dokonano wyboru zmiennych diagnostycznych opisujących pozyskiwanie energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku, a mianowicie:

$X_1$  – odpady komunalne zebrane według sposobu zagospodarowania i województw przeznaczone do kompostowania lub fermentacji w kg/mieszkańca,

$X_2$  – odpady komunalne zebrane według sposobu zagospodarowania i województw przeznaczone do przekształcenia termicznego w kg/mieszkańca,

$X_3$  – odpady komunalne zebrane według sposobu zagospodarowania i województw przeznaczone do recyklingu w kg/mieszkańca,

$X_4$  – liczba instalacji z gazem unieszkodliwionym przez spalanie z odzyskiem energii elektrycznej na 100 000 osób,

$X_5$  – ilość wyprodukowanej energii cieplnej w GJ/1000 mieszkańców, przez składowiska na których są instalacje z gazem przeznaczone do odzysku energii,

$X_6$  – ilość wyprodukowanej energii elektrycznej w MWh/1000 mieszkańców, przez składowiska na których są instalacje z gazem przeznaczone do odzysku energii,

$X_7$  – odpady komunalne zebrane selektywnie według województw w t/100 mieszkańców.

Aby dokonać wyboru zmiennych diagnostycznych wzięto pod uwagę:

- najbardziej przydatne merytorycznie zmienne, jakie będą niezbędne do dokonania trafnej oceny poziomu pozyskiwania energii elektrycznej z przetwarzania odpadów komunalnych,
- stopień zmienności cech kwalifikowanych potrzebnych do zbioru zmiennych diagnostycznych określają poniższe postulaty:

$$[I(X_j) > 2], \text{ gdzie } I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}}, \min_i x_{ij} > 0$$

$$\text{oraz } V(X_j) > 0,1, \text{ gdzie } V(X_j) = \frac{s(x_j)}{\bar{x}_j}, \bar{x}_j > 0$$

**Table 1.** Diagnostic variables describing the acquisition of electricity as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015**Tabela 1.** Zmienne diagnostyczne opisujące pozyskiwanie energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku

No.	Province/Województwo	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
1	Lower Silesian/ dolnośląskie	46	43	87	0.172	0.000	2.689	6.873
2	Kuyavian-Pomeranian/ kujawsko-pomorskie	47	25	70	0.287	0.601	2.237	6.124
3	Lublin/ lubelskie	34	37	40	0.047	0.000	1.088	6.060
4	Lubusz/ lubuskie	43	21	88	0.294	0.000	4.200	6.145
5	Łódź/ łódzkie	54	24	80	0.160	0.000	7.988	7.192
6	Lesser Poland/ małopolskie	32	67	52	0.148	1.807	3.274	5.647
7	Mazovian/ mazowieckie	31	71	84	0.225	2.227	3.498	7.783
8	Opole/ opolskie	38	18	77	0.200	0.006	2.214	7.803
9	Subcarpathian/ podkarpackie	37	42	37	0.094	0.000	2.743	4.607
10	Podlasie/ podlaskie	32	41	88	0.084	0.000	1.560	4.455
11	Pomeranian/ pomorskie	61	34	82	0.217	11.822	6.120	6.798
12	Silesian/ śląskie	64	5	102	0.240	4.937	5.061	10.175
13	Świętokrzyskie/ świętokrzyskie	18	10	40	0.079	0.000	0.280	4.354
14	Warmian-Masurian/ warmińsko-mazurskie	53	32	60	0.069	1.408	0.327	3.767
15	Greater Poland/ wielkopolskie	57	28	94	0.144	0.314	2.522	5.682
16	West Pomeranian/ zachodnio-pomorskie	61	48	53	0.291	1.088	4.574	6.698
$I(X_j)$		3.556	14.200	2.757	6.255	* 1970.333	28.529	2.701

\* Due to the fact that it cannot be divided by 0, we take the minimum of the remaining values, omitting 0.

Source: Author's own calculations using data from *Environmental protection - Environment 2016*, CSO Warszawa.

\*W związku z tym, iż nie można dzielić przez 0, bierzemy minimum z pozostałych wartości z pominięciem 0.

