

*systemy wspomagania decyzji,  
ochrona środowiska, gospodarka odpadami*

Justyna GÓRNIAK-ZIMROZ\*

## **WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI W GOSPODARCE ODPADAMI**

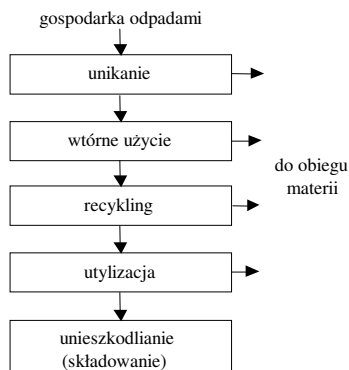
Coraz większe wymagania stawiane w zakresie szeroko pojętej ochrony i zarządzania zasobami środowiska wymagają zastosowania zaawansowanych systemów informatycznych, a w szczególności rozbudowanych Systemów Wspomagania Decyzji. Najczęściej są to specjalizowane programy komputerowe wykorzystujące inteligentne techniki przetwarzania informacji. Ze względu na przestrzenny charakter danych naturalnym kierunkiem jest zastosowanie w takich systemach technologii GIS. Dodatkowo, ze względu na rozwój technik komputerowych, coraz częstsze zastosowanie znajduje modelowanie i symulacja zjawisk oraz procesów zachodzących w środowisku naturalnym. W artykule przedstawiono zalety tak zdefiniowanego modułowego Systemu Wspomagania Decyzji w zastosowaniu do zarządzania zasobami środowiska. Dokonano analizy wybranych rozwiązań na świecie i w Polsce. Szczególny nacisk postawiono na korzyści wynikające z zastosowania Systemów Wspomagania Decyzji w gospodarce odpadami, np.: wybór optymalnej lokalizacji składowiska, model generacji i dystrybucji odpadów itp. Wykazano potencjalne korzyści płynące z wdrożenia Systemów Wspomagania Decyzji w gospodarce odpadami i podkreślono konieczność prowadzenia dalszych badań w kierunku ich rozwoju.

### **1. WPROWADZENIE**

Dla osiągnięcia celów założonych w *Polityce Ekologicznej Państwa* oraz dla realizacji podstawowych zasad postępowania z odpadami (rys. 1) określonych w polskim i unijnym prawodawstwie związanym z gospodarką odpadami, a także dla stworzenia w Polsce zintegrowanej i wystarczającej sieci instalacji i urzędzeń do odzysku i unieszkodliwiania odpadów spełniających wymagania określone w przepisach o ochronie środowiska w Polsce, opracowywane są plany gospodarki odpadami na szczeblu krajowym, wojewódzkim, powiatowym i gminnym. Plany te określają aktualny stan gospodarki odpadami, prognozowane zmiany w zakresie

---

\* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław



Rys. 1. Zasady gospodarki odpadami [17]  
Fig. 1. The waste management principles

gospodarki odpadami, działania zmierzające do poprawy sytuacji w zakresie gospodarowania odpadami, instrumenty finansowe służące realizacji zamierzonych celów oraz system monitorowania i oceny realizacji zamierzonych w planach celów. Plany te zawierają również podstawowe dane charakteryzujące obszar, dla którego jest sporządzany plan gospodarki odpadami, czyli takie dane jak położenie geograficzne, dane o wielkości i rozmieszczeniu ludności, dane o obiektach infrastruktury, dane o terenach zielonych, dane o terenach chronionych oraz dane dotyczące działalności przemysłowej

[9, 10]. Plany są sporządzane w formie elektronicznej oraz w formie pisemnej i są wykorzystywane jako źródło danych i informacji dotyczących stanu gospodarki odpadami w kraju, województwach, powiatach lub w gminach. Zastosowanie w zarządzaniu odpadami zaawansowanych systemów informatycznych w postaci Systemów Wspomagania Decyzji (ang. *Decision Support Systems – DSS*) pozwala przejść z dotychczasowej biernej pozycji zarządzania odpadami do bardziej aktywnej ułatwiającej podjęcie decyzji podczas rozwiązywania problemów planistycznych związanych z dokładnym rozpoznaniem ilości i jakości odpadów wytwarzanych w rozproszonych źródłach, z organizacją systemu zbiórki i systemu transportu odpadów, z inwentaryzacją obiektów związanych z gospodarką odpadami oraz z rozwiązywaniem problemów związanych z lokalizacją nowych obiektów związanych z odpadami.

## 2. SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI

Systemy Wspomagania Decyzji (DSS) są stosowane w obszarach, gdzie rozpatrywane zadania są szczególnie złożone i do ich rozwiązania potrzebne jest pozyskanie przestrzennych i nie przestrzennych danych, w tym doświadczenia i wiedzy od ekspertów z analizowanej dziedziny lub z innych dziedzin wpływających na rozwiązanie tego zadania. W wielu krajach DSS mają szerokie zastosowanie w rozwiązywaniu zagadnień związanych z planowaniem zagospodarowania przestrzennego, a zwłaszcza z planowaniem działalności w strefie usług publicznych. Dlatego też zastosowanie DSS w planowaniu gospodarki odpadami może być bardzo użytecznym narzędziem do planowania i monitorowania tego sektora gospodarki pomimo wymagania dość dużych zasobów informacji potrzebnych do jego budowy.

