



Monika Kolendo • Łukasz Kolendo

# MODEL DECYZYJNY GIS WE WSPOMAGANIU WYBORU LOKALIZACJI SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH (NA PRZYKŁADZIE CZĘŚCI POWIATU BIAŁOSTOCKIEGO)

---

Monika Kolendo, studentka kierunku gospodarka przestrzenna – Politechnika Białostocka  
Łukasz Kolendo, student kierunku gospodarka przestrzenna – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

e-mail: lukasz.kolendo@gmail.com

## GIS DECISION MODEL IN SUPPORTING OF SELECTION OF LOCALIZATIONS FOR MUNICIPAL LANDFILL SITES (USING AS AN EXAMPLE PART OF BIALOSTOCKI DISTRICT)

**SUMMARY:** Selection of localizations for municipal landfills is one of problems in multicriteria decision making. The usage of GIS allows to apply criteria from the legal directives and to conduct spatial assessment in account of the area usability for waste deposition. As a result of using GIS we obtain data helpful in finding terrain predisposed for waste deposition and to report the areas where landfills localization should definitely forbidden. GIS is a system for capturing, storing, managing, processing and displaying the data spatially referenced to the surface of the Earth. The paper presents an example of using GIS as a tool for selecting areas for municipal landfills sites on the example of the part of białostocki district.

**KEY WORDS:** GIS, support decision, localizations of landfill sites

---

## Wstęp

W przyrodzie nie ma żadnych odpadów, a z rozkładu roślin i ciał zwierząt utrzymuje się całościowy cykl życia na Ziemi. Odpady wygenerował człowiek, a konsumpcjonizm doprowadził do ich ogromnej ilości<sup>1</sup>. W Polsce składowanie odpadów jest najpopularniejszą metodą pozbywania się odpadów komunalnych, a większość technologii utylizacji odpadów stałych kończy się wydzieleniem odpadu kierowanego do składowania. Nieprawidłowa lokalizacja i eksploatacja składowiska oddziałują negatywnie na wszystkie elementy środowiska naturalnego (gleby, wody podziemne i powierzchniowe, rośliny powietrze), a nieuszczelnione dno składowiska powoduje powstawanie gazu składowiskowego i odcieków przenikających przez podłoże i skarpy składowiska, stając się tym samym źródłem trwałego zanieczyszczenia gleb i wód podziemnych<sup>2</sup>.

Wybór lokalizacji składowiska odpadów komunalnych należy do wielokryterialnych problemów decyzyjnych. W 2008 roku Wota i Woźniak<sup>3</sup> zaproponowali metodykę wyboru lokalizacji składowiska odpadów komunalnych opierającą się na technice GIS (*Geographic Information Systems*) w połączeniu z wielokryterialną metodą podejmowania decyzji AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Pierwszy etap polega na budowie modelu decyzyjnego GIS, który umożliwi wykluczenie obszarów niewłaściwych dla procesu wyboru lokalizacji składowiska odpadów komunalnych. Drugi etap opiera się na modelu decyzyjnym AHP, którego celem jest wycena zbioru obszarów predysponowanych do składowania. Połączenie tych metod daje możliwość uwzględnienia wymagań regulacji formalnoprawnych i minimalizowania kosztów ekonomicznych, technicznych, środowiskowych oraz społecznych.

Kartografia i systemy informacji geograficznej odgrywają kluczową rolę w planowaniu przestrzennym. Wzrost zainteresowania wykorzystaniem technik GIS nastąpił w latach siedemdziesiątych XX wieku, kiedy dostrzeżono możliwości tworzenia czytelnych map tematycznych wspomagających proces decyzyjny<sup>4</sup>. Techniki GIS pozwalają na włączenie kryteriów wynikających z ustaleń prawnych (tak zwanych kryteriów wykluczających) i przeprowadzenie oceny przestrzennej pod kątem przydatności obszarów do składowania. W efekcie uzyskuje się tereny predysponowane do składowania oraz tereny objęte bezwzględnym zakazem lokalizowania składowisk. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie

<sup>1</sup> A. Łuniewski, S. Łuniewski, *Od prymitywnych wysypisk do nowoczesnych zakładów zagospodarowania odpadów*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2011, s. 11.

