

Mateusz Malinowski, Anna Krakowiak-Bal, Jakub Sikora, Andrzej Woźniak

**IŁOŚCI GENEROWANYCH ODPADÓW KOMUNALNYCH
W ASPEKTCIE TYPÓW GOSPODARCZYCH GMIN
WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO**

***RATE OF MUNICIPAL WASTE PRODUCTION
IN ASPECT OF COMMUNES' BUSINESS TYPES
IN MALOPOLSKA REGION***

Streszczenie

Ilość wytworzonych odpadów komunalnych zależy jest od wielu czynników, z których do najważniejszych należą: standard życia i liczba ludności oraz wielkość i intensywność konsumpcji wyrobów. Rodzaj wytwarzanych odpadów jest uzależniony od rodzaju obszaru, na którym odpady są wytwarzane, gęstości zaludnienia, rodzaju zabudowy, obecności obiektów użyteczności publicznej, obecności i wielkości placówek handlowych, intensywności rozwoju przemysłu, usług i innych. W niniejszym artykule zbadano zależność wielkości produkcji odpadów komunalnych od jednego z czynników społeczno-ekonomicznych jakim jest struktura działalności gospodarczej według Polskiej Klasyfikacji Działalności.

Badaniami objęto gminy województwa Małopolskiego. W analizie określono średnie ilości produkowanych odpadów w wyróżnionych typach gospodarczych gmin oraz istotność różnic pomiędzy średnimi. Wykazano, że największą produkcją odpadów w przeliczeniu na jedną osobę cechują się gminy, w których jedną z dominujących działalności gospodarczych jest działalność finansowa (lub ubezpieczeniowa), transportowa lub turystyczna. Najmniej odpadów generują gminy, w których dominują: budownictwo, energetyka i rolnictwo

Słowa kluczowe: odpady komunalne, GIS, typ gospodarczy, analiza wariancji, Małopolska

Summary

Amount of generated municipal wastes depends on many factors, witch the most important are: life standard, population's rate and goods' consumption scale and intensity.

The kind of produced wastes depends on the area where the wastes are generated, population denisity, buldings' types, objects of public utility, trade out-post magnitude and intensity of industry and services.

In this paper there was verified dependence between municipal waste production and one of the social-economic factor which is structure of economic activity (by Polish Classification of Activity – PKD).

The researches were conducted in communes of Malopolska Region. The average amounts of produced wastes in different business communes's type and significance of differences among average were defined in the analysis.

There was indicated that the biggest waste production (per capita) have communes, where the dominant business activities are financed (or insurance), transport or tourism. The least wastes are generating with construction, energetic and agriculture as the main economic activity.

Key words: *municipal wastes, GIS, economic type, variance analysis, Malopolska Region*

WSTĘP

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady nie zawierające odpadów niebezpiecznych, pochodzących od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych [Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628]. Na ilość oraz skład wytwarzanych odpadów komunalnych wpływa wiele czynników geograficznych i społeczno-gospodarczych, takich jak: poziom dochodów poszczególnych mieszkańców oraz ogólny dochód narodowy, położenie geograficzne, klimat, przyzwyczajenia ludzi itp. Ilość wytworzonych odpadów komunalnych w kraju ponadto zależna jest od wielu czynników, z których do najważniejszych należą: standard życia i liczba ludności oraz wielkość i intensywność konsumpcji wyrobów. Rodzaj wytwarzanych odpadów jest uzależniony od rodzaju obszaru, na którym odpady są wytwarzane, gęstości zaludnienia, rodzaju zabudowy, obecności obiektów użyteczności publicznej, obecności i wielkości placówek handlowych, rozwoju przemysłu, usług i innych [Sprawozdanie z KPGO, 2005].

Wpływ indywidualnych dochodów mieszkańców oraz dochodu narodowego na ilość wytwarzanych odpadów komunalnych jest ewidentny i dobrze udokumentowany wynikami licznych studiów. W krajach o wyższym PKB wytwarzane są większe jednostkowe ilości odpadów na mieszkańca, jednak w przeliczeniu na PKB jednostkowa ilość wytwarzanych odpadów maleje wraz z jego wzrostem. Znacznie mniej jest analiz i badań wpływu innych czynników społeczno-gospodarczych na wytwarzanie odpadów [Beigl i in. 2005].