Systemy Wspomagania Decyzji bardzo często łączą w sobie działanie kilku różnych systemów. Według Lukashch'a i in. [26] dodanie przestrzennego odniesienia danym tworzącym system i wynikom uzyskanym w systemach eksperckich (ang. *Expert Systems* – ES) i w modelach symulacyjnych (ang. *Simulations Models* – SM) oraz zbudowanie go w jednym środowisku programowym pozwoli na znaczne poszerzenie działalności takiego systemu, na stworzenie wirtualnej wersji rzeczywistych problemów pozwalającej na lepsze oddanie i zrozumienie analizowanych zjawisk oraz na podjęcie najlepszej ostatecznej decyzji przez użytkownika systemu. Przestrzenne rozmieszczenie parametrów na wejściu i wyników na wyjściu systemu wykonane w geograficznym systemie informacyjnym (ang. *Geographic Information Systems* – GIS) ułatwia modelowanie, wizualizację wyników i ostateczne podjęcie decyzji przez użytkownika systemu. System ekspercki jest tutaj przydatny do szacowania parametrów wejściowych i interpretacji otrzymanych podczas modelowania symulacyjnego wyników. W ten sposób trzy technologie wzajemnie się uzupełniają w jednym Systemie Wspomagania Decyzji. Taka integracja wymaga budowy odpowiedniego interfejsu ułatwiającego użytkownikowi systemu komunikację pomiędzy systemem eksperckim, modelem symulacyjnym i geograficznym systemem informacyjnym oraz umożliwiającego wprowadzanie, przechowywanie, aktualizację, weryfikację, zarządzanie, analizę i wizualizację danych i wyników odniesionych do powierzchni Ziemi.

### 3. WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI W ZARZĄDZANIU ŚRODOWISKIEM NATURALNYM

Jednym z głównych obszarów zastosowania Systemów Wspomagania Decyzji opartych na geograficznych systemach informacyjnych są obszary związane z modelowaniem środowiska naturalnego, a dokładniej z modelowaniem jego poszczególnych składowych, czyli z modelowaniem systemów biologicznych i ekologicznych, z modelowaniem zjawisk hydrologicznych i atmosferycznych, z modelowaniem zjawisk zachodzących na i pod powierzchnią Ziemi oraz z modelowaniem i szacowaniem ryzyka oraz zagrożeń występujących w środowisku naturalnym. Systemy te są używane przez wielu badaczy środowiskowych w celu dokładniejszego poznania i zrozumienia problemów występujących w środowisku naturalnym oraz w celu szybkiego wspomaganie procesu decyzyjnego podczas zarządzania zasobami środowiska naturalnego [26].

Systemy Wspomagania Decyzji często są stosowane przez agencje rządowe kontrolujące jakość środowiska w Ameryce Północnej, Australii, Europie i w kilku państwach azjatyckich. Przykładowo Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (ang. *U.S. Environmental Protection Agency* – USEPA) i Amerykańskie Służby Geologiczne (ang. *U.S. Geological Survey* – USGS) wykorzystują DSS do

przechowywania, zarządzania, analizowania i prezentowania danych dotyczących środowiska naturalnego wymagających wsparcia przez precyzyjne modelowanie procesów zachodzących w tym środowisku oraz do obserwacji globalnych zmian zachodzących na powierzchni Ziemi, do zarządzania zasobami naturalnymi, do zarządzania wodami powierzchniowymi i podziemnymi oraz do oceny i szacowania ryzyka wynikającego ze zmian zachodzących w środowisku naturalnym.

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska współpracuje z Geograficznym Systemem Informacyjnym Region 2 (ang. *Region 2 Geographic Information System*), w którym zgromadzono ponad 200 warstw danych o różnorodnej tematyce. Jeżeli chodzi o dane związane ze środowiskiem naturalnym i jego ochroną, to w systemie Region 2 znajdują się dane dotyczące monitorowania stanu powietrza atmosferycznego i stanu wód powierzchniowych oraz podziemnych, sposobów użytkowania powierzchni ziemi, obszarów chronionych, gospodarkę odpadami niebezpiecznymi i stałymi. System Region 2 ściśle współpracuje z Narodowym Biurem Informacji Środowiskowej (tłum. autora) (ang. *The National Office of Environmental Information*), z którym wspólnie tworzy środowiskową infrastrukturę geoprzestrzenną funkcjonującą wewnątrz EPA (ang. *The EPA GIS Work Group*). Dane pozyskiwane z tego system są wykorzystywane do wykonywania analiz środowiskowych przez różne organizacje i firmy zajmujące się badaniami środowiskowymi oraz działające na lokalnym, państwowym i federalnym poziomie. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska prowadzi również hurtownię danych środowiskowych *Envirofacts*, w której przechowuje dane wpływające na jakość powietrza atmosferycznego, wód powierzchniowych i podziemnych oraz na powierzchnię ziemi w USA. Dane z tej hurtowni użytkownicy mogą otrzymywać w postaci raportów, wykresów lub map [34].

Od 1994 roku w Europie działa Europejska Agencja Środowiska (ang. *European Environment Agency - EEA*), która jest organem Unii Europejskiej zajmującym się dostarczaniem rzetelnych i obiektywnych informacji w zakresie ochrony środowiska, wspieraniem zrównoważonego rozwoju oraz pomocą w osiągnięciu znaczącej i widocznej poprawy środowiska na terenie Europy. Informacje te są przekazywane podmiotom związanym z opracowywaniem, przyjmowaniem, wdrażaniem i ocenianiem polityki w zakresie ochrony środowiska na szczeblu europejskim i krajowym oraz opinii publicznej. Aby efektywnie wspierać gromadzenie, zarządzanie oraz analizę danych EEA stworzyła i blisko współpracuje z pięcioma europejskimi centrami tematycznymi zajmującymi się: wodą, powietrzem i zmianami klimatycznymi, różnorodnością biologiczną, gospodarką zasobami i odpadami oraz środowiskiem lądowym [22, 31, 33].

