

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

**WYKORZYSTANIE ANALIZY PRZESTRZENNEJ GIS  
DO WYZNACZENIA WSKAŹNIKÓW NAGROMADZENIA  
ODPADÓW W ZALEŻNOŚCI OD LICZBY MIESZKAŃCÓW  
I GĘSTOŚCI ZALUDNIENIA**

***DETERMINATION OF WASTE ACCUMULATION RATE  
ACCORDING TO THE NUMBER OF INHABITANTS  
AND POPULATION DENSITY USING GIS TECHNIQUE***

**Streszczenie**

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych, pochodzących od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych. Zasady systemu gospodarowania odpadami komunalnymi na terenie Unii Europejskiej zostały określone w dyrektywie ramowej 74/442/EWG. W 2007 roku na terenie UE wyprodukowano 261 mln Mg odpadów komunalnych ( $522 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ). W Polsce wskaźnik produkcji był niższy i kształtował się na poziomie  $322 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$  według danych Eurostat-u. Według danych GUS wskaźnik ten wyniósł w 2007 roku  $265 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ .

Celem artykułu jest wyróżnienie grup gmin ze względu na ilość produkowanych odpadów oraz liczbę ludności i gęstość zaludnienia. Wyznaczono zależności pomiędzy grupami wg przyjętych zmiennych. Badaniami objęto 179 gmin województwa małopolskiego.

W procesie grupowania wykorzystano metodykę Jenksa (metoda naturalnego podziału) najlepiej opisującą rozkład przestrzenny zgromadzonych informacji. Za pomocą oprogramowania GIS wykonano analizę przestrzenną wielkości produkcji odpadów, liczby mieszkańców i gęstości zaludnienia dla poszczególnych gmin Małopolski. Na podstawie uzyskanych wyników określono średnie ilości generowanych odpadów w wyróżnionych klasach gmin. Pomimo wysokiego wskaźnika korelacji pomiędzy przyjętymi zmiennymi (ilość odpadów a liczba ludności oraz ilość odpadów a gęstość zaludnienia), nie uzyskano jednoznacznie silnej za-

leżności w grupach obiektów. Na podstawie przyjętej metodyki można stwierdzić, że relacja pomiędzy gęstością zaludnienia a ilością produkowanych odpadów jest silniejsza niż pomiędzy liczbą ludności w gminach a ilością odpadów.

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, GIS, Małopolska, metoda Jenksa

### **Summary**

*The municipal waste is a waste type that includes predominantly household waste (domestic waste) with sometimes the addition of commercial wastes collected by a municipality within a given area. EU waste management principles were defined in the Waste Framework Directive 74/442/EEG. In 2007 in EU countries 261 Mio Mg waste ( $522 \text{ kg} \cdot (\text{capita} \cdot \text{year})^{-1}$ ) were generated. In Poland the production index was lower and came to  $322 \text{ kg} \cdot (\text{capita} \cdot \text{year})^{-1}$ .*

*179 communes of Malopolska were chosen as the research area. Jenk's method (natural break algorithm, also known as the goodness of variance fit (GVF)) was used in the analysis. This method in the best way describes spatial data arrangement. The Jenks optimization method was used to classify features using natural breaks in data values. It was used to minimize the squared deviations of the class means. Optimization was achieved when the quantity GVF was maximized.*

*There was made a spatial analysis of the waste production, numbers of inhabitants and population densities in Malopolska communes by means of GIS software.*

*Based on the gotten results there were defined the average quantities of generated waste in the specified communes' classes.*

**Key words:** municipal waste, GIS, Malopolska Region, Jenks' natural breaks

### **WSTĘP**

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady niezawierające 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]. Ogólne zasady systemu gospodarowania odpadami komunalnymi na terenie Unii Europejskiej zostały określone w dyrektywie ramowej 74/442/EEG w sprawie odpadów. Dyrektywa nakłada na państwa członkowskie UE wymóg zapewnienia odzysku lub usuwania odpadów w sposób niezagrażający życiu ludzkiemu i niepowodujący szkód w środowisku. W zakresie gospodarki odpadami celem nadrzędnym jest zapobieganie i minimalizacja powstawania odpadów, odzyskiwanie, unieszkodliwianie i ponowne wykorzystanie odpadów oraz bezpieczne dla środowiska końcowe składowanie odpadów niewykorzystanych.