Źródło: Obliczenia własne z wykorzystaniem danych z *Ochrona środowiska – Environment 2016*, GUS Warszawa.**Table 2.** Standardised values of diagnostic variables which describe the acquisition of electricity as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015**Tabela 2.** Unormowane wartości zmiennych diagnostycznych, które opisują pozyskiwanie energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku

No.	Province/Województwo	$Z_1$	$Z_1$	$Z_1$	$Z_1$	$Z_1$	$Z_1$	$Z_1$	$q_1$	$Q_1$
1	Lower Silesian/ dolnośląskie	0.609	0.576	0.769	0.506	0.000	0.313	0.485	3.258	0.465
2	Kuyavian-Pomeranian/ kujawsko-pomorskie	0.630	0.303	0.508	0.972	0.050	0.254	0.368	3.085	0.441
3	Lublin/ lubelskie	0.348	0.485	0.046	0.000	0.000	0.105	0.046	1.030	0.147
4	Lubusz/ lubuskie	0.543	0.242	0.785	1.000	0.000	0.509	0.371	3.450	0.493
5	Łódź/ łódzkie	0.783	0.288	0.662	0.458	0.000	1.000	0.534	3.725	0.532
6	Lesser Poland/ małopolskie	0.304	0.939	0.231	0.409	0.152	0.388	0.293	2.716	0.388
7	Mazovian/ mazowieckie	0.283	1.000	0.723	0.721	0.188	0.418	0.627	3.960	0.566
8	Opole/ opolskie	0.435	0.197	0.615	0.619	0.000	0.251	0.630	2.747	0.392
9	Subcarpathian/ podkarpackie	0.413	0.561	0.000	0.190	0.000	0.320	0.131	1.615	0.231
10	Podlasie/ podlaskie	0.304	0.545	0.785	0.150	0.000	0.166	0.107	2.057	0.294
11	Pomeranian/ pomorskie	0.935	0.439	0.692	0.688	1.000	0.758	0.473	4.985	0.712
12	Silesian/ śląskie	1.000	0.000	1.000	0.781	0.417	0.620	1.000	4.818	0.688
13	Świętokrzyskie/ świętokrzyskie	0.000	0.076	0.046	0.130	0.000	0.000	0.092	0.344	0.049
14	Warmian-Masurian/ warmińsko-mazurskie	0.761	0.409	0.354	0.089	0.119	0.006	0.000	1.738	0.248
15	Greater Poland/ wielkopolskie	0.848	0.348	0.877	0.393	0.026	0.291	0.299	3.082	0.440
16	West Pomeranian/ zachodnio-pomorskie	0.935	0.652	0.246	0.988	0.092	0.557	0.457	3.927	0.561

Source: Author's own calculations based on Table 1.

Źródło: Obliczenia własne na podstawie tabeli 1.

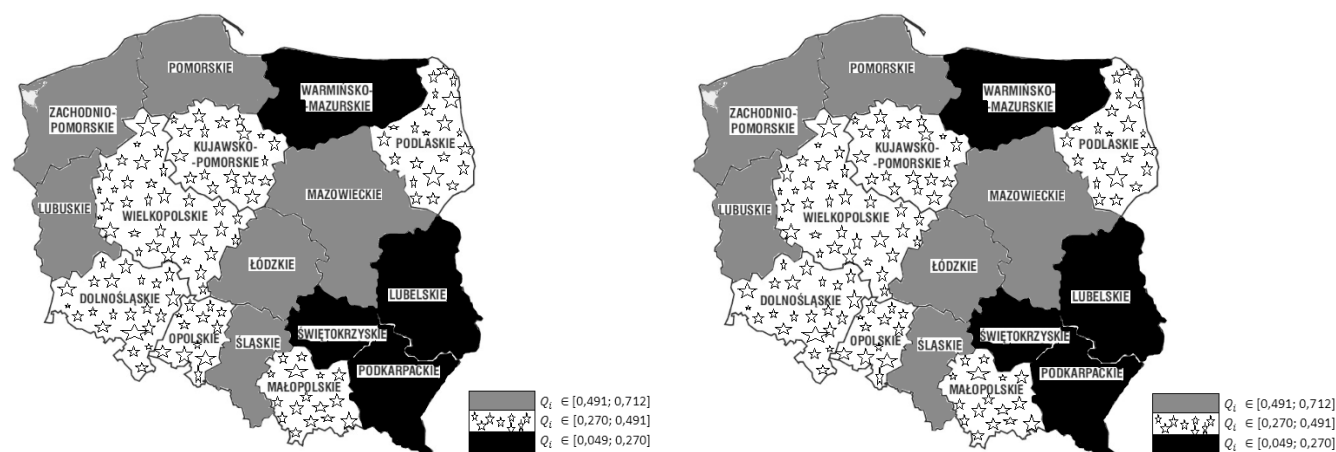
**Table 3.** Ranking of provinces including methods of obtaining electricity as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015