Ilość wytwarzanych odpadów komunalnych w kraju zmienia się w bardzo szybkim tempie. Według danych GUS, w Polsce w 2007 roku wygenerowano ponad 10 mln Mg odpadów komunalnych. W przeliczeniu na jednego mieszkańca stanowi to $265 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$. W województwie małopolskim wskaźnik wyrażający ilość odpadów generowanych w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosił w 2007 roku $221 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$. W sumie w Małopolsce wygenerowano 725 tys. Mg, co stanowiło 7,2% strumienia odpadów komunalnych wygenerowanych w Polsce.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących relacji wielkości produkcji odpadów komunalnych oraz typów gospodarczych gmin, wyróżnionych na podstawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD). PKD została wprowadzona Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2007 r. w sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) [Dz.U. z 2007 Nr 251, poz.1885]. Opracowano ją na podstawie statystycznej klasyfikacji działalności gospodarczej NACE Rev2, wprowadzonej rozporządzeniem Nr 1893/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie statystycznej klasyfikacji działalności gospodarczej NACE Rev 2 i zmieniającym rozporządzenie Rady (EWG) Nr 3037/90 oraz niektóre rozporządzenia WE w sprawie określonych dziedzin statystycznych [Dz.Urz. UE L 393/1 z dnia 30.12.2006]. Klasyfikacja ta jest umownie przyjętym, hierarchicznie usystematyzowanym podziałem zbioru rodzajów działalności społeczno-gospodarczej, jakie realizują jednostki (podmioty gospodarcze). PKD jest podstawą systemu klasyfikacji gospodarczych i społecznych, do której nawiązują inne klasyfikacje, a zwłaszcza Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług. PKD ustala symbole, nazwy i zakres poszczególnych grupowań klasyfikacyjnych na pięciu różnych poziomach, tj. sekcji i podsekcji, działów, grup, klas i podklas (tab. 1).

Tabela 1. Sekcje działalności gospodarczej według PKD
Table 1. Polish Classification of Activities (PKD)

Sekcja	Polska klasyfikacja działalności (PKD)
Sekcja A	Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo
Sekcja B	Górnictwo i wydobywanie
Sekcja C	Przetwórstwo przemysłowe
Sekcja D	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę
Sekcja E	Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją
Sekcja F	Budownictwo
Sekcja G	Handel hurtowy i detaliczny
Sekcja H	Transport i gospodarka magazynowa
Sekcja I	Działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi
Sekcja J	Informacja i komunikacja
Sekcja K	Działalność finansowa i ubezpieczeniowa
Sekcja L	Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości
Sekcja M	Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna

Sekcja	Polska klasyfikacja działalności (PKD)
Sekcja N	Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca
Sekcja O	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne
Sekcja P	Edukacja
Sekcja Q	Opieka zdrowotna i pomoc społeczna
Sekcja R	Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją
Sekcja S	Pozostała działalność usługowa
Sekcja T	Gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników
Sekcja U	Organizacje i zespoły eksterytorialne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS 2009

CEL PRACY

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy ilością generowanych odpadów komunalnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca w poszczególnych gminach a typem gospodarczym tych gmin. Typy gospodarcze zostały wyznaczone na podstawie analizy dominujących rodzajów działalności gospodarczej jakie realizowane są na terenie jednostek administracyjnych.

W artykule wskazano typy gospodarcze wytwarzające największą ilość odpadów oraz te, które generują mniejsze ilości.

METODYKA

Obszar badań stanowią 182 gminy województwa małopolskiego. Dane do analizy pozyskano z Głównego Urzędu Statystycznego. Zarówno ilości zgromadzonych odpadów komunalnych w poszczególnych gminach, jak i dane o działalności gospodarczej dotyczą 2007 roku. Dla każdej z gmin obliczono ilość produkowanych odpadów w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Ponadto określono typ gospodarczy każdej z gmin na podstawie struktury działalności gospodarczej zarejestrowanych firm.

Dla każdego obiektu badań (gminy) obliczono wskaźnik p_i obrazujący udział firm zarejestrowanych w n sekcjach PKD według wzoru (1).

$$p_m = \frac{L_m}{K_n} \cdot 100 \quad [\%] \quad \text{dla} \quad i=182 ; n \leq 21 \quad (1)$$

gdzie:

- L_{in} – liczba zarejestrowanych podmiotów gospodarczych w n sekcjach PKD w i -tej gminie,
- K_n – liczba wszystkich zarejestrowanych podmiotów gospodarczych na terenie i -tej gminy.