Europejska Agencja Środowiska w połowie lat 90. XX wieku w ramach projektu CORINE Land Cover 1990 (ang. *CO-ordination of Information on Environment - CLC*) rozpoczęła pracę nad budową bazy danych o pokryciu terenu gromadzącą jednolite informacje o sposobie użytkowania ziemi i formach pokrycia terenu

w Europie w celu realizacji polityki ochrony i kształtowania środowiska naturalnego, a w latach 2000–2004 w ramach projektu CORINE Land Cover 2000 (CLC 2000) mapę cyfrową w technologii GIS, która zapewniła pierwsze zgodne ze standardami dane dotyczące pokrycia powierzchni Europy na rok 2000 oraz dane dotyczące zmian w pokryciu powierzchni ziemi jakie zaistniały w ciągu dziesięciolecia, czyli od momentu pierwszej inwentaryzacji CLC 1990. Baza CLC 2000 posłużyła również jako wkład do Komisji Europejskiej INSPIRE – Infrastruktura Informacji Przestrzennej w Europie (ang. *Infrastructure for Spatial Information in Europe*), której celem jest stworzenie bazy danych informacji geograficznej w systemie GIS umożliwiającej wsparcie w kształtowaniu polityki ekologicznej, w realizacji programów i strategii sektorowych, w planowaniu przestrzennym, w wspomaganiu programów rozwoju regionalnego, gospodarowaniu zasobami i jakością wód oraz zasobami przyrody oraz jako wkład do inicjatywy dotyczącej stworzenia Globalnego Monitoringu Środowiska i Bezpieczeństwa (ang. *Global Monitoring for Environment and Security* – GMES) kierowanej przez Komisję Europejską i Europejską Agencję Środowiska, który ma na celu wykorzystanie technik satelitarnych do monitorowania stanu środowiska. W Polsce jednostką odpowiedzialną za realizację projektu danych CORINE Land Cover 2000 jest Główny Inspektorat Ochrony Środowiska pełniący rolę Krajowego Punktu Kontaktowego ds. współpracy z Agencją, a bezpośrednim wykonawcą prac jest Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie [3, 4, 22, 33].

W 2003 roku Agencja przeszła reorganizację, która zapewniła przejrzysty dostęp do danych, informacji i poszczególnych ekspertów oraz umożliwiła pracę nad bardziej zintegrowanymi działaniami dotyczącymi analizy sektorowej, analizy polityki, opracowanie nowych systemów informacji opartych na geograficznych systemach informacyjnych i dotyczących takich obszarów jak wody powierzchniowe i podziemne, różnorodność biologiczna, chemikalia, odpady, jakość powietrza, zmiany klimatyczne i środowiskowe. W wyniku tej reorganizacji powstała Europejska Sieć Informacji i Obserwacji Środowiska (ang. *European Environment Information and Observation Network* – EIONET) ułatwiająca przepływ danych i informacji z poszczególnych krajów członkowskich oraz innych dostawców danych do Agencji, a następnie udostępnienia ocen i wiedzy przez Agencję krajom członkowskim i innym zainteresowanym instytucjom. Sieć EIONET obejmuje osoby indywidualne i organizacje, ich działania oraz infrastrukturę pomocniczą i narzędzia elektroniczne w postaci między innymi geograficznych systemów informacyjnych. Polska od 1 stycznia 2003 roku stała się pełnoprawnym członkiem sieci EIONET [33].

W okresie następnych pięciu lat do priorytetów Agencji należy poprawa działania sieci EIONET w celu skuteczniejszego działania Agencji, czyli zostaną wprowadzone i wzmocnione procedury standaryzacyjne zapewniające jednorodność i przejrzystość danych dla użytkowników sieci (ang. *Metadata Standard for Geographic Information EEA* – MSGI), zostanie rozbudowany system informacji przestrzennej w Europie

równoległe z inicjatywami INSPIRE i GMES, zostaną rozwinięte interaktywne narzędzia umożliwiające użytkownikom sieci analizowanie i ocenę danych środowiskowych – zostanie uruchomiony portal internetowy o szerokim zasięgu geograficznym zawierający regionalne i wybrane lokalne informacje umożliwiające zlokalizowanie aktualnych i historycznych danych o jakości środowiska [20, 31].

W 1985 roku przez Program Środowiska Narodów Zjednoczonych (ang. *United Nations Environment Programme* – UNEP) został utworzony program GRID (ang. *Global Resource Information Database*) zajmujący się gromadzeniem, przetwarzaniem i udostępnianiem informacji przestrzennej dotyczącej procesów, zjawisk i obiektów występujących na naszym globie, której użytkownikami są organizacje ONZ, rządy państw, instytucje naukowe i ekologiczne. System ten zawiera ponad 2000 numerycznych zbiorów danych o środowisku. Program GRID pełni ważną rolę w realizacji zintegrowanego programu obserwacji zjawisk na ziemi o nazwie *Earthwatch Programme*, stosując w tym celu technologie GIS oraz metody teledetekcji satelitarnej. W 1991 roku w Warszawie powołano Centrum UNEP/GRID-Warszawa spełniające rolę specjalistycznego ośrodka zajmującego się gromadzeniem i przetwarzaniem danych przestrzennych o środowisku z obszaru Polski oraz z regionu Europy Środkowo-wschodniej. Jednym z elementów działalności Centrum jest wspomaganie państwowego monitoringu środowiska w Polsce oraz popularyzacja międzynarodowych standardów w zbieraniu i przetwarzaniu danych o środowisku [35].