**Tabela 3.** Ranking województw z uwzględnieniem sposobów pozyskiwania energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku

Position in the ranking/Pozycja w rankingu	Province/ Województwo	$Q_1$	Groups/ Grupy
1	Pomeranian/ pomorskie	0.712	I (6 provinces) I (6 województw)
2	Silesian/ śląskie	0.688	
3	Mazovian/ mazowieckie	0.566	
4	West Pomerania/ zachodnio-pomorskie	0.561	
5	Łódź/ łódzkie	0.532	
6	Lubusz/ lubuskie	0.493	
7	Lower Silesian/ dolnośląskie	0.465	II (6 provinces) II (6 województw)
8	Kuyavian-Pomeranian/ kujawsko-pomorskie	0.441	
9	Greater Poland/ wielkopolskie	0.440	
10	Opole/ opolskie	0.392	
11	Lesser Poland/ małopolskie	0.388	
12	Podlasie/ podlaskie	0.294	
13	Warmian-Masurian/ warmińsko-mazurskie	0.248	III (4 provinces) III (4 województwa)
14	Subcarpathian/ podkarpackie	0.231	
15	Lublin/ lubelskie	0.147	
16	Świętokrzyskie/ świętokrzyskie	0.049	
$I(Q_i)$	14.531		

Source: Author's own elaboration based on data from Table 2.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z tabeli 2.



**Figure 1.** Provinces according to the amount of electricity obtained as a result of processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015

Source: Author's own elaboration based on data from Table 3.

Spatial analysis of waste management includes features selected for the collection of diagnostic variables, such as: mixed municipal waste collected and disposed of in kg per inhabitant; recycling of plastic packaging waste in thousands of tonnes; number of controlled landfills with municipal waste; number of landfills on which municipal waste is stored with degassing installations; number of landfills with degassing installations with electric energy recovery; recycling of packaging waste containing glass, as well as packaging waste containing paper and cardboard in thousands of tonnes; amount of municipal waste collected and segregated in thousand of tonnes. As a result, the ranking of provinces presented below and taking into account projects related to rational waste management, was obtained.

**Rysunek 1.** Województwa według ilości pozyskiwanej energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z tabeli 3.

W analizie przestrzennej gospodarki odpadami ujęto cechy wytypowane do zbioru zmiennych diagnostycznych, takich, jak: zmieszane odpady komunalne zgromadzone i unieszkodliwione w kg na mieszkańca; recykling odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych w tys. ton; liczba składowisk kontrolowanych z odpadami komunalnymi; liczba składowisk na których składowane są odpady komunalne z instalacjami odgazowywania; liczba składowisk z instalacjami odgazowywania z odzyskiem energii elektrycznej; recykling odpadów opakowaniowych ze szkła gospodarczego, a także odpadów opakowaniowych z papieru i tektury w tys. ton; wielkość odpadów komunalnych zebranych i wyselekcjonowanych w tys. ton. W rezultacie otrzymano poniżej przedstawiony ranking województw, biorący pod uwagę przedsięwzięcia związane z racjonalnym gospodarowaniem odpadami.