<sup>2</sup> J. Wiater, *Wpływ składowiska odpadów komunalnych na jakość wód podziemnych i właściwości gleby*, „Inżynieria Ekologiczna” 2011 nr 26, s. 133.

<sup>3</sup> A. Wota, A. Woźnika, *Metodyka wyboru lokalizacji składowisk odpadów komunalnych*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich” 2008 nr 8, s. 143.

<sup>4</sup> M. H. Carr, P. Zwick, *Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in North Central Florida*, „Journal of Conservation Planning” 2005 nr 1, s. 58.

modelu decyzyjnego GIS jako narzędzia wspomaganie procesu wyboru lokalizacji składowiska odpadów na przykładzie części powiatu białostockiego i miasta Białystok na prawach powiatu.

## Obszar opracowania

Białystok, jako największe miasto i główny ośrodek gospodarczy w Polsce północno-wschodniej, nie jest wolne od problemu gospodarowania odpadami, który jest nieodłącznym zagadnieniem funkcjonowania terenów zurbanizowanych. W latach 2010-2021 prognozuje się wzrost ilości wytwarzanych odpadów, w tym odpadów komunalnych, do 128,9 tys. Mg w 2021 roku<sup>5</sup>.

Na podstawie Aktualizacji Planu gospodarki odpadami dla miasta Białegostoku na lata 2004-2015 można stwierdzić, iż w mieście brakuje wystarczającej liczby instalacji do odzysku oraz unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Odpady do zagospodarowania kierowane są do instalacji znajdujących się poza miastem (Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych - (ZUOK) w Hryniewiczach). Została podjęta decyzja o przekazaniu miastu dotacji przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Planowana inwestycja została zasadniczo podzielona na trzy podstawowe kontrakty, z których dwa są skierowane na modernizację i rozbudowę ZUOK w Hryniewiczach. Plan Gospodarki Odpadami dla Miasta Białegostoku przewiduje gospodarkę odpadami w oparciu o Zakład Zagospodarowania Odpadów (ZZO) w Hryniewiczach, na który docelowo składają się istniejący ZUOK w Hryniewiczach oraz planowany ZUOK w Białymstoku, stanowiące obiekty i urządzenia technologiczne w procesie ich termicznego przekształcania.

Dopuszcza się, aby ZZO w Hryniewiczach składał się z kilku obiektów współpracujących ze sobą w zakresie gospodarowania odpadami, rozmieszczonych w poszczególnych miejscowościach obsługiwanego regionu. Zakład Zagospodarowania Odpadów Hryniewicze obsługiwać będzie, poza mieszkańcami miasta Białegostoku, ludność z gmin: Choroszcz, Czarna Białostocka, Dobrzyniewo Duże, Gródek, Juchnowiec Kościelny, Michałowo, Supraśl, Wasilków, Zabłudów. Obszar ZZO stanowi 77,3% powierzchni oraz obejmuje 90,1% ludności powiatu białostockiego i miasta Białystok na prawach powiatu<sup>6</sup> (rysunek 1). Jednocześnie w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami 2014<sup>7</sup> funkcjonuje zapis traktujący o skupieniu działań na likwidacji małych, nieefektywnych składowisk lokalnych i zapewnieniu funkcjonowania składowisk ponadgminnych w liczbie od 5 do 15 na terenie województwa.

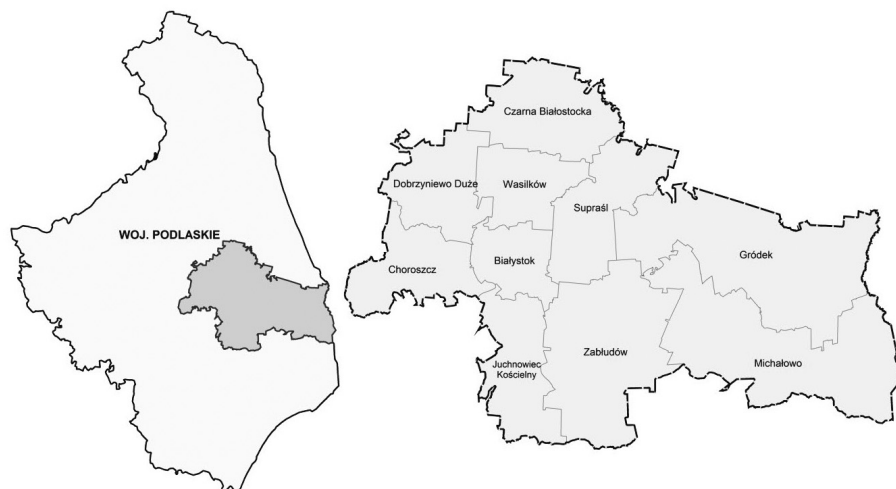
<sup>5</sup> Aktualizacja Planu gospodarki odpadami dla miasta Białegostoku na lata 2004-2015, załącznik do uchwały Nr XVIII/177/11 Rady Miejskiej Białegostoku z dnia 28 listopada 2011 r.

