

Mateusz Malinowski¹, Agnieszka Petryk², Jakub Rybiński¹

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Zakład Infrastruktury Technicznej i Eko-energetyki, ul. Balicka 116b, 30-149 Kraków, Mateusz.Malinowski@urk.edu.pl, rybinski95@gmail.com

²Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Gospodarki i Administracji Publicznej, Katedra Gospodarki Regionalnej, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków, agnieszka.petryk@uek.krakow.pl

WYKORZYSTANIE GIS W PROJEKTOWANIU LOKALIZACJI OBIEKTÓW ZAGOSPODAROWANIA ZMIESZANYCH ODPADÓW KOMUNALNYCH W REGIONIE SĄDECKO-GORLICKIM

Abstract: The use of GIS in the design of location of objects for management of mixed municipal waste of the Sądecko-Gorlicki region. With the increase in the mass of municipal waste generated, the demand for facilities dealing with their development is increasing. The aim of the research was to determine environmental and anthropogenic factors affecting the location of waste management facilities and an attempt to indicate potential locations for selected waste management facilities in the communes of the Sądecko-Gorlicki region. The scope of work included: a review of existing waste management facilities in the studied region, acquisition of geodatabase for digital data, analysis of the distance between the waste management facilities and environmental or anthropogenic elements, and analysis of potential locations designated in the GIS based on the developed criteria. As a result of spatial analyzes, it was found that in the study area, there are 3 places of potential allocations for installation of municipal solid waste treatment facilities.

Keywords: waste, infrastructure of waste management, Geographical Information Systems

JEL codes: Q53, Q56, R52, R58

Wprowadzenie

Gospodarowanie przestrzenią jest istotnym elementem zrównoważonego rozwoju lokalnego, zależnym od przyjętego paradygmatu urbanistycznego i regulowanym aprobowanymi rozwiązaniami prawnymi, które chronią przestrzeń jako nieodnawialny zasób środowiska [Lorens 2005]. W warunkach polskich zarządzanie przestrzenią jest przypisane do kompetencji samorządu lokalnego, a jej efektywne modelowanie zależy od wszechstronnej informacji oraz licznych powiązań interregionalnych, wynikających z rozwoju gospodarczego, migracji ludności i transportu [Fogel 2007; Broniewicz 2017]. Gospodarka odpadami staje się przy obecnych procesach społeczno-ekonomicznych pryncypialnym zadaniem proekologicznej gospodarki przestrzennej, zwłaszcza obszarów zurbanizowanych [Broniewicz 2017]. Równie istotne jest przeciwstawienie się niekontrolowanej zabudowie, chaosowi przestrzennemu i nierozsądnej eksploatacji zasobów naturalnych [Ogrodnik 2017].

1. Zagospodarowanie odpadów komunalnych w województwie małopolskim

Masa wytwarzanych odpadów komunalnych w województwie małopolskim oraz jej skład morfologiczny są w dużej mierze zależne od miejsca, w którym dany strumień powstał. Istotnymi czynnikami wpływającymi na ilość wytwarzanych odpadów komunalnych są także [Plan... 2017]: zamożność społeczeństwa, poziom konsumpcji, pora roku, rodzaj obszaru wytwarzania odpadów komunalnych – wieś, miasto, gęstość zaludnienia, typ zabudowy mieszkalnej, ruch turystyczny oraz ilość obiektów użyteczności publicznej, takich jak placówki handlowe, usługowe i przemysłowe.

Gospodarka odpadami w Polsce powinna skupiać się na osiągnięciu wymaganych poziomów odzysku i recyklingu wybranych grup odpadów. Poziomy te zostały nałożone na Polskę przez Unię Europejską. W ciągu ostatnich kilku lat wprowadzono wiele różnych programów związanych z budowaniem świadomości ekologicznej społeczeństwa. Celem tych działań było wdrożenie nowej idei postępowania z odpadami, opartej na selektywnym ich gromadzeniu i oddawaniu do ponownego wykorzystania, recyklingu lub odzysku. Działania te nie sprawdziły się, ponieważ system nie umożliwiał zbiórki wszystkich rodzajów odpadów (każda firma lub gmina miała w tym zakresie odrębne regulacje). W krajach zachodnich (w szczególności w państwach skandynawskich) odnotowano znaczny wzrost skuteczności selektywnej zbiórki odpadów komunalnych po utworzeniu Gminnych Punktów Selektywnego Gromadzenia