Obliczone wartości p_{in} uporządkowano liniowo od największych – determinujących charakter działalności gospodarczej, do najmniejszych wartości. Następnie sumowano najwyższe wartości p_{in} w poszczególnych gminach. Uznano, że typ gospodarczy determinują te rodzaje działalności gospodarczej, które reprezentowane są przez co najmniej 60% wszystkich zarejestrowanych firm. Oznacza to, że ponad połowa wszystkich podmiotów gospodarczych w danej gminie podejmuje wskazany rodzaj działalności.

$$\sum_{i=1}^n p_{in} \geq 60 \quad [\%] \quad (2)$$

Ze względu na strukturę działalności gospodarczej w każdej gminie wskazano działalności: dominujące, przeważające, drugorzędne oraz dodatkowe.

Do zobrazowania przestrzennego rozmieszczenia wyznaczonych typów gospodarczych wykorzystano program ArcView GIS 9.3. Zastosowane oprogramowanie GIS daje możliwość prowadzenia analiz wykorzystujących zarówno informację atrybutową jak i przestrzenną. Na danych ilościowych można dokonywać wszelkich operacji arytmetycznych i statystycznych. Mogą być one wykonywane w kolumnach, rekordach, całych zbiorach lub pojedynczych obiektach [Malinowski i in. 2008].

Na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ wykorzystując analizę wariancji określono średnie wartości generowania odpadów komunalnych przez gminy w poszczególnych typach funkcyjnych. W celu stwierdzenia, które z badanych typów różnią się istotnie między sobą, zastosowano test Tukey'a. Test ten oparty jest na rozkładzie studentyzowanego rozkładu. Wykonywany jest po analizie wariancji. Podstawą testu Tukey'a jest obliczanie najmniejszych istotnych różnic NIR_T .

$$NIR_T = q_\alpha(\alpha, v) \sqrt{\frac{S_e^2}{2} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (3)$$

gdzie:

S_e^2 – średni kwadrat dla błędu z $v = t - n$ (t – suma wszystkich operacji, n – liczba wszystkich analizowanych prób),

q_α – wartość krytyczna w rozkładzie T-studenta z $t - n$ stopniami swobody dla poziomu istotności α (α przyjęto na poziomie 0,05).

Jeżeli wartość bezwzględna z różnicy kolejnych średnich jest większa od NIR_T to można wnioskować o istotnych różnicach pomiędzy analizowanymi średnimi [Volk 1973].

WYNIKI BADAŃ

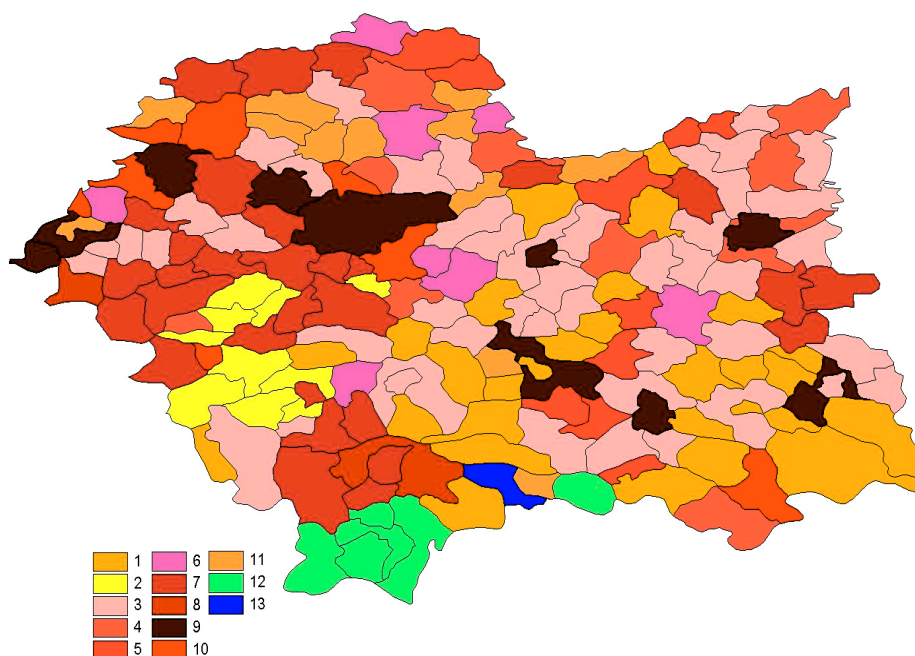
Na podstawie przyjętych założeń metodycznych wydzielono 13 typów funkcjonalnych (tab. 2).