W 2007 roku w całej Unii Europejskiej wygenerowano 261 mln Mg odpadów komunalnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca:  $522 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . Ilość nagromadzonych odpadów w poszczególnych krajach zawierała się w przedziale od  $294 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$  (w Czechach) do  $801 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$  w Danii. Najwięcej odpadów na jednego mieszkańca (ponad 600 kg) wygenerowano w: Danii, Cyprze, Holandii, Irlandii, Luksemburgu i Malcie. Austria, Hiszpania, Wielka Brytania, Niemcy, Włochy, Francja, Estonia, Szwecja i Finlandia to kraje, w których ilość wyprodukowanych odpadów mieści się w przedziale od 500 do  $600 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . W przedziale od 400 do  $500 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$  znalazły się Belgia, Portugalia, Bułgaria, Węgry, Grecja, Słowenia i Litwa. Najniższe wartości wskaźnika (poniżej  $400 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ) cechowały Rumunię, Łotwę, Polskę, Słowację i Czechy [Corsell-Nordblad 2009]. Według danych Eurostat w Polsce w 2007 roku wyprodukowano  $322 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$  [Corsell-Nordblad 2009].

Jednostkowy wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych w krajach europejskich na przełomie wieków zmieniał się od ok. 250 do ok.  $800 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . W krajach dawnej UE (15) wynosił średnio  $510 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ , w krajach nowych 10 członków UE –  $354 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . Jednocześnie roczna stopa wzrostu wskaźnika w latach 1995–2005 wynosiła w UE (15) średnio 1,8%, w nowych 10 krajach 4,3% [Beigl i in. 2005].

Ilość wytworzonych odpadów komunalnych w kraju zależna jest od wielu czynników, z których do głównych 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, rodzaju przemysłu lub usług i innych [Sprawozdanie z realizacji KSGO, 2005].

Ilość wytwarzanych odpadów zmienia się w bardzo szybkim tempie. Do roku 2004 obserwowany był spadek ilości zbieranych odpadów, który mógł być spowodowany w pewnym stopniu masową emigracją ludności związaną z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej i otwarciem rynków pracy, ale także z występowaniem patologicznych zjawisk, takich jak: powstawanie dzikich wysypisk odpadów, nieujmowanie odpadów w ewidencji prowadzonych przez przedsiębiorców zajmujących się odbieraniem odpadów w celu uniknięcia opłat za korzystanie ze środowiska oraz zagospodarowaniem odpadów we własnym zakresie przez gospodarstwa domowe często niezgodnie z wymaganiami ochrony środowiska.

Według danych GUS, w Polsce w 2007 roku wygenerowano ponad 10 mln Mg odpadów komunalnych, w przeliczeniu na jednego mieszkańca:

265 kg\*(os\*rok)<sup>-1</sup>. Dane te są szacunkowe i nie uwzględniają odpadów, które trafiły do środowiska w sposób niekontrolowany (dzikie wysypiska, przydomowe kompostownie i inne). Według różnych autorów, odpadów komunalnych powstaje nawet o 20% więcej niż podają oficjalne źródła [Kloek i in. 2005].

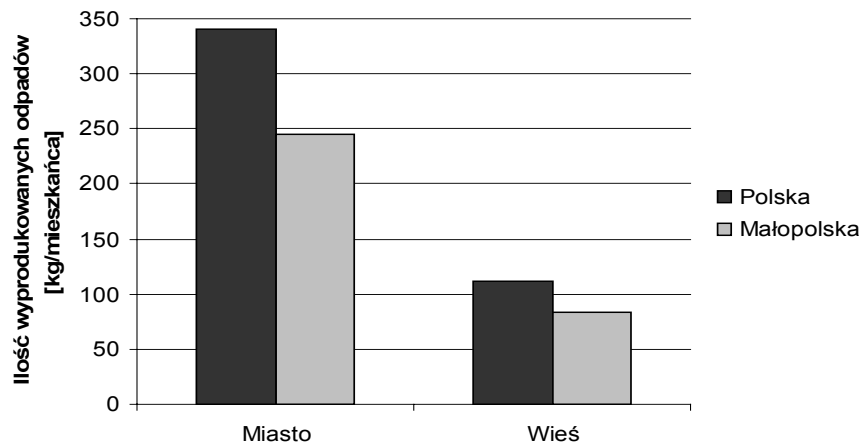
Największe ilości odpadów komunalnych w 2007 roku wytworzono w województwach (tab. 1): mazowieckim (16,5% wszystkich odpadów wytworzonych w kraju), śląskim (13,8%) i dolnośląskim (9,7%). Najmniej odpadów wygenerowano w województwie świętokrzyskim: 2% wszystkich odpadów wytworzonych w kraju. W województwie małopolskim wygenerowano 725 tys. Mg, co stanowi 7,2% strumienia odpadów w skali kraju. Wskaźnik wyrażający ilość wytworzonych odpadów w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosił w 2007 r. dla województwa małopolskiego 221 kg\*(os\*rok)<sup>-1</sup> i był niższy od średniej krajowej, wynoszącej 265 kg\*(os\*rok)<sup>-1</sup>. Województwo małopolskie znacznie odbiega również od średnich krajowych w zestawieniu ilości odpadów komunalnych produkowanych na obszarach miejskich i wiejskich (rys. 2).