Odpadów – GPSGO, nazywanych również „centrami recyklingu” – CR [Zemanek i in. 2009], wdrażanych w Polsce od 2013 r. i nazywanych PSZOK-ami – Punktami Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych. W roku 2016 na obszarze Polski odnotowano znaczny wzrost udziału selektywnie zebranych odpadów, ale także wzrost masy wszystkich odebranych odpadów komunalnych. Masa zebranych odpadów komunalnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosiła średnio 303 kg, co dało wzrost o 7,3% w porównaniu do 2015 r. – 283 kg [*Infrastruktura...* 2016]. W 2016 r. z zebranych odpadów komunalnych, których masa wynosiła 11 654,3 tys. Mg, do procesu odzysku przeznaczono 62,5% (7247,7 tys. Mg), natomiast do recyklingu 27,8% (3243,5 tys. Mg). Były to odpady komunalne zebrane selektywnie (np. w PSZOK-ach) oraz odpady surowcowe wysortowane ze zmieszanych odpadów komunalnych [*Infrastruktura...* 2016].

Analiza procesów zagospodarowania odpadów komunalnych w województwie małopolskim pozwoliła stwierdzić, że główną metodą przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych było ich mechaniczno-biologiczne przetwarzanie (MBP) w regionalnych instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych, tzw. RIPOK-ach, natomiast infrastruktura do zagospodarowania odpadów cechowała się znaczącymi nadwyżkami mocy przerobowych [*Plan...* 2017]: w części mechanicznej instalacji MBP – 28%, w części biologicznej instalacji MBP – 35%, zaś instalacje do przetwarzania odpadów zielonych i innych bioodpadów – 69%.

Wykazane powyżej wartości nie odzwierciedlają sytuacji w poszczególnych regionach gospodarki odpadami. Województwo małopolskie do końca 2016 r. było podzielone na 4 regiony gospodarki odpadami (region zachodni, region tarnowski, region południowy, region sądecko-gorlicki), pomiędzy którymi nie można było transportować nieprzetworzonych odpadów komunalnych. Region zachodni (w którym zlokalizowany był Kraków) cechował się największymi nadwyżkami mocy przerobowych, natomiast niedobory mocy przerobowej RIPOK-ów wykazywane były między innymi w regionie sądecko-gorlickim. W uchwale Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 27 marca 2017 r. w sprawie wykonania *Planu Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego na lata 2016–2022* określono jeden region gospodarki odpadami komunalnymi – „region małopolski”, który tworzą gminy województwa małopolskiego i trzy gminy z województwa śląskiego (gmina Wilamowice, Miedźno oraz miasto Jaworzno). Połączenie województwa małopolskiego w jeden makroregion gospodarki odpadami nie rozwiązuje problemu w regionach. Odpady aktualnie są transportowane na większe odległości, co jest niezgodne z zasadą bliskości ich zagospodarowania. Obecny stan obiektów infrastruktury technicznej do zagospodarowania odpadów komunalnych w województwie małopolskim został przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1

Aktualny stan infrastruktury do zagospodarowania odpadów w województwie małopolskim

Typ infrastruktury do zagospodarowania odpadów	Liczba obiektów
PSZOK	98
Kompostownia	14
Instalacja MBP	15
Instalacja termicznego przekształcania odpadów	1
Składowisko	11
Instalacje do recyklingu odpadów	24
Instalacje do innego niż recykling zagospodarowania odpadów budowlanych i rozbiórkowych	90
Instalacje do doczyszczania odpadów	75
Inne instalacje	134

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Plan...* [2017].

Sądecko-gorlicki region gospodarki odpadami położony jest w południowo-wschodniej części województwa małopolskiego. W granicach regionu sądecko-gorlickiego znajdują się gminy powiatu limanowskiego, gorlickiego, nowosądeckiego wraz z miastem Nowy Sącz oraz gminy miejsko-wiejskie, m.in. Krynica-Zdrój. Region ten charakteryzuje się bardzo dużą powierzchnią terenów zalesionych i objętych ochroną.