**Table 4.** Ranking of provinces with regard to the state of waste management in 2015**Tabela 4.** Ranking województw z uwzględnieniem stanu gospodarki odpadami w 2015 roku

Position in the ranking/Pozycja w rankingu	Province/ Województwo	$Q_i$	Groups/ Grupy
1.	Mazovian/ mazowieckie	0.781	I (1 province) I (1 woj.)
2.	Silesian/ Śląskie	0.480	II (3 provinces) II (3 woj.)
3.	Lesser Poland/ Małopolskie	0.401	
4.	Lower Silesian/ Dolnośląskie	0.382	
5.	West Pomerania/ Zachodnio-pomorskie	0.327	III (8 provinces) III (8 woj.)
6.	Kuyavian-Pomeranian/ Kujawsko-pomorskie	0.317	
7.	Greater Poland/ Wielkopolskie	0.308	
8.	Opole/ Opolskie	0.280	
9.	Pomeranian/ Pomorskie	0.268	
10.	Łódź/ Łódzkie	0.256	
11.	Lubusz/ Lubuskie	0.206	
12.	Lublin/ Lubelskie	0.204	
13.	Subcarpathian/ Podkarpackie	0.191	IV (4 provinces) IV (4 woj.)
14.	Świętokrzyskie/ Świętokrzyskie	0.148	
15.	Warmian-Masurian/ Warmińsko-mazurskie	0.064	
16.	Podlasie/ Podlaskie	0.063	
<b><math>I(Q_i)</math></b>	<b>12.397</b>		

Source: Author's own calculations (Ozga 2017).

Źródło: obliczenia własne (Ozga 2017).

**Table 5.** An ordered rank table with two consecutively presented order systems**Tabela 5.** Uporządkowana tabela rang z dwóch kolejno przedstawionych układów porządkowych

No./ Lp.	Province/ Województwo	The position of the province in the ranking/ Pozycja województwa w rankingu	
		1	2
1	Lower Silesian/ Dolnośląskie	7	4
2	Kuyavian-Pomeranian/ Kujawsko-pomorskie	8	6
3	Lublin/ Lubelskie	15	12
4	Lubusz/ Lubuskie	6	11
5	Łódź/ Łódzkie	5	10
6	Lesser Poland/ Małopolskie	11	3
7	Mazovian/ Mazowieckie	3	1
8	Opole/ Opolskie	10	8
9	Subcarpathian/ Podkarpackie	14	13
10	Podlasie/ Podlaskie	12	16
11	Pomeranian/ Pomorskie	1	9
12	Silesian/ Śląskie	2	2
13	Świętokrzyskie/ Świętokrzyskie	16	14
14	Warmian-Masurian/ Warmińsko-mazurskie	13	15
15	Greater Poland/ Wielkopolskie	9	7
16	West Pomeranian/ Zachodniopomorskie	4	5

Source: Author's own elaboration based on tables 4 and 5.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4 i 5.

### Interpretation of the research results

To arrive at the analysis of the amount of electricity obtained as a result of processing municipal waste into renewable energy in individual provinces, we take into account the features selected for the set of diagnostic variables (here 7 variables). The results from the conducted procedure include: Table 2 and Table 3 (partial results), and in the next Table 3 a ranking of provinces was obtained, taking into account the method and amount of electricity obtained as a result of processing municipal waste into renewable energy.

### Interpretacja wyników badań

Do analizy ilości pozyskiwanej energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w poszczególnych województwach, bierzemy pod uwagę cechy wytypowane do zbioru zmiennych diagnostycznych (tutaj 7 zmiennych). Wyniki z przeprowadzonej procedury zawierają: tabela 2 i tabela 3 (wyniki cząstkowe), a w kolejnej tabeli 3 otrzymano ranking województw z uwzględnieniem sposobu i ilości otrzymywanej energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną.

Analysing the spatial distribution with respect to the electricity obtained from processing municipal waste into renewable energy in Poland in 2015, we note that the distribution between groups is balanced. Group I consists of 6 provinces and these are provinces that produce the most electricity from municipal waste. Consecutively, these include: Pomeranian, Silesian, Mazovian, West Pomeranian, Łódź and Lubusz provinces. The second group, which groups average provinces in terms of electricity production, also includes six provinces: Lower Silesian, Kuyavian-Pomeranian, Greater Poland, Opole, Lesser Poland and Podlasie. The last, third group contains provinces with the lowest potential for electricity production from municipal waste. It is the smallest group and contains the provinces: Warmian-Mazurian, Subcarpathian, Lublin and Świętokrzyskie. Świętokrzyskie Province is the worst, compared to the entire country, as it processes the smallest amount of municipal waste into electricity. However, the object that contributes the most to obtaining electricity is the Pomerania Province, as it exceeds the Świętokrzyskie Province over 14.5 times, with the latter province coming last in the ranking concerning the acquisition of electricity from municipal waste. This shows a very high variation in the values of the synthetic variable  $I(Q_i) = 14,531$ .