W Polsce informacja o stanie środowiska jest w małym stopniu wykorzystywana w procedurach zarządzania prowadzonych na szczeblu krajowym, wojewódzkim, powiatowym i gminnym. Potrzeby w tym względzie szybko rosną, w miarę wchodzenia w życie nowych regulacji prawnych oraz gdy pojawią się znaczące strumienie środków na finansowanie programów naprawczych komponentów środowiska. Systemy Wspomagania Decyzji oparte na technologiach GIS w Polsce są stosowane do monitorowania stanu środowiska, planowania rozwoju i ochrony zasobów środowiska, planowania decyzji i działań dotyczących stref zagrożonych oraz do wizualizacji zjawisk przyrodniczych. Przykładem takiego systemu może być System Informacji Geograficznej Karkonoskiego Parku Narodowego PANAGIS [36], System Informacji Przestrzennej Bieszczadzkiego Parku Narodowego [5], System GIS w Tatrzańskim Parku Narodowym [21], System Informacji Przestrzennej Wielkopolskiego Parku Narodowego [39], Centralna Baza Danych Geologicznych prowadzona przez Państwowy Instytut Geologiczny [38] oraz System Informatyczny Lasów Państwowych [28, 37]. Geograficzne systemy informacyjne były również zastosowane do analizy ryzyka i szkód powodziowych oraz wyznaczanie stref zagrożenia powodziowego na podstawie numerycznego modelu terenu prowadzonej w ramach projektu likwidacji skutków powodzi z lipca 1997 roku [25].

W latach 2000–2002 w Instytucie Ochrony Środowiska w Warszawie w ramach realizacji projektu *Establishing a National GIS-database for Nature Protection in Poland* sfinansowanego z funduszy holenderskich (PIN/MATRA) powstała

zintegrowana baza danych GIS *Ochrona Przyrody w Polsce*. W realizacji tego projektu uczestniczyło 7 instytucji udostępniających swoje bazy danych, czyli Instytut Ochrony Środowiska z Warszawy udostępnił dane dotyczące obszarów chronionych takich jak parki narodowe i krajobrazowe, rezerwy przyrody, obszary chronionego krajobrazu, Instytut Ochrony Przyrody PAN z Krakowa udostępnił dane o ostojach CORINE, Zakład Ornitologii PAN z Gdańska udostępnił dane o ostojach ptaków, Instytut Badawczy Leśnictwa z Warszawy udostępnił dane dotyczące zasięgów lasów, gatunków lasotwórczych, typów krajobrazu leśnego, regionalizacji leśnej, nadleśnictw i Leśnych Kompleksów Promocyjnych, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych z Falent udostępnił dane dotyczące torfowisk, IUCN z Warszawy udostępnił dane z sieci ECONET, a Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin z Radzikowa udostępnił dane dotyczące miejsc zbioru zasobów genowych traw i roślin uprawnych [29]. Zaletą tej bazy jest dostępność danych z różnych podbaz tematycznych w jednej aplikacji. Dane dotyczą całej Polski i dlatego stanowią kompletne i porównywalne źródło informacji o całym kraju. Baza ta jest przeznaczona do pomocy służbom i instytucjom pracującym na rzecz ochrony przyrody w Polsce. Baza może mieć zastosowanie przy weryfikacji funkcjonujących systemów ochrony przyrody, takich jak parki, rezerwy, obszary chronionego krajobrazu lub rozprzestrzenienia pewnych gatunków oraz korelację np. z ostojami ptaków, torfowiskami czy lasami. Baza może również być pomocna przy opracowaniach tworzonych na rzecz Unii Europejskiej, np. dla Agencji Ochrony Środowiska.

W Polsce *Prawo ochrony środowiska* [8] nałożyło na organy administracji państwowej obowiązek udostępniania obywatelom informacji o środowisku i jego ochronie oraz wymaga zapewnienia obywatelom nieskrępowanego dostępu do informacji o planowanych inwestycjach, planach zagospodarowania przestrzennego, planowanej polityce, wydawanych środkach publicznych itp. W 2000 roku, na podstawie umowy zawartej pomiędzy Ministrem Środowiska, Grupą Antares Sp. z o.o. i Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Grupa Antares Sp. z o.o. opracowała strategię dotyczącą usprawnienia działań informacyjno-informatycznych resortu środowiska na przełomie tysiącleci – system Środowisko 2000. Strategia ta powstała w oparciu o wyniki prac analitycznych, prowadzonych poprzez analizę dokumentów, ankiety, wywiady, warsztaty i seminaria. W Strategii zaproponowano budowę Resortowego Repozytorium Zasobów Informacyjnych – zintegrowanej platformy zarządzania, dostępu do danych i informacji przechowywanych w różnych systemach resortowych silnie wykorzystującej wszystkie możliwości współczesnych technologii informatycznych w zakresie gromadzenia, rozpowszechniania i udostępniania danych, stworzenie właściwych struktur organizacyjnych, wprowadzenie niezbędnych standardów danych oraz jednolitych zasad prowadzenia projektów informatycznych o znaczeniu ogólnoresortowym [7].

Ministerstwo Środowiska w Polsce jest krajowym źródłem wiarygodnych i wszechstronnych informacji dotyczących stanu środowiska i gospodarki wodnej niezbędnych do działalności zarządczej, statystycznej i naukowej dotyczącej ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Zarządzanie tymi zasobami, ich utrzymywanie, pielęgnacja, ochrona, udostępnianie i upowszechnianie jest jednym z najważniejszych zadań ministerstwa. Analizy i badania niezbędne do rozwiązywania problemów środowiska wymagają integracji różnorodnych danych w różnych skalach i przekrojach oraz ścisłej współpracy rozproszonych geograficznie zespołów badawczych, dzielących lub gromadzących te same zasoby danych i informacji. I dlatego w *Strategii* [7] stwierdzono, że realizacja założeń polityki państwa w zakresie zarządzania środowiskiem na wszystkich szczeblach administracji państwowej wymaga budowy właściwej bazy informacyjnej. Stwierdzono również, że w resorcie ochrony środowiska powszechny jest problem dostępu do potrzebnej informacji, brak jest wielu potrzebnych standardów, reguł i narzędzi zarządzania zasobami informacyjnymi oraz brak jest rozwiązań organizacyjnych na szczeblu resortu wspierających zarządzanie informacją.