<sup>6</sup> *Statystyczne Vademecum Samorządowca 2011*, GUS, [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl) [02-01-2013].

<sup>7</sup> Krajowy plan gospodarki odpadami 2014, załącznik do uchwały nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. (poz. 1183).

Rysunek 1

Lokalizacja obszaru opracowania na tle województwa podlaskiego oraz gminy wchodzące w skład ZZO Hryniewicze



Źródło: opracowanie własne.

## Wykluczenie obszarów niewłaściwych

Podstawę do oceny przydatności terenów do składowania stanowią kryteria zawarte w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów<sup>8</sup>.

Do kryteriów wykluczających lokalizację tego typu instalacji zgodnie z rozporządzeniem należą:

- strefy zasilania głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), strefy ochrony ujęć wód podziemnych i powierzchniowych;
- strefy zasilania użytkowych wód podziemnych (UZWP), sąsiedztwo zbiorników wód powierzchniowych, obszary mis jeziornych i ich stref krawędziowych;
- obszary parków narodowych i ich otulin, obszary lasów ochronnych, obszary rezerwatów przyrody i ich otulin;
- strefy osuwisk i zapadlisk terenu (w tym powstające w wyniku zjawisk kraśowych oraz zagrożonych lawinami);
- tereny wychodni skał zwięzłych porowatych, skrasowiałych i skawernowanych;
- doliny rzek, tereny źródłiskowe, bagienne i podmokłe, obszary bezpośredniego lub pośredniego zagrożenia powodzią;

<sup>8</sup> (Dz.U. 2003 nr 61 poz. 549).

- tereny zaangażowane glacictektonicznie lub tektonicznie, tereny spękanе lub uszczelinowacone;
- tereny o nachyleniu powyżej 10<sup>o</sup>, tereny poprzecinane uskokiemi;
- tereny o możliwościach wystąpienia deformacji szkód górniczych;
- gleby klas I i II, obszary ochrony uzdrowiskowej, zabudowa zwarta, lotniska.

Do pozyskania informacji na temat przestrzennego rozmieszczenia kryteriów wykluczających wykorzystano dane rastrowe udostępniane przez Regionalną Dyрекcję Lasów Państwowych w Białymstoku poprzez serwis WMS (*Web Map Service*), treści wektorowe pochodzące z zasobów Centralnej Bazy Danych Geologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz mapy topograficzne w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1965.

Do przetwarzania zgromadzonych danych przestrzennych wykorzystano oprogramowanie z zakresu Systemów Informacji Przestrzennej (SIP) – *Geomedia Professional*. Dane wejściowe umieszczono w jednorodnie zdefiniowanym układzie odniesienia programu geoinformacyjnego. Następnie utworzono bazy danych w postaci warstw tematycznych, składających się z obiektów przestrzennych i ich atrybutów opisowych, odpowiadających poszczególnym kryteriom wykluczającym. W toku generowania obszarów predysponowanych do składowania przeprowadzono szereg analiz przestrzennych z wykorzystaniem oprogramowania GIS. Operacje na geometrii obiektów wektorowych obejmują głównie działania z zakresu edycji geometrii, nakładania i buforowania obiektów przestrzennych<sup>9</sup>.