**Tabela 1.** Odpady komunalne wyprodukowane w latach 2005, 2006 i 2007 według województw

**Table 1.** Municipal waste generated in years: 2005, 2006 and 2007 by regions

| WOJEWÓDZTWA         | 2005                      | 2006                      | 2007                      |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                     | kg*(os*rok) <sup>-1</sup> | kg*(os*rok) <sup>-1</sup> | kg*(os*rok) <sup>-1</sup> |
| POLSKA              | 245                       | 259                       | 265                       |
| dolnośląskie        | 309                       | 318                       | 339                       |
| kujawsko-pomorskie  | 217                       | 233                       | 250                       |
| lubelskie           | 155                       | 168                       | 173                       |
| lubuskie            | 277                       | 287                       | 265                       |
| łódzkie             | 248                       | 299                       | 272                       |
| małopolskie         | 193                       | 209                       | 221                       |
| mazowieckie         | 291                       | 299                       | 322                       |
| opolskie            | 243                       | 240                       | 260                       |
| podkarpackie        | 165                       | 171                       | 167                       |
| podlaskie           | 223                       | 232                       | 220                       |
| pomorskie           | 267                       | 281                       | 300                       |
| śląskie             | 278                       | 295                       | 298                       |
| świętokrzyskie      | 144                       | 156                       | 162                       |
| warmińsko-mazurskie | 219                       | 235                       | 231                       |
| wielkopolskie       | 256                       | 266                       | 256                       |
| zachodniopomorskie  | 297                       | 299                       | 310                       |

Źródło: Ochrona środowiska 2008



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

**Rysunek 1.** Zestawienie ilości odpadów generowanych na terenie kraju i województwa małopolskiego na obszarach miejskich i wiejskich w 2007 roku

**Figure 1.** Municipal waste generated in urban and rural areas in Malopolska in 2007

Z powyższych danych wynika, że mieszkaniec miasta produkuje o ok. 200 kg więcej odpadów niż mieszkaniec wsi (w przeliczeniu na rok). Taka różnica w poziomie wytwarzania odpadów wynika z wyższej konsumpcji na terenach miejskich oraz wyższej stopy życiowej mieszkańców miast. Ponadto, na terenach wiejskich, wiele produktów spożywczych pochodzi z własnych gospodarstw, podczas gdy mieszkańcy miast wszystkie tego typu produkty kupują, co wiąże się z używaniem opakowań i powstawaniem odpadów opakowaniowych. Ponadto, znaczna część odpadów organicznych jest przez mieszkańców wsi zagospodarowywana.