Według stanu na 31 grudnia 2014 r. region sądecko-gorlicki zamieszkiwało 412 823 mieszkańców, co stanowi 12,2% wszystkich mieszkańców województwa małopolskiego [*Plan...* 2017]. Masa wytwarzanych odpadów komunalnych w analizowanym regionie w 2014 r. kształtowała się na poziomie 83 166 Mg, co stanowi 8,4% wszystkich wytworzonych odpadów w województwie małopolskim. W przeliczeniu na jednego mieszkańca regionu sądecko-gorlickiego wskaźnik wytwarzania odpadów wynosił 201 kg.

Podstawową metodą przetwarzania strumienia zmieszanych odpadów komunalnych w regionie sądecko-gorlickim jest proces MBP, który cechuje się znacznym niedoborem mocy w części mechanicznej, wynoszącym 86%, oraz niewielką nadwyżką mocy w części biologicznego przetwarzania odpadów, wynoszącą 8%. Przyczyną niedoboru mocy może być fakt, że w regionie sądecko-gorlickim istnieje tylko jedna instalacja RIPOK – MBP. Na badanym obszarze znajdują się jeszcze dwie instalacje przeznaczone do składowania odpadów komunalnych oraz jedna instalacja do przetwarzania bioodpadów (kompostownia) w gminie Nowy Sącz.

Zgodnie z danymi GUS w latach 2016–2028 prognozowany jest wzrost liczby ludności regionu sądecko-gorlickiego do 418 211 osób, a co za tym idzie – wzrost masy wytwarzanych odpadów komunalnych z 83 166 Mg w 2014 r. do 90 572 kg w 2028 r. Na obszarze badań nie występuje instalacja RIPOK

służąca do termicznego przekształcania odpadów (spalarnia), a obecna liczba instalacji RIPOK zajmująca się procesem MBP (mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów) jest niewystarczająca, o czym świadczą wyżej podane niedobory mocy. Prognozowany wzrost liczby wytwarzanych odpadów komunalnych, w tym także bioodpadów, wskazuje na potrzebę budowania nowych instalacji RIPOK.

Celem pracy i zarazem analizy wielokryterialnej jest znalezienie (za pomocą wyznaczonych kryteriów) potencjalnych lokalizacji pod budowę nowych obiektów zagospodarowania odpadów komunalnych (typu RIPOK) w regionie sądecko-gorlickim.

2. Metodyka badań – wykorzystanie GIS w poszukiwaniu lokalizacji nowych obiektów gospodarki odpadami

Aktualnie brak jest precyzyjnych przepisów prawnych oraz ściśle określonych metod lub procedur wskazywania potencjalnych lokalizacji obiektów przeznaczonych do zagospodarowania odpadów komunalnych. Ich obecne położenie w dużej mierze zależy od wydanych kilka lat temu decyzji środowiskowych. Proces wskazywania lokalizacji nowych obiektów zagospodarowania odpadów komunalnych jest wieloetapowy, wymaga obszernej identyfikacji i oceny potencjału danego obszaru, zaś podstawowa trudność wykonania analizy wynika z konieczności dostosowania się do odpowiednich uwarunkowań nie tylko środowiskowych, ale przede wszystkim społecznych.

Opracowanie zasad poszukiwania potencjalnych lokalizacji nowych obiektów gospodarki odpadami zostało poprzedzone pracami studyjnymi polegającymi na:

- wybraniu 5 istniejących instalacji RIPOK zlokalizowanych na terenie południowej Małopolski,
- doborze kryteriów lokalizacyjnych (obiektów środowiska przyrodniczego, w tym obiektów antropogenicznych), na które obiekty zagospodarowania odpadów mogą oddziaływać w sposób istotny,
- wykonaniu pomiarów określających odległości pomiędzy obiektami zbierania (PSZOK) i zagospodarowania (RIPOK) odpadów a wybranymi elementami środowiska w celu określenia szerokości stref buforowych dla każdego elementu środowiska przyrodniczego.