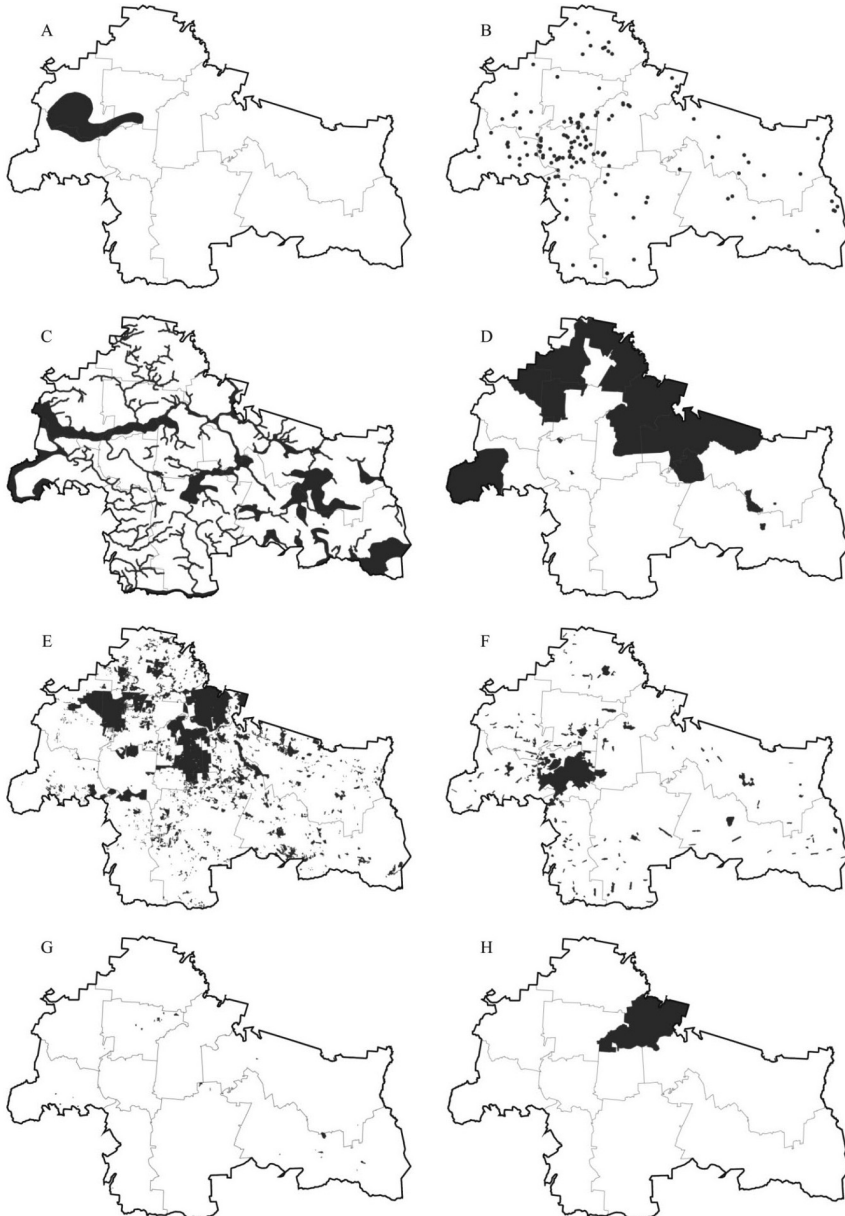
W granicach opracowania występuje strefa zasilania głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) – pradolina rzeki Supraśl zlokalizowana w zachodniej części badanego obszaru o łącznej powierzchni ponad 82,79 km<sup>2</sup> (rysunek 2A). W ramach ZZO Hryniewicze zlokalizowano łącznie 148 ujęć wód, które poprzez nadanie atrybutów nieprzestrzennych zróżnicowano na ujęcia powierzchniowe (63) oraz podziemne (85). Obiekty rozmieszczone są głównie na terenie gminy Białystok. Przyjęto strefę buforową wokół każdego ujęcia o szerokości 350 m (rysunek 2B).

W ramach kryterium hydrologicznego na obszarze ZZO Hryniewicze odnotowano Stawy Dojlidzkie na terenie Białegostoku oraz część Zbiornika Siemianówka w gminie Michałowo. Doliny rzeczne zdefiniowano poprzez utworzenie ekwidystanty wokół osi cieku o szerokości 150 m. Posłużyły one do wyznaczenia terenów podmokłych i zagrożonych podtopieniami, do których zaliczono także powierzchnie rozbudowanych sieci melioracyjnych, zlokalizowanych głównie w gminach Michałowo i Gródek (rysunek 2C).