In order to implement spatial analysis of waste management in individual provinces, their ranking is presented in Table 4. In the discussed ranking, the Mazovian Province is the leading one, with the value of the synthetic variable lagging behind the other variables, as it is almost twice as high as Silesian Province, being the second highest in the ranking. The province starts a separate group II, while the procedure for the division of the remaining 15 provinces remains unchanged. Such figures lead to dividing the group IV into subunits, and not into three as it was originally planned. Group II is formed by the provinces with a high level of the studied phenomenon. It consists of only three provinces and these are sequentially: Silesian, Lesser Poland and Lower Silesian. Group III, which numbers as many as 8 provinces: West Pomeranian, Kuyavian-Pomeranian, Greater Poland, Opole, Pomeranian, Łódź, Lubusz and Lublin, which belong to provinces with an average state of waste management. Group IV is moderately large, containing provinces with a low level of waste management, namely Subcarpathian, Świętokrzyskie, Warmian-Mazurian and Podlasie. In this ranking, we note very high variation in the values of the synthetic variable  $I(Q_i) = 12,397$ . This is equivalent to the fact that the Mazovian Province is ranked 12 times higher than Podlasie Province, which comes last in the assessment of the state of waste management in Poland in 2015.

The rankings of provinces have been arranged in the sequence of the analysis. To make an inter-ranking comparison, we use Table 5, and then fill the matrix to get:

$$[m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & 0,616 \\ & 1 \end{bmatrix}, \quad (p, q = 1, 2)$$

Analizując przestrzenny rozkład dotyczący pozyskiwanej energii elektrycznej w efekcie przetwarzania odpadów komunalnych na energię odnawialną w Polsce w 2015 roku, zauważamy że rozkład między grupami jest wyrównany. Grupę I stanowi 6 województw i są to województwa, które produkują najwięcej energii elektrycznej z odpadów komunalnych. Kolejno należą do nich: województwo: pomorskie, śląskie, mazowieckie, zachodnio-pomorskie, łódzkie i lubuskie. Do II grupy, w której znajdują się województwa przeciętne pod względem produkcji energii elektrycznej, również należy 6 województw: dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, opolskie, małopolskie i podlaskie. Ostatnia III grupa, to województwa o najniższym potencjale produkcji energii elektrycznej z odpadów komunalnych. Jest to najmniej liczebna grupa i należy do niej województwo: warmińsko-mazurskie, podkarpackie, lubelskie i świętokrzyskie. Województwo świętokrzyskie wypada najgorzej na tle całego kraju, gdyż przetwarza najmniejszą liczbę odpadów komunalnych na energię elektryczną. Natomiast obiektem, który w największym stopniu przyczynia się do pozyskiwania energii elektrycznej jest województwo pomorskie, zatem przewyższa ono ponad 14,5 krotnie województwo świętokrzyskie, które zajmuje ostatnią lokatę w rankingu dotyczącym pozyskiwania energii elektrycznej z odpadów komunalnych. Jest to bardzo wysokie zróżnicowanie w wartościach zmiennej syntetycznej  $I(Q_i) = 14,531$ .

Celem zrealizowania analizy przestrzennej gospodarki odpadami w poszczególnych województwach zbudowano ich ranking przedstawiony w tabeli 4. W omawianym rankingu na prowadzenie wysuwa się województwo mazowieckie, którego wartość zmiennej syntetycznej odstaje od pozostałych zmiennych, gdyż stanowi wielkość prawie dwukrotnie wyższą od znajdującego się na drugim miejscu w rankingu województwa śląskiego. Województwo to rozpoczyna odrębną II grupę, zaś procedura podziału pozostałych 15-tu województw pozostaje niezmienna. Takie postępowanie prowadzi do otrzymania IV grup podziału, a nie trzech jak to zostało pierwotnie założone. Grupa II, to województwa o wysokim poziomie badanego zjawiska. Tworzą ją zaledwie trzy województwa i są to kolejno: śląskie, małopolskie i dolnośląskie. Grupa III, gdzie znajduje się aż 8 województw: zachodnio-pomorskie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, opolskie, pomorskie, łódzkie, lubuskie i lubelskie, które zaliczane są do województw o przeciętnym stanie gospodarki odpadami. Umiarkowanie liczna jest grupa IV, w której znajdują się województwa o niskim poziomie prowadzenia gospodarki odpadami, a mianowicie: podkarpackie, świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie i podlaskie. Odnotowujemy w tym rankingu bardzo wysokie zróżnicowanie w wartościach zmiennej syntetycznej  $I(Q_i) = 12,397$ . Jest to równoznaczne z tym, że województwo mazowieckie przeważa w rankingu ponad 12-krotnie nad województwem podlaskim, które znajduje się na ostatnim miejscu w ocenie stanu gospodarki odpadami w Polsce w 2015 roku.