Tabela 2. Typy gospodarcze gmin
Table 2. Business types of communes

Typ gospodarczy	Struktura działalności gospodarczej	Liczba gmin	W tym		
			gminy miejskie	gminy miejsko-wiejskie	gminy wiejskie
Typ 1	Budownictwo, handel, energetyka i rolnictwo	28	0	1	27
Typ 2	Energetyka, handel	10	0	2	8
Typ 3	Handel, budownictwo, energetyka	47	3	9	35
Typ 4	Handel, budownictwo, działalność finansowa	10	0	6	4
Typ 5	Handel, budownictwo, rolnictwo	10	0	1	9
Typ 6	Handel, budownictwo, turystyka	8	0	3	5
Typ 7	Handel, energetyka, budownictwo	31	1	11	19
Typ 8	Handel, energetyka, działalność finansowa	2	1	1	0
Typ 9	Handel, działalność finansowa	10	7	2	1
Typ 10	Handel, działalność finansowa, budownictwo	8	2	5	1
Typ 11	Handel, turystyka, budownictwo i energetyka	12	0	1	11
Typ 12	Transport, handel, turystyka	6	1	1	4
Typ 13	Turystyka, rolnictwo	1	0	0	1

Źródło: Opracowania własne

Przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia gmin podzielonych na typy gospodarcze przedstawia rysunek 1. Najliczniejszym typem jest typ 3, w którym dominującą działalnością jest handel, przeważającą budownictwo, a drugorzędną energetyka. Gmin o takiej strukturze działalności gospodarczej jest w Małopolsce 47 (w tym 35 gmin wiejskich, 9 gmin miejsko-wiejskich i 3 miejskie). Średnia ilość generowanych odpadów na jednego mieszkańca w 3 typie gospodarczym wynosi: $92,14 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$. Gminy te występują głównie we wschodniej części województwa. Równie licznie reprezentowany na terenie Małopolski jest typ gospodarczy 7 – handel, energetyka, budownictwo (31 gmin, w tym 19 gmin wiejskich, 11 miejsko-wiejskich i 1 miejska) i typ 1 – budownictwo, handel, energetyka i rolnictwo (28 gmin, w tym 27 gmin wiejskich oraz 1 gmina miejsko-wiejska). Do typu 1 należą gminy położone w części południowo-wschodniej (powiaty nowosądecki, limanowski i gorlicki). Gminy o 7 typie gospodarczym występują głównie w zachodniej części województwa (powiaty: krakowski, myślenicki, wadowicki i nowotarski).



Typ 1 – budownictwo, handel, energetyka i rolnictwo;
 Typ 2 – energetyka, handel;
 Typ 3 – handel, budownictwo, energetyka;
 Typ 4 – handel, budownictwo, działalność finansowa;
 Typ 5 – handel, budownictwo, rolnictwo;
 Typ 6 – handel, budownictwo, turystyka;
 Typ 7 – handel, energetyka, budownictwo;
 Typ 8 – handel, energetyka, działalność finansowa;
 Typ 9 – handel, działalność finansowa;
 Typ 10 – handel, działalność finansowa, budownictwo;
 Typ 11 – handel, turystyka, budownictwo i energetyka;
 Typ 12 – transport, handel, turystyka;
 Typ 13 – turystyka, rolnictwo

Typ 1 – construction, trade, electricity, agriculture;
 Typ 2 – electricity, trade;
 Typ 3 – trade, construction, electricity;
 Typ 4 – trade, construction, financial services
 Typ 5 – trade, construction, agriculture;
 Typ 6 – trade, construction, tourism;
 Typ 7 – trade, electricity, construction;
 Typ 8 – trade, electricity, financial services;
 Typ 9 – trade, financial services;
 Typ 10 – trade, financial services, construction;
 Typ 11 – trade, tourism, construction and electricity;
 Typ 12 – transport, trade, tourism;
 Typ 13 – tourism, agriculture.