W granicach opracowania wyznaczono fragment Narwiańskiego Parku Narodowego (15,83 km<sup>2</sup>) oraz obszar jego otuliny (67,01 km<sup>2</sup>). Analizowane obiekty przestrzenne znajdują się w całości na terenie gminy Choroszcz. W granicach ZZO Hryniewicze odnotowano 15 rezerwatów przyrody. Zlokalizowane są głów-

<sup>9</sup> L. Kaczmarek, *Pozyskiwanie i przetwarzanie danych na potrzeby ocen środowiska przyrodniczego*, w: *Praktyczne aspekty ocen środowiska przyrodniczego*, red. S. Bródka, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2010, s. 143-144.

Rysunek 2  
 Tereny wykluczone z funkcji składowania odpadów w ramach ZZO Hryniewicze



Legenda:

A – obszar GZWP, B – powierzchniowe i podziemne ujęcia wód wraz ze strefą buforową, C – sieć hydrologiczna, obszary podmokłe i zagrożone podtopieniami, D – obszar parku narodowego i jego otuliny, rezerwatów przyrody i parku krajobrazowego, E – tereny lasów ochronnych, F – zwarta zabudowa, G – obszary górnicze, H – tereny objęte strefą uzdrowiskową

Źródło: opracowanie własne.

nie w północno-wschodniej części opracowania, na terenach gmin ościennych (Supraśl, Czarna Białostocka i Gródek). Na obszarze miasta Białegostoku znajdują się dwa rezerwaty przyrody: Antoniuk i Las Zwierzyniecki. Rezerwaty zajmują łącznie powierzchnię równą 30,68 km<sup>2</sup>. Na terenie badań zlokalizowany jest znaczny obszar Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej im. Witolda Sławińskiego – 532,90 km<sup>2</sup>. Zgodnie z rozporządzeniem z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie wymagań dotyczących lokalizacji składowisk park krajobrazowy nie należy do grupy kryteriów wykluczających, jednak na potrzeby opracowania zaliczono go do grupy kryteriów twardych, ponieważ na podstawie zapisów Planu Ochrony Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej<sup>10</sup> na terenie tym zakazuje się lokalizowania składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych. Park krajobrazowy rozciąga się w północnej części opracowania (gminy Gródek, Supraśl, Wasilków, Czarna Białostocka, Dobrzyniewo Duże), (rysunek 2D).

Z uwagi na duży stopień lesistości i występowanie licznych powierzchniowych oraz punktowych form ochrony przyrody na terenie powiatu białostockiego lasy ochronne stanowią znaczną powierzchnię wykluczającą lokalizację składowiska odpadów w ramach gmin wchodzących w skład ZZO Hryniewicze. W wyniku wektoryzacji treści rastrowych pozyskano łącznie 948 obiektów powierzchniowych należących do klasy lasów ochronnych, co stanowi 14,4% terenu opracowania. Zwarte jednostki przestrzenne odnotowano w północnej części – gmina Dobrzyniewo Duże, Supraśl i Wasilków. Na pozostałym obszarze lasy ochronne zlokalizowane są niemal równomiernie (rysunek 2E).

Jednym z kryteriów wynikających z rozporządzenia jest zwarta zabudowa. Obszar opracowania zamieszkuje łącznie ponad 392 tys. osób. W ramach tego warunku wyznaczono jednostki przestrzenne budynków o funkcjach mieszkalnych, gospodarczych, przemysłowych i innych (rysunek 2F). Przy delimitacji obszarów zwartej zabudowy pominięto pojedyncze zabudowania i małe miejscowości, które są uwzględniane przy wycenie konkretnych wariantów analizy AHP. Największe obszary zwartej zabudowy odnotowano w miejscach występowania głównych ośrodków miejskich badanego terenu. Należą do ich między innymi Białystok, Wasilków, Czarna Białostocka, Choroszcz, Michałowo oraz Gródek, a także inne większe miejscowości obszarów wiejskich.