W Polsce, na zlecenie Ministerstwa Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska gromadzi, przetwarza i udostępnia dane, do których należą m.in. pomiary wskaźników charakteryzujących stan poszczególnych komponentów środowiska, pomiary wielkości niektórych emisji oraz wyniki obserwacji elementów przyrody, informacje i potencjalnych sprawcach i skutkach poważnych awarii oraz wyniki działalności kontrolnej i orzecznictwa. Informacja ta gromadzona jest przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOS) oraz ich delegatury, a także przez instytuty naukowo-badawcze i uczelnie, z którymi współpracuje Inspekcja Ochrony Środowiska. Konieczne jest zatem utworzenie w Polsce nowoczesnego systemu informacyjnego Inspekcji Ochrony Środowiska, który udostępni wszystkim zainteresowanym posiadane dane i informację w taki sposób, by były one łatwo i szeroko dostępne, koszt ich uzyskania był niewielki i by możliwa była stosunkowo prosta i szybka ich aktualizacja. Szczególne możliwości w tym względzie oferują systemy komputerowych baz danych i geograficzne systemy informacyjne, do których możliwy jest dostęp przez stronę WWW. W 2003 roku opublikowano koncepcję Systemu Informacyjnego Inspekcji Ochrony Środowiska *Ekoinfonet* [32], który spełnia standardy zawarte w ustawie *o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne* [13]. Zaplanowane w koncepcji działania mają na celu doskonalenie form i sposobów gromadzenia, przetwarzania i wizualizacji danych o stanie środowiska. Działania te są niezbędne dla realizacji obecnych i przyszłych obowiązków sprawozdawczych wobec Unii Europejskiej i innych organizacji międzynarodowych zajmujących się tematyką środowiskową.



#### 4. WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI W GOSPODARCE ODPADAMI

Planowanie gospodarki odpadami jest interdyscyplinarnym zagadnieniem obejmującym wiele składowych, takich jak: koszty ekonomiczne, wymagania prawne, wytwarzanie odpadów, planowanie przestrzenne, ochrona środowiska, geografia, demografia oraz technika wykorzystywana podczas gromadzenia, transportu, przeróbki i unieszkodliwiania odpadów. Projektowanie i analiza tego zagadnienia jest trudna i wymaga zastosowania zaawansowanych metod i narzędzi analizy w postaci Systemów Wspomagania Decyzji integrujących działanie geograficznych systemów informacyjnych w postaci łatwo dostępnych baz danych zawierających dane graficzne i opisowe, graficznej wizualizacji wyników analiz; systemów eksperckich dostarczających pomoc ekspercką w procesie decyzyjnym podczas selekcji najlepszej projektowanej alternatywy oraz modeli symulacyjnych pozwalających użytkownikowi na symulowanie wielu wariantów gospodarki odpadami [26, 27].

W Stanach Zjednoczonych w 1974 roku podjęto pierwszą próbę wykorzystania narzędzi komputerowych w planowaniu gospodarki odpadami stałymi. Clark i Gillean zaproponowali w procesie modelowania gospodarki odpadami stałymi wykorzystanie systemów zarządzających informacją. System ten został zastosowany dla danych zebranych przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska. Po dostrzeżeniu złożoności problemów występujących podczas planowania i zarządzania odpadami w latach 70. i 80. XX w. amerykańscy i kanadyjscy badacze rozwijali narzędzia informatyczne w postaci elektronicznych arkuszy kalkulacyjnych, matematycznych modeli optymalizacyjnych i symulacyjnych, np.: w 1975 roku Kuhner i Harrington użyli mieszanego programowania liniowego (ang. *Mixed-Integer Linear Programming* – MILP) do modelowania wieloletnich inwestycji podczas planowania regionalnej gospodarki odpadami stałymi, w 1976 roku Grennberg zastosował programowanie liniowe (ang. *Linear Programming* – LP) w planowaniu rzeczywistego stanu gospodarki odpadami stałymi, a w 1981 roku Hasit i Warner napisali Program Przydziałów Zasobów Odpadowych (tłum. własne) (ang. *Waste Resource Allocation Program* – WRAP) zawierający rozbudowany statyczny i dynamiczny model MILP. W latach 90. XX w. w wielu amerykańskich firmach i uniwersytetach podejmowano dalsze próby rozwijania i wdrażania optymalizacyjnych i symulacyjnych modeli matematycznych, narzędzi komputerowych oraz Przestrzennych Systemów Wspomagania Decyzji (ang. *Spatial Decision Support Systems* – SDSS) w gospodarce odpadami stałymi. SDSS integrowały działanie systemów ekspertowych, optymalizacyjnych i symulacyjnych modeli matematycznych zarządzających i analizujących istotne dane oraz geograficznych systemów informacyjnych, pomagających zrozumieć planistom przestrzenną naturę poszczególnych programów związanych z poprawą stanu gospodarki odpadami oraz ich oddziaływaniem na społeczeństwo i na środowisko naturalne [1, 27]. Działanie tych systemów miało

ułatwiać prace lokalnym i regionalnym departamentom pracującym dla dobra publicznego oraz środowiskowym firmom konsultingowym w Północnej Ameryce.

Przykładem takiego zintegrowanego Systemu Wspomagania Decyzji w zarządzaniu odpadami stałymi jest System Planowania Zarządzania Stałymi Odpadami Komunalnymi (tłum. własne) (ang. *Municipal Solid Waste Management Systems Planning*) opisany w pracy [1] łączący działanie bazy wiedzy, arkusza kalkulacyjnego oraz optymalizacyjnego i symulacyjnego modelu. System ten pomaga prognozować ilość i jakość powstających odpadów komunalnych, oceniać technologię zbiórki, przeróbki i unieszkodliwiania odpadów, projektować programy segregacji i utylizacji odpadów, szacować koszty zastosowanych w gospodarce odpadami rozwiązań, prognozować wielkość i czas inwestycji związanych z gospodarką odpadami, podejmować decyzje związane z lokalizacją obiektów odpadowych, przeprowadzać symulację i modelowanie zmian w systemie zarządzania odpadami. Dane i wyniki uzyskiwane z tego systemu mogą być używane przez sektor mieszkaniowy, przemysłowy, komercyjny i instytucjonalny do zarządzania odpadami. Pierwszy raz działanie systemu przetestowano w Winnipeg w Kanadzie.