Źródło: Opracowanie własne 2009

Rysunek 1. Przestrzenne rozmieszczenie typów gospodarczych gmin
Figure 1. Spatial arrangement of business types

Najmniej liczną grupę, stanowi typ 13, który reprezentowany jest przez gminę Czorsztyn. Gmina ta ma charakter turystyczno-rolniczy, co wynika bezpośrednio z jej położenia geograficznego. Ilość produkowanych odpadów na terenie tej gminy kształtuje się na poziomie $42,77 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$.

Analizując wielkość produkcji odpadów komunalnych, stwierdzono, że największą ilość odpadów produkowanych na jednego mieszkańca generują gminy o typie 12. Wielkość produkcji kształtuje się tu na poziomie $300 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$. Ten typ gospodarczy determinowany jest działalnością transportową, a w dalszej kolejności handlową i turystyczną. Gminy te znajdują się w południowej części województwa i są to: Zakopane, Szczawnica, Poronin, Kościelisko, Bukowina Tatrzańska i Biały Dunajec. Każda z tych gmin jest gminą turystyczną, w których ludność utrzymuje się z prowadzenia handlu, działalności związanej z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi oraz usługami transportowymi, powiązanych z obsługą ruchu turystycznego. Wysoka wartość ogólnego wskaźnika produkcji odpadów na jednego mieszkańca wiąże się z dużą ilością odpadów powstających w ramach ruchu turystycznego i zwiększających strumień odpadów komunalnych w tych gminach.

Równie wysokie wskaźniki produkcji odpadów cechują gminy, w których przeważa działalność handlowa i finansowa:

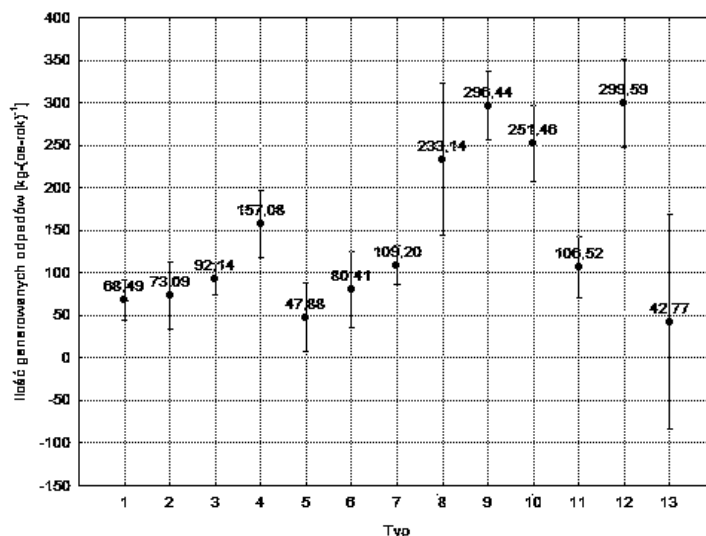
- typu 8 – handel, energetyka, działalność finansowa ($233,14 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$),
- typu 9 – handel, działalność finansowa ($296,44 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$),
- oraz typu 10 – handel, działalność finansowa, budownictwo ($251,46 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$).

Gmin o powyższych charakterystykach w województwie małopolskim jest 20 (10 z nich to miasta, 8 to gminy miejsko-wiejskie, a tylko 2 są gminami wiejskimi). Typy te charakterystyczne są dla dużych miast i gmin miejsko-wiejskich, leżących w obrębie dużych miast Małopolski, w których koncentruje się regionalny biznes. Z powyższego można wnioskować o wysokich zarobkach ludności zamieszkującej te gminy, a w konsekwencji o zwiększonej konsumpcji i większym wskaźniku produkcji odpadów komunalnych.

Wysokim wskaźnikiem produkcji odpadów komunalnych w przeliczeniu na jedną osobę cechują się także: typ 4 – $157,08 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ (handel, budownictwo, działalność finansowa) i typ 11 – $106,52 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ (handel, turystyka, budownictwo i energetyka). Wartości te wynikają z wysokiego udziału w strukturze zarejestrowanych przedsiębiorstw, firm związanych z działalnością finansową lub ubezpieczeniową (typ 4) i działalnością turystyczną (typ 11).