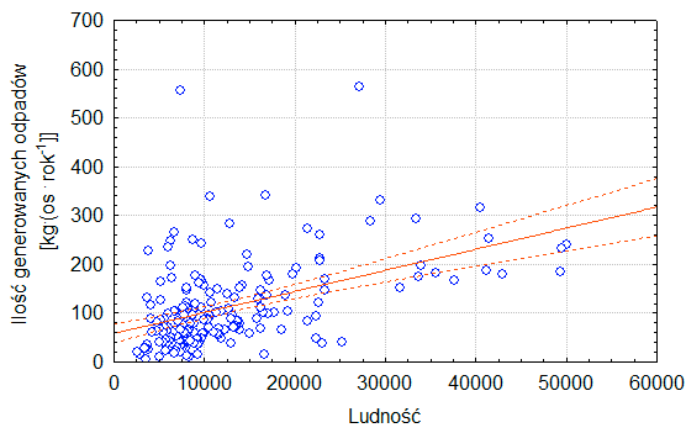
W opracowaniach dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi poruszony jest problem sposobu oszacowania ilości zgromadzonych odpadów. Informacje pozyskiwane z GUS muszą być traktowane jako dane szacunkowe. Pełna ocena i weryfikacja przyjętych danych możliwa będzie jedynie w przypadku wyposażenia większości składowisk odpadów komunalnych w wagi oraz poprzez objęcie zorganizowaną zbiórką odpadów wszystkich mieszkańców gmin. W Programie Gospodarki Odpadami dla województwa pomorskiego ustalono sztywne przedziały liczby ludności w gminach, a następnie przypisywano im prawdopodobne wartości produkcji odpadów na jednego mieszkańca [Plan Gospodarki Odpadami dla województwa pomorskiego na lata 2003–2006]. Założenie to spowodowało zniekształcenie wyników dalszych analiz, jak również brak możliwości odniesienia tych wyników do innych analiz GUS.

## CEL PRACY

W artykule wyróżniono grupy gmin podobnych ze względu na ilość produkowanych odpadów oraz liczbę ludności i gęstość zaludnienia. Podstawowym celem pracy było określenie zależności pomiędzy ilością generowanych odpadów a liczbą ludności i gęstością zaludnienia w wyróżnionych grupach. Wykorzystując analizę przestrzenną GIS, wyznaczono klasy obiektów (gmin) i odpowiadające im wskaźniki nagromadzenia odpadów. Zweryfikowano, czy na terenie województwa małopolskiego najmniej liczne gminy (pod względem liczby ludności i gęstości zaludnienia) charakteryzują się najniższą produkcją odpadów.

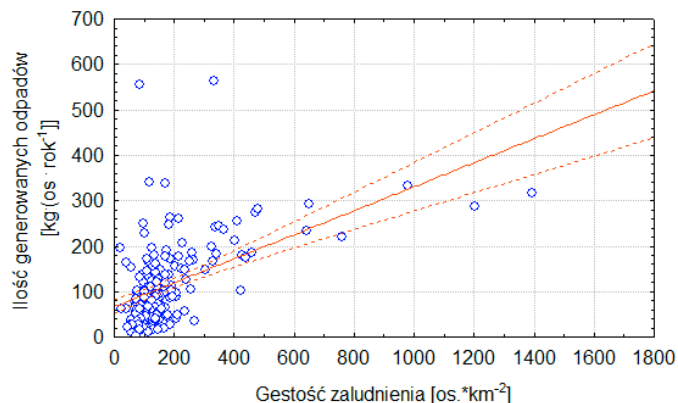
## MATERIAŁ I METODA

Liczba ludności oraz gęstość zaludnienia są głównymi czynnikami wpływającymi na ilość generowanych odpadów w gminie [Kloek 2005]. Współczynnik korelacji pomiędzy ilością produkowanych odpadów a liczbą mieszkańców w poszczególnych gminach Małopolski wynosi 0,46. Podobną wartością współczynnika korelacji w relacji z ilością produkowanych odpadów cechuje się gęstość zaludnienia (0,52). Wraz ze wzrostem liczby mieszkańców w gminach oraz gęstości zaludnienia wzrasta ilość generowanych odpadów (rys. 2, 3).



Źródło: Opracowanie własne

**Rysunek 2.** Korelacja między liczbą ludności w gminach a ilością generowanych odpadów na terenie województwa małopolskiego w 2007 roku  
**Figure 2.** Correlation between number of population and waste production in Malopolska communes in 2007



Źródło: Opracowanie własne

**Rysunek 3.** Korelacja między gęstością zaludnienia w gminach a ilością generowanych odpadów na terenie województwa małopolskiego w 2007 roku  
**Figure 3.** Correlation between population's density in communes and waste production in Malopolska communes in 2007

Obszar badań stanowi 179 gmin województwa małopolskiego. Z analizy wykluczono 3 miasta na prawach powiatu: Kraków, Tarnów i Nowy Sącz, ze względu na ilość generowanych odpadów na jednego mieszkańca w ciągu roku kształtuje się na poziomie  $360 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . Dane do analizy pozyskano z Głównego Urzędu Statystycznego.