W wielu krajach Systemy Wspomagania Decyzji oparte na technologii GIS są również stosowane jako systemy wspomagające proces wyboru miejsca pod lokalizację obiektów związanych z gospodarką odpadami, który wymaga uwzględnienia wielu czynników, określenia kryterium lokalizacyjnego oraz przetworzenia dużej ilości informacji przestrzennej. Kryteria i czynniki lokalizacyjne powinny być tak dobrane żeby nowa lokalizacja była bezpieczna dla zdrowia ludzi i dla środowiska naturalnego. W literaturze przedmiotu opisano wiele przykładów wykorzystania systemów informacji geograficznej do lokalizacji składowisk odpadów, między innymi w pracy [24] opisano wykorzystanie Analitycznego Procesu Hierarchicznego (tłum. własne) (ang. *Analytic Hierarchy Process – AHP*) i technologii GIS w Grecji do wyznaczania lokalizacji składowiska odpadów komunalnych na wyspie Lesbos, w pracy [6] opisano wykorzystanie AHP, logiki rozmytej i GIS w badaniach dotyczących określenia wstępnej lokalizacji składowisk odpadów w Tajlandii, a w pracy [23] opisano rozwój prototypu sieciowego systemu GIS działającego przez Internet, zaprojektowanego dla lokalnych władz w Tajwanie i wspomagającego ich decyzję związane z lokalizacją składowisk odpadów stałych. System ten łączy w sobie działanie systemu ekspertowego i systemu GIS i zawiera czynniki i kryteria lokalizacji składowisk odpadów zebrane i ocenione przez ekspertów z różnych przepisów prawnych, raportów i studium przypadków. W Polsce również były wykonywane przy wykorzystaniu technologii GIS analizy przydatności terenu pod lokalizację składowiska odpadów, np.: wielokryterialna analiza przydatności terenów pod lokalizację składowiska odpadów komunalnych wykonana dla wybranych obszarów rejonu województwa nowosądeckiego [2] oraz analiza przydatności terenu pod lokalizację składowiska odpadów wykonana dla powiatu wrocławskiego [17] i milickiego [14, 15].

Systemy Wspomagania Decyzji stosowane są również do rozwiązywania problemów związanych z projektowaniem i monitorowaniem składowisk odpadów. Przykładem takiego systemu jest opisany w pracy [26] System Wspomagania Decyzji przy Projektowaniu, Ocenie i Monitorowaniu Składowisk Odpadów (tłum. własne) (ang. *Decision Support System for Landfill Design, Evaluation, and Monitoring – LDEM-DSS*) składający się z kilku modułów decyzyjnych obejmujących wszystkie aspekty dotyczące projektowania, oceny i monitorowania składowisk odpadów. W GIS przechowywane są złożone struktury danych reprezentujące geometryczne i hydrologiczne parametry analizowanych w systemie zjawisk, a system ekspercki pomaga przy przygotowywaniu danych wejściowych do przeprowadzanych w LDEM-DSS symulacji oraz pomaga przy interpretacji otrzymanych wyników i proponuje konieczne działania bazujące na określonych w bazie wiedzy regułach.

W Polsce wykorzystanie Systemów Wspomagania Decyzji integrujących działanie systemów ekspertowych, modeli matematycznych i geograficznych systemów informacyjnych w gospodarce odpadami nie jest powszechne. Obecnie na szczeblu krajowym i wojewódzkim funkcjonują trzy rodzaje systemów informacji na temat gospodarki odpadami, a czwarty jest obecnie tworzony i wdrażany – centralna i wojewódzkie bazy danych.

Pierwszym z nich jest tworzony od 1984 roku w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Oddziale Zamiejscowym w Katowicach w Centrum Gospodarki Odpadami System Informatyczny Gospodarki Odpadami w Polsce – SIGOP, w którym gromadzone są dane o rodzajach odpadów przemysłowych, źródłach ich powstawania i sposobach zagospodarowywania dostarczające wytwórcom odpadów gotowych rozwiązań systemowych, technologicznych i organizacyjnych oraz kompleksowej informacji w zakresie odzysku, unieszkodliwiania, bezpiecznego składowania odpadów i aktualnie obowiązujących przepisów prawnych. System SIGOP umożliwia udostępnianie żądanych informacji w sposób kompleksowy w różnej skali i na różnych poziomach szczegółowości oraz dystrybucję informacji w różnych formach – wydruki, dyskietki, poczta elektroniczna. Bazy danych systemu SIGOP wykorzystywane są przy opracowywaniu programów gospodarki odpadami dla zakładów przemysłowych i usługowych, planów gospodarki odpadami dla gmin, powiatów, województw a także przy ocenach ekologicznych odpadów w szczególności do określania sposobów postępowania z odpadami. Na podstawie zgromadzonych w bazie informacji emitowane są standardowe raporty dotyczące: kart informacyjnych o technologii gospodarczego wykorzystania odpadów lub o maszynach i urządzeniach do przetwórstwa odpadów, kart informacyjnych o firmie wykorzystującej lub unieszkodliwiającej odpady. Zestawienia te mogą być wykonywane dla określonej jednostki terytorialnej tj. miasta, gminy, powiatu, województwa, przy zastosowaniu różnych kryteriów np. wg największej ilości wytwarzanych odpadów, odzyskiwanych, unieszkodliwianych bądź składowanych, dla różnych rodzajów odpadów czy ich grup. Baza danych SIGOP oferowana jest na dyskietkach zawierających bazę danych oraz

opracowany w Centrum program Katalog Komputerowy Technologii Gospodarczego Wykorzystania Odpadu obsługujący bazę danych [41].