Pomiary zostały wykonane za pomocą portalu internetowego Geoportal [<http://www.geoportal.gov.pl/>], w którym ustalono odległości pomiędzy RIPOK-ami a poszczególnymi elementami środowiska (kryteriami lokalizacyjnymi): rzeka, zbiorniki wodne, las, park, grunty orne, centrum miasta,

droga główna, zabudowania mieszkalne, szpital, szkoła, zakłady przemysłowe. Ponadto wykorzystano zasoby Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska [<http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>] w kierunku analizy odległości do następujących kryteriów lokalizacyjnych: rezerwatów przyrody, pomnika przyrody, obszaru chronionego krajobrazu, obszaru Natura 2000, parku narodowego. W analizach skorzystano także z Ogólnopolskiej Bazy Kolejowej [<https://www.bazakolejowa.pl/>] w zakresie położenia torów kolejowych, a także z Systemu Przetwarzania Danych Krajowej Służby Hydrogeologicznej [<http://spdpsh.pgi.gov.pl/PSHv7/>] w kwestii położenia ujęć wody pitnej. Wybrane do analizy instalacje RIPOK wraz z wynikami pomiarów zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Dystans [m] pomiędzy istniejącymi obiektami RIPOK a wybranymi do analizy elementami środowiska przyrodniczego

Elementy środowiska	ZZO Nowy Sącz	KOMPOSTECH Nowy Sącz	SURPAP Nowy Sącz	EMPOL Gorlice	SKŁADOWISKO Stary Sącz	Wartość średnia	Wartość
Ujęcie wody pitnej	150	150	400	500	900	420	150
Rzeka	150	700	2300	270	50	694	50
Zbiorniki wodne	1000	700	4400	15200	2100	4680	700
Las, park	30	300	260	220	20	166	20
Rezerwat przyrody	6200	4800	9800	8800	10200	7960	4800
Pomnik przyrody	500	850	1300	1250	1300	1040	500
Obszar chronionego krajobrazu	600	450	1600	4000	0	1330	0
Obszar Natura 2000	700	560	1800	1350	3500	1582	560
Park narodowy	29000	30000	26000	8200	19000	22440	8200
Grunty orne	50	50	900	240	150	278	50
Centrum miasta	1800	3500	2300	3000	1900	2500	1800
Droga główna	430	15	15	210	70	148	15
Zabudowania mieszkalne	200	60	160	240	550	242	60
Szpital	2450	4200	1600	3400	7860	3902	1600
Szkoła	500	950	200	1300	1500	890	200
Zakłady przemysłowe	380	200	80	150	60	174	60
Tory kolejowe	1300	960	15	400	800	695	15

Źródło: Opracowanie własne.

Dla każdego elementu środowiska ustalono minimalny i średni dystans dzielący obiekt zagospodarowania odpadów od kryterium wykluczającego budowę instalacji RIPOK (tab. 2). Ponadto ustalono, że powierzchnia terenu przeznaczona pod budowę instalacji RIPOK powinna być nie mniejsza niż 5000 m². Wartości te stanowiły podstawę do dalszych prac wykonywanych w programie GIS.

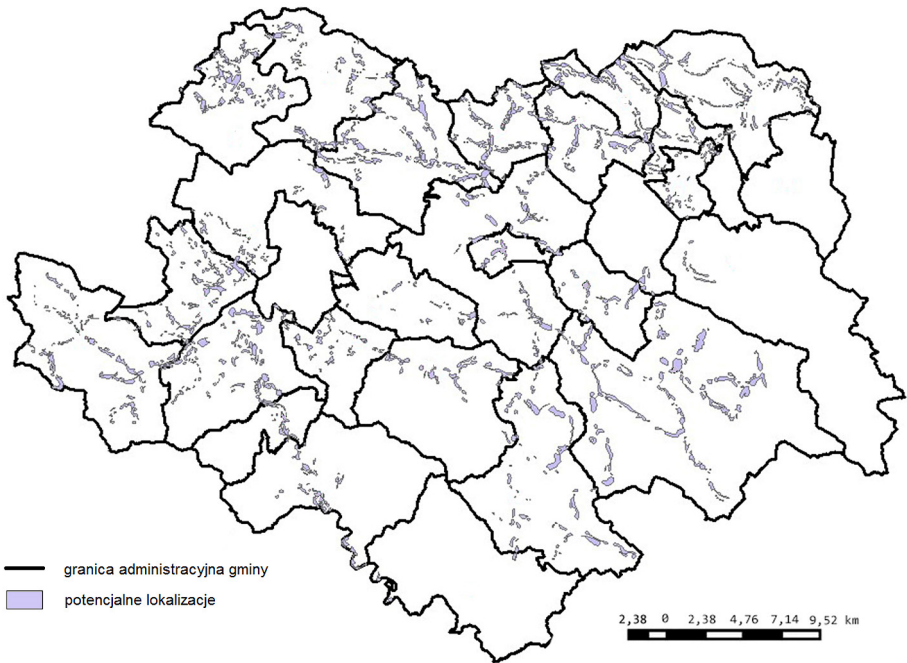
Do analizy GIS został wykorzystany program ArcView 10.3 firmy ESRI (Environmental System Research Institute), uważanej za lidera w dziedzinie programów GIS. Narzędzie to umożliwia przetworzenie i analizę zebranych danych oraz przedstawienie wyników w formie graficznej. Zastosowana technika pozwala na przeprowadzenie kompleksowej analizy regionu sądecko-gorlickiego pod kątem poszukiwań optymalnej lokalizacji pod budowę nowych obiektów odbioru i zagospodarowania odpadów komunalnych.