Rankingi województw zostały tutaj ułożone w kolejności prowadzonej analizy. Aby dokonać porównania międzyrankingowego, wykorzystujemy do tego tabelę 5, a następnie wypełniamy macierz i otrzymujemy:

$$[m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & 0,616 \\ & 1 \end{bmatrix}, \quad (p, q = 1, 2)$$

Insight into the matrix  $[m_{pq}]$  allows us to state that the presented rankings show a clear similarity to each other ( $m_{12}=0,616$ ). It should be emphasized that the demonstrated similarity is significant, although not as high as expected.

### Summary and conclusions

Concluding the considerations regarding the acquisition of electricity from municipal waste, as well as the state of waste management, several perceptions and reflections of general nature arise:

1. The method used in the presented research is the most useful tool in showing regional differences with regard to obtaining electricity from municipal waste and the state of waste management. The zero unitarisation (MUZ) method is one of many methods for standardising diagnostic variables. In a similar fashion to other methods of standardisation, its task is to reduce the comparability of various variables with different titres. It is worth emphasizing that this method evaluates all variables in a linear manner. Therefore, it allows us to receive a multi-criterion assessment of objects, and thus allows us to make comparisons between objects (in this case, it applies to provinces).
2. The province which is the best in waste management is Mazovian Province, whose evaluation is an outlier that stands out from the rest. Below in the ranking are: Silesian, Lesser Poland and Lower Silesian provinces (see table 4).
3. It may be significant that the Pomeranian Province, which is the largest producer of electricity from municipal waste, belongs to the second group with an average state of waste management. This result should be assessed as a negative discrepancy.
4. Silesian Province, as the only one in both rankings, ranks in the second position, which proves that a high level of waste management goes hand in hand with the amount of acquired electricity. This is the most positive dependence. A similar situation takes place in the case of West Pomeranian Province, which is also in a similar position in the discussed rankings.
5. The consequence of the conducted research is the conclusion that the regional differentiation regarding the amount of electricity generated from municipal waste in particular provinces in Poland in 2015 is relatively high. This is evidenced by the result indicating that the Pomeranian Province exceeds more than 14.5 times Świętokrzyskie Province, which occupies the last place in the ranking (see Table 3).
6. The degree of similarity between the presented rankings is quite high, but not as high as expected. This means that the ranking according to the size of electricity production shows similarity with the ranking according to waste management ( $m_{12}=0,616$ ) in a moderate degree.

Wgląd w macierz  $[m_{pq}]$  upoważnia do stwierdzenia, że przedstawione rankingi wykazują względem siebie wyraźne podobieństwo ( $m_{12}=0,616$ ). Należy podkreślić, że wykazane podobieństwo jest istotne, aczkolwiek nie najwyższe jak należało tego oczekiwać.