Analizę przestrzenną zgromadzonych danych wykonano za pomocą Geograficznych Systemów Informacyjnych. Wykorzystane oprogramowanie posłużyło do opisu, wyjaśnienia i przewidywania rozkładu przestrzennego zjawisk geograficznych. Od przyjętego modelu świata rzeczywistego zależą rodzaje analiz, jakie można przeprowadzić. Wybór modelu danych decyduje często o wynikach końcowych oraz przydatności projektu GIS. Do badań wykorzystano program ArcView GIS 9.3, za pomocą którego utworzono unikalny układ klas obiektów dla badanych cech.

W procedurze grupowania gmin wykorzystano metodę Jenksa. Spełnia ona następujące założenia: dane o zbliżonych wartościach znajdują się w jednej klasie (przedziale wartości), każda klasa zawiera pewną liczbę wartości, każda gmina musi być przypisana do jednej z klas, żadna z klas nie może być zbiorem pustym. Metoda Jenksa opiera się na tzw. naturalnych granicach podziału (*natural breaks of Jenks*). Polega ona na wyznaczeniu przedziałów (klas) poprzez porównanie sum kwadratów różnic – SSD (wzór 2). Wartości o podobnych różnicach rozdzielone są danymi skrajnymi przydzielonymi do grupy poprzedzającej i następującej. Liczba klas wyznaczana jest zgodnie ze wzorem 1. Metoda Jenksa została wykorzystana w niniejszej pracy jako podstawa analizy prze-

strzennej ilości generowanych odpadów ( $\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ), liczby ludności i gęstości zaludnienia w gminach.

$$k = \ln(n) \quad (1)$$

gdzie:

k – optymalna liczba klas w metodzie Jenks'a

n – liczba obiektów

$$SSD_{i...j} = \sum_{n=1}^j (A[n] - \text{mean}_{i...j})^2 \quad (2)$$

gdzie:

A[n] – zbiór wartości, uporządkowanych w kolejności rosnącej

mean – wartość średnia dla kolejnych przedziałów

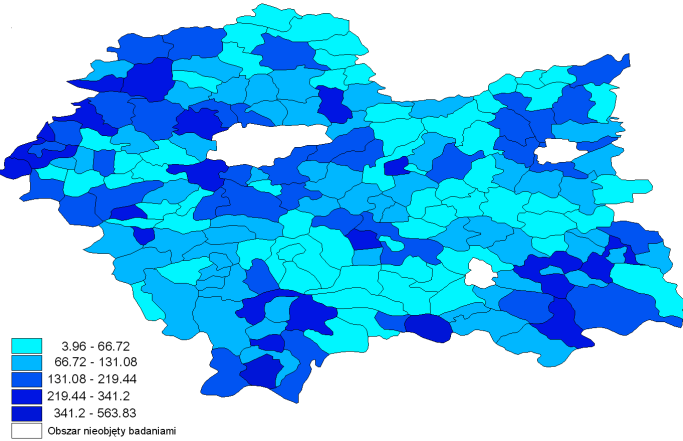
Na podstawie wyznaczonych klas obiektów według badanych cech, obliczono wielkość produkcji odpadów komunalnych na jednego mieszkańca. Wykorzystując narzędzia programu ArcView 9.3, zbadano zależności pomiędzy powstałymi klasami. Wyniki analiz przedstawiono na mapach za pomocą gradacji kolorów. Wartości nagromadzenia odpadów komunalnych w poszczególnych klasach według liczby ludności i gęstości zaludnienia obliczono jako średnią arytmetyczną produkowanych odpadów w gminach należących do tych klas.

## WYNIKI I WNIOSKI

Małopolskę w 2007 roku zamieszkiwało 3277,7 tys. mieszkańców (ponad 8% ludności Polski), co daje czwartą pozycję w kraju. Równocześnie województwo małopolskie jest jednym z najgęściej zaludnionych regionów ( $215 \text{ os} \cdot \text{km}^{-2}$  – drugie miejsce w kraju za województwem śląskim). Najsilniej zaludniona jest centralna i zachodnia część regionu (rys. 5, 6), najslabiej – północna i południowo-wschodnia. Ludność miejska stanowi niewiele ponad 50% ludności regionu, co czyni z Małopolski region wyraźnie mniej zurbanizowany od pozostałych. Największą liczbę ludności skupiają gminy leżące w pobliżu dużych ośrodków miejskich. Tereny te charakteryzują się przeważnie największą gęstością zaludnienia.