W pracy wykorzystano tak zwaną algebrę Boola, traktując poszczególne warstwy tematyczne (kryteria lokalizacyjne) jako zbiory danych, które można dodawać, mnożyć itd. Ustalenie potencjalnych lokalizacji nowych obiektów gospodarki odpadami było możliwe dzięki nałożeniu wszystkich terenów wykluczających lokalizację instalacji RIPOK (warstw tematycznych) na siebie. Każdą z warstw tematycznych charakteryzujących dany element środowiska powiększono o oszacowaną wcześniej szerokość strefy buforowej: odpowiednio minimalne i średnie odległości.

Jako kryterium predysponujące dany obszar do budowy RIPOK-u przyjęto warstwę tematyczną: drogi z buforem 150 m. Działanie to miało na celu zredukowanie kosztów wynikających z budowy dróg dojazdowych do nowo powstałych obiektów oraz zapewnienie firmom zajmującym się zagospodarowaniem odpadów komunalnych optymalnego ciągu komunikacyjnego pomiędzy obiektami [Zemanek i in. 2009]. Dobraną szerokość strefy buforowej: 150 m wyznaczono na podstawie analizy istniejących obiektów w regionie sądecko-gorlickim. Porównanie obszarów predysponowanych z wykluczonymi pozwoliło na wskazanie tych, które mogą stanowić potencjalne lokalizacje obiektów zagospodarowania odpadów.

3. Wyniki badań

Wyznaczone obszary predysponowane pod budowę nowych instalacji RIPOK przy zachowaniu minimalnych odległości pomiędzy istniejącymi obiektami zagospodarowania odpadów a analizowanymi elementami środowiska zajmują powierzchnię 106,05 km², co stanowi 4,12% powierzchni regionu sądecko-gorlickiego (2573 km²). Ponieważ minimalna powierzchnia dla obiektów RIPOK powinna wynosić 5000 m², to z 1260 potencjalnych obszarów



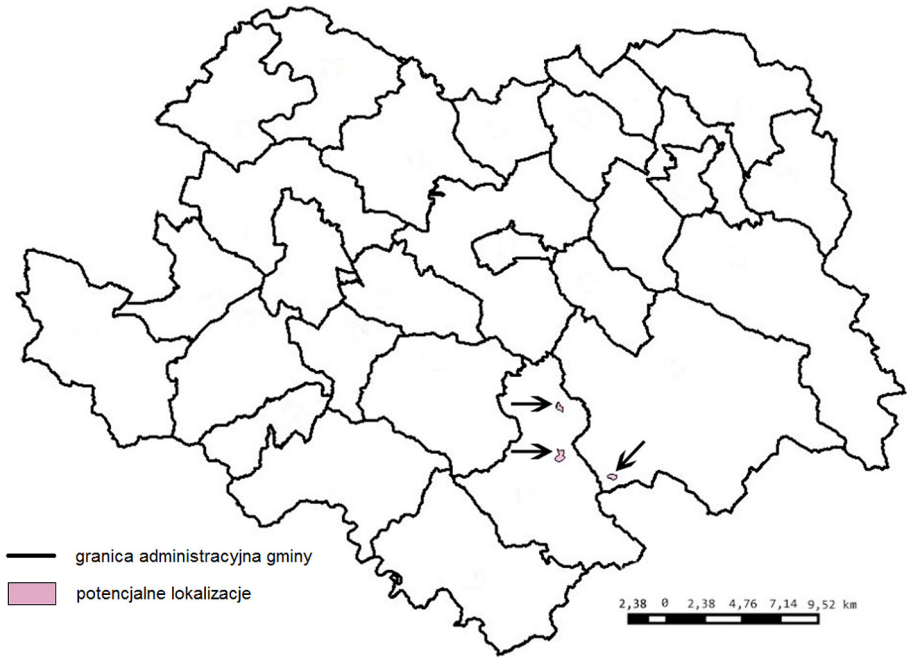
Ryc. 1. Potencjalne lokalizacje pod budowę nowych obiektów RIPOK w sądecko-gorlickim regionie gospodarki odpadami przy zastosowaniu minimalnych odległości pomiędzy istniejącymi RIPOK-ami a obiektami środowiska przyrodniczego
 Źródło: Opracowanie własne.