Drugim systemem jest prowadzony w ramach realizacji Państwowego Monitoringu Środowiska przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska System Informatyczny Gospodarki Odpadami Przemysłowymi SIGOP, służący do gromadzenia i przetwarzania danych na temat odpadów przemysłowych i niebezpiecznych, ich wytwórców i składowisk. System ten został opracowany w 1993 roku przez Centrum Gospodarki Odpadami w Katowicach [32, 40].

Trzecim systemem opracowanym w 1995 roku w ramach realizowanego przez Centrum Gospodarki Odpadami projektu zamawianego jest System Informatyczny Gospodarki Odpadami Mineralnymi SIGOM umożliwiający gromadzenie informacji o odpadach mineralnych z górnictwa i przeróbki kopalin oraz z energetyki, ich właściwościach, wielkości produkcji, kierunków wykorzystania i ilości nagromadzonych odpadów na składowiskach [41].

Zgodnie z ustawą *o odpadach* [9] posiadacze odpadów są zobowiązani do sporządzania zbiorczych zestawień danych o rodzajach i ilości odpadów, o sposobach gospodarowania nimi oraz o instalacjach i urządzeniach służących do odzysku i unieszkodliwiania tych odpadów. Na podstawie zbiorczych zestawień danych oraz informacji uzyskanych od wojewody i starostów marszałek województwa powinien prowadzić wojewódzką bazę danych dotyczącą wytwarzania i gospodarowania odpadami wraz z rejestrem udzielonych zezwoleń w zakresie wytwarzania i gospodarowania odpadami i sporządza raport wojewódzki. Natomiast Minister Środowiska prowadzi centralną bazę danych dotyczącą wytwarzania i gospodarowania odpadami. Zbieranie danych dla centralnej i wojewódzkiej bazy danych odbywa się w formie elektronicznej na informatycznych nośnikach danych oraz w formie pisemnej. Częścią centralnej i wojewódzkiej informatycznej bazy danych jest graficzna prezentacja danych obejmująca przedstawienie rozmieszczenia wytwórców odpadów oraz instalacji do odzysku lub unieszkodliwiania odpadów odpowiednio na mapie kraju, województwa, powiatu i gminy. Minister Środowiska w drodze dwóch rozporządzeń określił zakres informacji wymaganych w centralnej i wojewódzkich bazach danych, sposób prowadzenia baz [12] oraz warunki i zakres dostępu [11].

W styczniu 2005 roku Ministerstwo Środowiska przedstawiło Radzie Ministrów *Sprawozdanie z realizacji krajowego planu gospodarki odpadami* [30], w którym przedstawiono dane na temat gospodarki odpadami za lata 2000–2003. W *Sprawozdaniu* oceniono również prace nad tworzeniem centralnej i wojewódzkich baz danych. Stwierdzono, że budowa systemu monitorowania gospodarki odpadami w oparciu o krajową bazę danych należy do zadań słabo zaawansowanych oraz, że obecnie trwa proces wdrażania oprogramowania bazodanowego i aplikacyjnego dla centralnej bazy danych. Na szczeblu administracji samorządowej szczebla wojewódzkiego stwierdzono brak właściwego prowadzenia monitoringu gospodarki odpadami opartego na działaniu wojewódzkich baz danych o wytwarzaniu

i gospodarowaniu odpadami oraz stwierdzono trudności w realizacji procedury planowania gospodarki odpadami. Według ministerstwa utworzenie wojewódzkich baz danych opóźniło się głównie z powodu trudności ze znalezieniem źródeł finansowania tego przedsięwzięcia. Stwierdzono, że obecnie niezbędne jest zintensyfikowanie prac nad wdrożeniem centralnej i wojewódzkich baz danych o wytwarzaniu i gospodarowaniu odpadami oraz nad systemem informatycznym służącym do monitorowania opakowań i odpadów opakowaniowych.

Centralna i wojewódzkie bazy danych mogą ułatwić zarządzanie odpadami na terenie kraju, województwa, powiatu i gminy, a zastosowanie do ich budowy Systemów Wspomagania Decyzji opartych na technologii GIS może usprawnić ten proces na każdym poziomie administracyjnym. System taki może być nie tylko narzędziem do gromadzenia informacji dotyczących gospodarki odpadami, ale również może być użyteczny do kontroli i kształtowania przyszłościowych rozwiązań w zakresie gospodarki odpadami oraz może być wykorzystywany jako element wspomagający system sprawozdawczości. Stałe uaktualnianie danych, monitorowanie i obserwacja zachodzących zmian dadzą osobom odpowiedzialnym za stan gospodarki odpadami aktualny obraz skuteczności wdrażania i stopnia realizacji zamierzonych w planach gospodarki odpadami działań.

W Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej prowadzone są prace nad budową Systemu Wspomagania Decyzji w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi. System jest otwarty, umożliwia dodawanie kolejnych modułów, możliwa jest w nim wymiana danych pomiędzy aplikacjami - dane mogą być przekazywane w postaci plików bazodanowych i tekstowych. Na potrzeby systemu wykorzystano między innymi dane symulacyjne z Excela - modele generacji odpadów, wyniki klasyfikacji danych opisujących wyrobiska uzyskane w środowisku Matlab, dane liczbowe/opisowe z systemów bazodanowych różnych instytucji - patrz metody pozyskiwania danych w pracach [14, 15]. Propozycję metody budowy Systemu Wspomagania Decyzji na potrzeby zarządzania terenami górniczymi w kontekście gospodarki odpadami opisano w pracach [14, 15, 16, 17]. Uzyskana z systemu wiedza o aktualnym stanie analizowanej przestrzeni, min.: o jakości terenu pogórniczego, ilości i jakości generowanych odpadów, umożliwia użytkownikowi systemu podjęcie racjonalnej decyzji - opartej na zadanym kryterium i analizach - związanej z wyborem terenu pod lokalizację obiektu związanego z gospodarką komunalną, np. z lokalizacją składowiska odpadów komunalnych.