Według przyjętej metodyki, gminy województwa małopolskiego podzielono pod względem ilości produkowanych odpadów na 6 grup, w tym jedna grupa (klasa) to obszar nieobjęty badaniami (rys. 4). Pierwsza klasa ( $3,96\text{--}66,72 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ) zawiera 63 gminy, zlokalizowane w południowej i wschodniej części województwa. Zarówno druga ( $66,72\text{--}131,08 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ), jak i trzecia klasa gmin ( $131,08\text{--}219,44 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ ) zlokalizowana jest w części centralnej i zachodniej województwa. Klasy te zawierają odpowiednio 58 i 37 gmin. Dwie ostatnie klasy zawierają odpowiednio 13 i 3 gminy. Są to głównie gminy miejskie i miejsko-wiejskie (tylko 5 dużych gmin wiejskich).

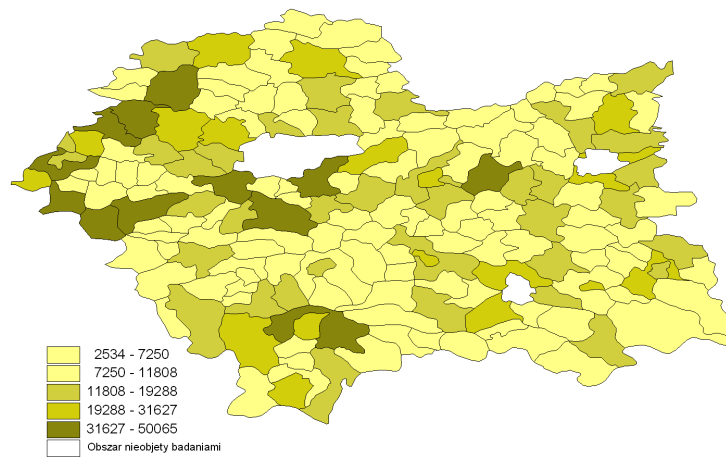




Źródło: Opracowanie własne

**Rysunek 4.** Przestrzenny rozkład produkcji odpadów na jednego mieszkańca w woj. małopolskim

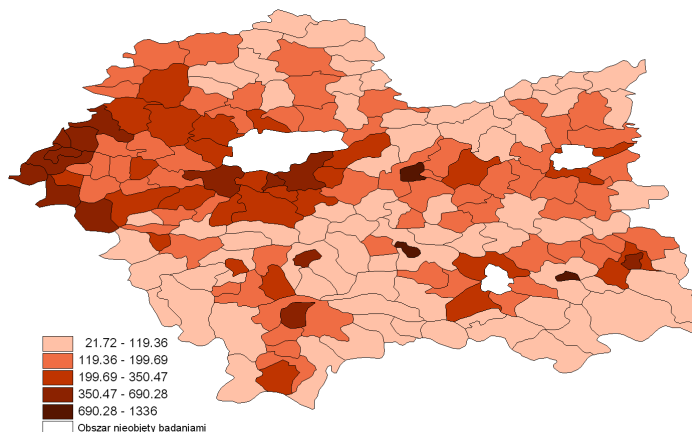
**Figure 4.** Spatial arrangement of waste production per capita in Malopolska



Źródło: Opracowanie własne

**Rysunek 5.** Przestrzenny rozkład ludności w gminach w woj. małopolskim

**Figure 5.** Spatial arrangement of population in communes in Malopolska



Źródło: Opracowanie własne

**Rysunek 6.** Przestrzenny rozkład gęstości zaludnienia w woj. małopolskim  
**Figure 6.** Spatial arrangement of population's density in communes in Malopolska