Natomiast niskim wskaźnikiem generowania odpadów cechuje się typ 2, w którym najwięcej firm zarejestrowanych jest w sekcji zajmującej się wytwarzaniem i zaopatrywaniem w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę. Gminy te zlokalizowane są w powiatach suskim i wadowickim. Równie niskim wskaźnikiem cechują się gminy typu 5 i 6. Typy te to głównie gminy wiejskie (14 z 18 gmin), położone w centralnej części województwa, w których o typie gospodarczym decydują działalności takie jak: handel, budownictwo, turystyka lub rolnictwo.

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki analizy wariancji ilości generowanych odpadów według wyróżnionych typów gospodarczych.



Źródło: Opracowanie własne 2009

Rysunek 2. Analiza wariancji ilości generowanych odpadów według wyróżnionych typów gospodarczych

Figure 2. Variance analysis of rate of waste production and business types

Tabela 3. Istotność różnic produkcji odpadów w różnych typach gospodarczych gmin według testu Tukey'a

Table 3. Significant differences of waste production in various communes' business types by Tukey's test

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1				x				x	x	x		x	
2									x	x		x	
3									x	x		x	
4					x				x			x	
5								x	x	x		x	
6									x	x		x	
7									x	x		x	
8													
9											x		x
10											x		
11												x	
12													x
13													

Ocena potencjału generowanych odpadów w zależności od typów gospodarczych

x – istotne zależności na poziomie $\alpha = 0,05$ (szare pole – brak istotnych różnic)

Źródło: Opracowanie własne 2009

Przeprowadzona analiza wariancji w klasyfikacji pojedynczej wykazała istotne różnice średnich ilości generowanych odpadów na jednego mieszkańca ze względu na typ dominujących działalności gospodarczych. Istotne różnice syntetyczne między grupami według przeprowadzonego testu Tukey'a zestawiono w tabeli 3.

WNIOSKI

Reasumując, można stwierdzić, że dominującą działalnością gospodarczą w gminach małopolskich jest handel (47% wszystkich gmin). W szczególności dotyczy to gmin miejskich i miejsko-wiejskich. Wśród 13 wyróżnionych typów gospodarczych, handel jest działalnością dominującą lub przeważającą w 12 z nich. Budownictwo jako działalność dominująca lub przeważająca cechuje 67% wszystkich gmin, natomiast w gminach wiejskich odsetek ten wynosi 74%.

Analiza wielkości produkcji odpadów względem typów gospodarczych wykazała, że największym poziomem produkcji odpadów w przeliczeniu na jedną osobę cechują się gminy, w których jedną z dominujących działalności gospodarczych jest działalność finansowa (lub ubezpieczeniowa), transportowa lub turystyczna. Gminy te to zazwyczaj gminy miejskie, zlokalizowane w południowej lub zachodniej części województwa małopolskiego. Najmniej odpadów generują gminy, w których przeważa budownictwo, energetyka i rolnictwo.

BIBLIOGRAFIA

- Beigl P., Salhofer S., Wassermann G., Maćków I., Sebastian M., Szpadt R. *Prognoza zmian ilości i składu odpadów komunalnych*. Materiały VI Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami. Poznań 2005
- Malinowski M., Sikora J., Zemanek J. *Using Geographic Information Systems (GIS) for analysis the agriculture potential of village Zakrzowiec*. Materiały Międzynarodowej Studenckiej Konferencji Naukowej, Słowacja, Nitra, 2008
- Sprawozdanie z realizacji krajowego systemu gospodarki odpadami 2002–2004. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005
- Rozporządzenie Nr 1893/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie statystycznej klasyfikacji działalności gospodarczej NACE Rev 2 [Dz.Urz. UE L 393/1 z dnia 30.12.2006]
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2007 r. w sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) [Dz.U. z 2007 Nr 251, poz.1885]
- Volk W. *Statystyka stosowana dla inżynierów*. WNT, Warszawa. 1973
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. [Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628]

Dr hab. inż. Andrzej Woźniak, Prof. UR
Dr inż. Jakub Sikora
Dr Anna Krakowiak-Bal
Mgr inż. Mateusz Malinowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
30-149 Kraków ul. Balicka 116B
Tel. (012) 662 4660
mateuszmalinowski@poczta.fm, akrakowiak@ar.krakow.pl,
jsikora@ar.krakow.pl, awozniak@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jan Pawelek*