W ramach kryteriów wykluczających wyszczególniono również tereny o możliwościach wystąpienia szkód górniczych. Są to niewielkie powierzchniowo obszary, zlokalizowane głównie na terenach gmin Choroszcz, Wasilków, Michałowo. Związane są z odkrywkowym wydobywaniem surowców w postaci kruszyw (żwirownia w gminie Czarna Białostocka) oraz torfu (gmina Michałowo), (rysunek 2G). W ramach ZZO Hryniewicze występuje obszar ochrony uzdrowiskowej, zajmujący ponad połowę powierzchni gminy Supraśl (107,18 km<sup>2</sup>), (rysunek 2H). Na obszarze badań nie odnotowano terenów o glebach I i II klasy bonitacyjnej<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Plan ochrony Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej im. Profesora Witolda Sławińskiego, Załącznik do rozporządzenia nr 22/01 Wojewody Podlaskiego z dnia 9 sierpnia 2001 r.

<sup>11</sup> Program nawodnień rolniczych województwa podlaskiego na lata 2007-2013, załącznik nr 1 do uchwały 87/1181/08 Zarządu Województwa Podlaskiego z dnia 6 maja 2008 r.

W przedstawionej analizie nie prezentowano danych dotyczących niektórych kryteriów wykluczających ze względu na brak pewnych procesów i zjawisk fizycznych, na przykład obszarów sejsmicznie aktywnych na terenie powiatu białostockiego. Jednym z kryteriów wykluczających jest nachylenie terenu większe niż  $10^\circ$ , jednak w opracowaniu zrezygnowano z generowania mapy spadków na rzecz późniejszej analizy, w tym w aspekcie poszczególnych wariantów lokalizacji składowiska odpadów.

W celu wygenerowania obszarów predysponowanych do składowania odpadów komunalnych dokonano sumy przestrzennej terenów odpowiadających poszczególnym kryteriom wykluczającym. W wyniku tej operacji powstała nowa warstwa tematyczna, zawierająca powierzchnie, które obligatoryjnie należy wykluczyć przy rozpatrywaniu kolejnych lokalizacji zakładu unieszkodliwiania odpadów komunalnych w ramach ZZO Hryniewicze. Tereny wykluczone ze składowania odpadów to głównie obszary gmin Gródek, Wasilków, Supraśl, Czarna Białostocka oraz Choroszcz i Dobrzyniewo Duże, przede wszystkim ze względu na znaczny udział pokrycia prawnymi formami ochrony przyrody.

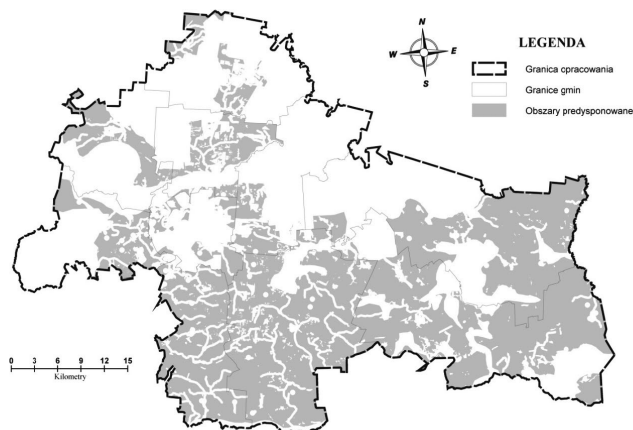
## Tereny predysponowane do składowania

Operacja różnicy przestrzennej pomiędzy obszarem opracowania a terenami wykluczonymi pozwoliła na wygenerowanie obszarów predysponowanych do składowania, które mogą podlegać dalszej analizie i ocenie. Z analizy geometrii obiektów przestrzennych wynika, iż w wyniku zastosowania technik GIS w pierwszym etapie odrzucono 1254,69 km<sup>2</sup> powierzchni całkowitej ZZO Hryniewicze, co stanowi 54,5% obszaru opracowania. Największymi rezerwami terenu pod funkcję składowania odpadów komunalnych dysponują gminy Juchnowiec Kościelny (73,59% obszaru gminy), Zabłudów (73,25%) oraz Michałowo (62,61%), zlokalizowane w południowej części analizowanego obszaru (rysunek 3). Odmienna sytuacja występuje w centralnej i północnej części badanego obszaru, gdzie udział terenów predysponowanych do składowania odpadów kształtuje się na poziomie 13,66% w gminie Supraśl oraz 13,67% w gminie Czarna Białostocka. Wyższe wartości w przedziale 20-30% odnotowano na terenach gmin Białystok, Dobrzyniewo Duże oraz Choroszcz. Taki rozkład badanej cechy jest związany głównie z uwarunkowaniami przyrodniczymi w postaci występowania rozległych obszarów prawnie chronionych w gminach zlokalizowanych w północnym pasie obszaru badań.