### Podsumowanie i wnioski

Kończąc rozważania dotyczące pozyskiwania energii elektrycznej z odpadów komunalnych, a także stanu gospodarki odpadami, nasuwa się kilka spostrzeżeń i refleksji natury ogólnej:

1. Metoda wykorzystana w przedstawionych badaniach jest narzędziem najbardziej przydatnym do ukazania regionalnych różnic w zakresie pozyskiwania energii elektrycznej z odpadów komunalnych a stanem gospodarki odpadami. Metoda unitaryzacji zerowanej (MUZ), to jedna z wielu metod normowania zmiennych diagnostycznych. Podobnie jak inne metody normalizacji jej zadaniem jest sprowadzenie do stanu porównywalności różnych zmiennych o odmiennych mianach. Warto podkreślić, że metoda ta dokonuje wartościowania wszystkich zmiennych w sposób liniowy. W związku z tym pozwala otrzymywać wielokryterialne oceny obiektów, a tym samym umożliwia dokonywanie porównań między obiektami (w tym przypadku dotyczy to województw).
2. Województwo, które najlepiej zagospodarowuje swoje odpady, to województwo mazowieckie, którego ocena stanowi wartość odstającą czym wyróżnia się na tle pozostałych. Następne w kolejności, to: śląskie, małopolskie i dolnośląskie (zob. tabela 4).
3. Istotny może być fakt, że województwo pomorskie będące największym producentem energii elektrycznej pochodzącej z odpadów komunalnych, jednocześnie należy do II grupy o przeciętnym stanie gospodarki odpadami. Wynik ten należy ocenić jako negatywną rozbieżność.
4. Województwo śląskie jako jedyne w obu rankingach plasuje się na drugiej pozycji, co świadczy o tym, że wysoki poziom prowadzenia gospodarki odpadami idzie w parze z ilością pozyskiwanej energii elektrycznej. Jest to jak najbardziej pozytywna zależność. Podobna sytuacja ma także miejsce w przypadku województwa zachodnio-pomorskiego, które również znajduje się na podobnej pozycji w omawianych rankingach.
5. Konsekwencją przeprowadzonych badań jest konstatacja, iż zróżnicowanie regionalne dotyczące ilości produkcji energii elektrycznej z odpadów komunalnych w poszczególnych województwach w Polsce w 2015 roku jest stosunkowo duże. Świadczy o tym wynik informujący, iż województwo pomorskie przewyższa ponad 14,5 krotnie województwo świętokrzyskie, zajmujące ostatnią lokatę w rankingu (zob. tabela 3).
6. Stopień podobieństwa przedstawionych rankingów jest dość wysoki, ale nie tak, jak można było oczekiwać. Oznacza to, że ranking wg rozmiarów produkcji energii elektrycznej wykazuje podobieństwo z rankingiem wg zagospodarowania odpadów ( $m_{12}=0,616$ ) w stopniu umiarkowanym.

## References / Literatura:

1. Abramowicz M., Zając K. (1986), *Metoda ważenia zmiennych w taksonomii numerycznej i procedurach porządkowania liniowego*. Prace Naukowe AE we Wrocławiu, nr 328, s. 5-17.
2. Bosello F., Campagnolo L., Eboli F., Parrado R. (2012), *Energy from waste: generation potential and mitigation opportunity*. Environmental Economics and Policy Studies, vol. 14, issue 4, pp. 403-20. <https://doi.org/10.1007/s10018-012-0043-5>
3. Kagawa S., Inamura H., Moriguchi Y. (2004), *A Simple Multi-Regional Input-Output Account for Waste Analysis*. Economic Systems Research, vol. 16, no. 1, s. 1-20. <https://doi.org/10.1080/0953531032000164774>
4. Koszela G., Szczęsny W. (2015), *Wykorzystanie narzędzi WAP do oceny poziomu zanieczyszczenia środowiska w ujęciu przestrzennym*. Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, XVI/3, s. 183-193.
5. Kukuła K. (2000), *Metoda unitaryzacji zerowanej*. PWN, Warszawa.
6. Kukuła K. (2012), *Propozycja budowy rankingu obiektów z wykorzystaniem cech ilościowych oraz jakościowych*. Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, XIII/1, s. 5-16.
7. 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.
8. Leboda R., Olezczuk O. (2002), *Odpady komunalne i ich zagospodarowanie. Zagadnienia wybrane*, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
9. *Ochrona środowiska – Environment* (2015), GUS, Warszawa.
10. Ozga P. (2017), *Gospodarka odpadami a stan zanieczyszczenia środowiska naturalnego w Polsce w 2015 roku – przegląd regionalny*. Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, t. XVIII/2, 2017, s. 304 – 313.
11. <http://www.zielona-energia.cire.pl/st,6,281,tr,47,0,0,0,0,energia-z-biogazu.html> (data dostępu: 15.11.2017 r.).