pozostało 1148 obszarów spełniających ten warunek (ryc. 1). Ich powierzchnia wynosi 105,71 km², co stanowi 4,11% powierzchni badanego regionu.

Obszary predysponowane pod budowę nowych instalacji RIPOK przy zachowaniu średnich odległości pomiędzy istniejącymi obiektami zagospodarowania odpadów a analizowanymi elementami środowiska zajmują powierzchnię 1,10 km², co stanowi tylko 0,4% powierzchni sądecko-gorlickiego regionu gospodarki odpadami (ryc. 2). Powierzchnia każdej z potencjalnych lokalizacji jest większa niż minimalna powierzchnia dla obiektów RIPOK (5000 m²).

Podsumowanie

Analizowanym obszarem badań był region sądecko-gorlicki, który aktualnie nie ma wystarczającej liczby obiektów do zagospodarowania odpadów komunalnych. W wyniku analiz stwierdzono, że:



Ryc. 2. Potencjalne lokalizacje pod budowę nowych obiektów RIPOK w sądecko-gorlickim regionie gospodarki odpadami przy zastosowaniu średnich odległości pomiędzy istniejącymi RIPOK-ami a obiektami środowiska przyrodniczego

Źródło: Opracowanie własne.

- narzędzie ArcView GIS 10.3 doskonale nadaje się do przeprowadzania badań w kierunku poszukiwania potencjalnych lokalizacji dla obiektów gospodarki odpadami,
- opracowana procedura badań pozwoliła na wyznaczenie potencjalnych lokalizacji RIPOK-ów w regionie sądecko-gorlickim, przede wszystkim z wykorzystaniem stref buforowych przyjętych na podstawie minimalnych i średnich odległości pomiędzy istniejącymi obiektami gospodarki odpadami a poszczególnymi elementami środowiska przyrodniczego (kryterium lokalizacyjne),
- zastosowana procedura badań pozwoliła na wyznaczenie 1260 lokalizacji dla instalacji RIPOK-ów, przy przyjęciu minimalnych odległości od poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego i 150-metrowego buforu od głównych dróg oraz 3 potencjalnych lokalizacji przy zastosowaniu średnich odległości dzielących istniejące RIPOK-i i poszczególne elementy środowiska przyrodniczego.

Literatura

- Broniewicz E., 2017, *Gospodarowanie przestrzeni w warunkach zrównoważonego rozwoju*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Fogel P., 2007, *Bazy danych GIS w planowaniu przestrzennym na poziomie lokalnym*. Polskie Towarzystwo Informatyki, Roczniki Geomatyki, V, 7: 39–45.
- Infrastruktura Komunalna w 2015 r.*, 2017, GUS, Warszawa.
- Lorens P., 2005, *Gospodarowanie przestrzeni a polityka równoważenia rozwoju*. Studia regionalne i Lokalne, 4(22): 27–34.
- Ogrodnik K., 2017, *Współczesne koncepcje zrównoważonego rozwoju miast – wybrane przykłady w teorii i praktyce. Gospodarowanie przestrzeni w warunkach zrównoważonego rozwoju*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Plan Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego na lata 2016–2022*, 2017, Kraków.
- Zemanek J., Malinowski M., Woźniak A., 2009, *Opracowanie zasad wyboru lokalizacji „centrum recyklingu z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej GIS*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5.

Strony internetowe

- www.bazakolejowa.pl [dostęp: 10.09.2017].
- www.geoportal.gov.pl [dostęp: 9.09.2017].
- www.geoserwis.gdos.gov.pl/mapy [dostęp: 9.09.2017].
- www.spdpsh.pgi.gov.pl [dostęp: 11.09.2017].