Wyniki uzyskane w procesie stosowania modelu decyzyjnego GIS stanowią dane wejściowe do drugiego etapu analizy, polegającego na wyborze wariantów lokalizacji oraz utworzenia ich końcowego rankingu przy użyciu wielokryterialnej metody podejmowania decyzji - *Analytic Hierarchy Process*.



Rysunek 3  
Rozmieszczenie terenów predysponowanych do składowania odpadów komunalnych  
w ramach ZZO Hryniewicze



Źródło: opracowanie własne.

## Podsumowanie

Techniki systemów informacji przestrzennej umożliwiły dokonanie kompleksowej oceny przestrzennej pod kątem przydatności obszarów do posadzenia funkcji składowania odpadów komunalnych. Pozwoliły na szerokie ujęcie kryteriów wynikających z uwarunkowań prawnych, co w konsekwencji przełożyło się na zdefiniowanie grup terenów wykluczonych oraz wstępnie predysponowanych do funkcji składowania odpadów. W wyniku analizy przestrzennej obszaru opracowania wykluczono lokalizowanie składowiska odpadów komunalnych na około 55% terenu objętego ZZO Hryniewicze.

Systemy geoinformacyjne stanowią obecnie skuteczne narzędzie do gromadzenia, analizowania, przetwarzania, a także wizualizacji danych przestrzennych, służą do opisu, wyjaśniania i przewidywania rozkładu zjawisk przestrzennych<sup>12</sup>. Niewątpliwym atutem tego typu narzędzi jest możliwość łączenia informacji pochodzących z różnych źródeł (dane rastrowe, wektorowe, zestawienia tabelaryczne), a następnie wykorzystania ich do rozwiązywania problemów przestrzennych, w tym decyzyjnych, przed którymi niejednokrotnie stają samorządy terytorialne. W tym przypadku warte uwagi stają się usługi w zakresie Infrastruktury Danych Przestrzennych (SDI), takich jak serwisy WMS i WFS, umożliwiające indywidualne budowanie systemów GIS poprzez możliwość łączenia

<sup>12</sup> J.C. Griffiths, W.T. Dushenko, *Effectiveness of GIS suitability mapping in predicting ecological impacts of proposed wind farm development on Aristazabal Island, BC*, „Environment, Development and Sustainability” 2011 nr 13, s. 957.

map z różnych portali mapowych w środowisku oprogramowania geoinformacyjnego. Obecnie możliwości pozyskiwania danych przestrzennych są bardzo duże i stale się zwiększają. W przypadku organów administracji publicznej zasoby te mogą być wykorzystywane nieodpłatnie w zakresie realizacji niezbędnych zadań publicznych<sup>13</sup>. Ograniczeniem w związku ze stosowaniem narzędzi gisowskich może być wysoki koszt zakupu licencji oprogramowania. Alternatywą dla tych produktów są dynamicznie rozwijające się oprogramowania z zakresu tak zwanego *open source software*, pozwalające na analizowanie złożoności środowiska przyrodniczego na poziomie porównywalnym z ich komercyjnymi odpowiednikami.

Techniczne i ekonomiczne korzyści płynące z możliwości stosowania technik GIS, głównie w planowaniu przestrzennym, nie są jednak w pełni wykorzystywane przez samorzady terytorialne, co wynika z faktu, że pracownicy gmin jedynie w niewielkim i wysoce niewystarczającym stopniu wykorzystują dane przestrzenne oraz systemy *Geographic Information System*<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> (Dz.U. 2010 nr 76 poz. 489).

<sup>14</sup> K. Fiedziukiewicz, M. Rusztecka, E. Wołoszyńska, *Kompetencje GIS w urzędach gmin*, „Geodata. Magazyn Geoinformacyjny” 2009 nr 6, s. 20.