W celu umożliwienia dalszych analiz przyjęty obszar badań podzielono również na 6 klas względem liczby mieszkańców. Gminy o największej liczbie mieszkańców to zazwyczaj miasta powiatowe i duże ośrodki miejskie. Przestrzenną charakterystykę grup gmin względem liczby mieszkańców przedstawia rysunek 5. Szczegółowe zestawienie liczebności kolejnych klas i ich granicznych wartości produkcji odpadów i liczby ludności przedstawiono w tabeli 2. Dla każdej z klas obliczono średnią ilość produkowanych odpadów. Biorąc pod uwagę średnie arytmetyczne każdej z klas, można stwierdzić, że im większa gmina pod względem liczby ludności, tym więcej generuje odpadów. Na tej podstawie można by uznać, że pierwszej klasie gmin, o najmniejszej liczbie mieszkańców, powinna odpowiadać jak największa liczba gmin produkujących najmniej odpadów i tak aż do ostatniej grupy ludności, poruszając się po przekątnej macierzy z tabeli 2. Z analizy tabeli 2 wynika jednak, że zależność ta jest stosunkowo słaba. W grupie gmin o liczbie mieszkańców do 7250 osób, w której średnia ilość generowanych odpadów wynosi  $80 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ , znajduje się 26 gmin z pierwszej klasy pod względem produkcji odpadów, 12 gmin z drugiej klasy i 8 gmin z klas wyższych. Średnia ilość generowanych odpadów dla drugiej grupy mieszkańców (7250–11 808) wynosi  $97 \text{ kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$ . W grupie tej znalazło się aż 27 gmin, w których produkcja odpadów jest charakterystyczna dla gmin mniej liczebnych pod względem ludności. Oznacza to, że w Małopolsce istnieje wiele gmin o liczbie mieszkańców około 10 000, produkujących małą ilość odpadów. Dla każdej z grup ludności wydzielono przedziały  $\pm$  jedno odchylenie standardowe od średniej. W tak utworzonych przedziałach mieściło się około 78% gmin w grupach.

**Tabela 2.** Wyniki grupowania gmin według poszczególnych klas ludności i ilości generowanych odpadów**Table 2.** Classification results, numbers of communes according to populations' classes and waste production

| Klasy odpadów<br>[kg*(os*rok) <sup>-1</sup> ] |  | Grupy ludności<br>[os.] |            |             |             |             | Liczba gmin w klasie |
|---|--|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
|   |  | I                       | II         | III         | IV          | V           |                      |
|   |  | 2534–7250               | 7250–11808 | 11808–19288 | 19288–31627 | 31627–50065 |                      |
| 1   | 3,96–66,72   | 26                      | 27         | 7           | 3           | 0           | 63                   |
| 2   | 66,72–131,08   | 12                      | 26         | 16          | 4           | 0           | 58                   |
| 3   | 131,08–219,44  | 4                       | 9          | 10          | 6           | 8           | 37                   |
| 4   | 219,44–341,2   | 4                       | 3          | 2           | 4           | 5           | 18                   |
| 5   | 341,2–563,83   | 0                       | 1          | 1           | 1           | 0           | 3                    |
|   | Średnia ilość generowanych odpadów kg*(os*rok) <sup>-1</sup> | 80,71                   | 97,60      | 116,22      | 186,22      | 212,26      | Suma<br>179          |

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3 zawiera szczegółowe zestawienie liczebności klas względem odpadów i gęstości zaludnienia. Jak wynika z analizy poniższej tabeli dla gmin, których gęstość zaludnienia waha się w zakresie 21,72–119,39 os\*km<sup>-2</sup> (średnia wielkość produkcji odpadów wynosi 85 kg\*(os\*rok)<sup>-1</sup>), najczęściej gmin znajduje się w pierwszej klasie odpadów. Jednocześnie największy udział w tej klasie mają gminy z pierwszej (tożsamej) grupy pod względem gęstości zaludnienia (38 gmin, tj. 60% klasy I). Podobne zależności charakteryzują II, III i IV grupę pod względem produkcji odpadów. Sumarycznie, aż 88 gmin (49% gmin analizowanych) mieści się w odpowiadających sobie klasom produkcji odpadów i gęstości zaludnienia (w analogicznej relacji klas produkcji odpadów i liczby ludności w odpowiadających sobie klasach zawiera się 66 gmin (37%)). Można na tej podstawie stwierdzić, że zależność pomiędzy produkcją odpadów a gęstością zaludnienia jest znacznie silniejsza niż w relacji z liczbą ludności. Dla każdej z grup ludności obliczono przedziały  $\pm$  jedno odchylenie standardowe od średniej. W tak utworzonych przedziałach mieściło się około 92% gmin w grupach.

W każdej z grup pod względem gęstości zaludnienia i liczby ludności występują gminy z innych klas odpadów. Spowodowane jest to wpływem wielu innych czynników na powstawanie odpadów, nieujętych w tym artykule. Potwierdza to między innymi fakt, że w obu analizowanych przypadkach piąta

klasa odpadów, do której należą Szczawnica, Zakopane i Krynica-Zdrój mimo największej ilości generowanych odpadów na jednego mieszkańca, nie należą do V grupy ludności, ani do V grupy pod względem gęstości zaludnienia.

**Tabela 3.** Zestawienie ilości gmin w poszczególnych klasach gęstości zaludnienia w zależności od ilość generowanych odpadów

**Table 3.** Classification results, communes by population's density classes according to waste production

| Gęstość zaludnienia<br>[os.*km <sup>-2</sup> ] |   | I            | II            | III           | IV            | V            | Liczba gmin w klasie |
|--|---|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|
|  |   | 21,72–119,39 | 119,39–199,69 | 199,69–350,47 | 350,47–690,28 | 690,28–11336 |                      |
| Klasy odpadów<br>[kg*(os*rok) <sup>-1</sup> ]  |   |              |               |               |               |              |                      |
| 1  | 3,96–66,72  | 38           | 21            | 4             | 0             | 0            | 63                   |
| 2  | 66,72–131,08  | 22           | 31            | 4             | 1             | 0            | 58                   |
| 3  | 131,08–219,44   | 9            | 11            | 13            | 4             | 0            | 37                   |
| 4  | 219,44–341,2  | 2            | 3             | 3             | 6             | 4            | 18                   |
| 5  | 341,2–563,83  | 2            | 0             | 1             | 0             | 0            | 3                    |
|  | Średnia ilość generowanych odpadów<br>kg*(os*rok) <sup>-1</sup> | 85,64        | 98,64         | 164,36        | 220,28        | 289,04       | Suma<br>179          |

*Źródło: Opracowanie własne*

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że gminy małopolskie o najmniejszej gęstości zaludnienia i liczbie mieszkańców cechuje duże zróżnicowanie pod względem wielkości produkcji odpadów. Jednocześnie najwięcej gmin województwa (121 gmin) znajduje się w wyróżnionych klasach (I i II) o najniższych wskaźnikach produkcji odpadów. Grupy te zrzeszają głównie gminy wiejskie, w których ewidencja zbieranych i produkowanych odpadów nie jest prowadzona rzetelnie. Wyznaczenie ilości odpadów tylko i wyłącznie na podstawie liczby mieszkańców nie obrazuje stanu faktycznego produkcji odpadów. Należy zauważyć, że w analizie korzystano z danych GUS, które wymagają weryfikacji.

Na podstawie przyjętej metodyki można stwierdzić, że relacja pomiędzy gęstością zaludnienia a ilością produkowanych odpadów jest silniejsza niż pomiędzy liczbą ludności w gminach a ilością odpadów.

## 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.
- Corselli- Nordblad L., Heidorn C., Kłоек W. *Municipal waste*. Eurostat. Luksemburg 2009  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Kłоек W., Jordan K. *Waste generated and treated in Europe*. Eurostat. Luksemburg 2005.
- Uchwała Rady Ministrów Nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 roku w sprawie Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2010 (KPGO 2010). [MP z 2006 r. Nr 90, poz. 946].
- Ochrona Środowiska 2008, Państwowe Wydawnictwo Statystyczne, Warszawa 2008.
- Plan Gospodarki Odpadami dla województwa pomorskiego na lata 2003–2006. Gdańsk, 2002.
- Sprawozdanie z realizacji krajowego systemu gospodarki odpadami 2002–2004. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005.
- 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](mailto:mateuszmalinowski@poczta.fm)  
[akrakowiak@ar.krakow.pl](mailto:akrakowiak@ar.krakow.pl)  
[jsikora@ar.krakow.pl](mailto:jsikora@ar.krakow.pl), [awozniak@ar.krakow.pl](mailto:awozniak@ar.krakow.pl)

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Pawelek