Zaproponowany System Wspomagania Decyzji oparto na głównym komponencie systemów geoinformacyjnych, którego istotą są analizy przestrzenne w środowisku baz graficzno-opisowych. Komputerowe metody wspomagania podejmowania decyzji opracowane w systemie umożliwiają modelowanie i symulacje powstawania oraz przepływu strumienia odpadów, prognozowanie ilości odpadów a tym samym zapotrzebowania na obiekty związane z sektorem odpadów komunalnych, modelowanie planowanych skutków zmian wartości czynników definiujących jakość

wyrobiska ułatwiających poszukiwanie optymalnych kierunków planowania przestrzennego.

## 5. PODSUMOWANIE

Analiza literaturowa pokazuje, że zastosowanie Systemów Wspomagania Decyzji opartych na specjalizowanych programach komputerowych, czyli na geograficznych systemach informacyjnych, systemach ekspertowych i na modelach symulacyjnych, pozwala na efektywne zarządzanie szeroko pojętym środowiskiem naturalnym w oparciu o racjonalne decyzje. Kluczowe są tutaj dwie kwestie: projektowanie i wdrożenie takiego systemu na poziomie centralnym, regionalnym i wojewódzkim ze wszystkimi konsekwencjami związanymi ze standaryzacją, wymianą danych itd. oraz rozwój tych systemów, czyli zastosowanie złożonych modeli zjawisk i procesów zachodzących w środowisku, zastosowanie inteligentnych metod analizy danych z wykorzystaniem sieci neuronowych, logiki rozmytej, programowania liniowego i innych w celu klasyfikacji danych, predykcji i optymalizacji procesów, rozwoju metod wizualizacji wyników itd. Szczególnie istotne są metody Data Mining [19] w odniesieniu do danych przestrzennych. Ze względu na dużą skalę projektów istotne są również kwestie automatycznego pozyskiwania danych i ekstrakcji zawartej w nich informacji/wiedzy.

Zastosowanie Systemu Wspomagania Decyzji opartego na technologii GIS w gospodarce odpadami może być bardzo użytecznym narzędziem do planowania gospodarki odpadami na szczeblu krajowym, wojewódzkim, powiatowym i gminnym. Dobrze zaprojektowany i zbudowany System Wspomagania Decyzji w gospodarce odpadami spełnia cele strategiczne gospodarki odpadami założone w przepisach prawnych, czyli pozwala na identyfikację rozproszonych źródeł powstawania odpadów komunalnych, na ilościową i jakościową charakterystykę odpadów generowanych w rozproszonych źródłach, na inwentaryzację i zarządzanie obiektami związanymi z gospodarką odpadami, pozwala na wspomaganie działań decyzyjnych o różnym zasięgu terytorialnym oraz na symulację wielowariantowości zarządzania odpadami. Biorąc pod uwagę niekwestionowane zalety Systemów Wspomagania Decyzji i potencjalne korzyści wynikające z zastosowania tych systemów w praktyce wydaje się konieczne prowadzenie dalszych badań wspólnie z ewentualnym użytkownikiem systemu.

## LITERATURA

- [1] BARLISHEN K. D., BAETZ B.W., *Development of a Decision Support System for Municipal Solid Waste Management Systems Planning*, Waste Management&Research 14, 1996, 71–86.

- [2] BĄK Z., KALETA R., WDOWIARZ-KOWALCZYK A., *Możliwości gospodarowania odpadami i surowcami lokalnymi z zastosowaniem technik GIS*, II Szkoła Gospodarki Odpadami, Ryto, materiał umieszczony na stronie internetowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie [www.min-pan.krakow.pl](http://www.min-pan.krakow.pl), 1999.
- [3] BIELECKA E., *System Informacji Przestrzennej narzędziem wspomagającym zarządzanie przestrzenią*. Człowiek i Środowisko 27, 2003, 73–81.
- [4] BIELECKA E., CILKOSZ A., *CORINE Land Cover 2000 in Poland. Final report*, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa, 2004, 1–77.
- [5] BRAK A., ALIBOŹEK G., MADEJCZYK A., *Prezentacja opartego na platformie ArcGis 8.2 Systemu Informacji Przestrzennej Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, VI Krajowa Konferencja Użytkowników Oprogramowania ESRI, Warszawa, artykuł umieszczony na stronie internetowej firmy ESRI [www.esripolska.com.pl](http://www.esripolska.com.pl), 2004.
- [6] CHARNPRATHEEP K., ZHOU Q., GARNER B., *Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems*, Waste Management&Research 15, 1997, 197–215.
- [7] CHRÓST K., DAROWSKA M., GOGOLEWSKI A., KAZANECKA-PIEŃKOSZ D., KRAUZE U., LADY-DRUŻYCKA K., PALUSZYŃSKI W., PIETRZAK H., ROZBIECKA J., SOBCZYK T., *Strategia rozwoju systemu informacyjno-informatycznego resortu środowiska – Środowisko 2000*, Grupa Antares Sp. z o. o., Ministerstwo Środowiska, Warszawa, publikacja umieszczona na stronie internetowej Ministerstwa Środowiska [www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl), 2000.
- [8] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku *Prawo ochrony środowiska* Dz.U.2001.62.627 z późniejszymi zmianami.
- [9] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku *o odpadach* Dz.U.2001.62.628 z późniejszymi zmianami.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 kwietnia 2003 roku w sprawie *sporządzania planów gospodarki odpadami* Dz.U.2003.66.620.
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 roku w sprawie *warunków i zakresu dostępu do wojewódzkiej bazy danych dotyczącej wytwarzania i gospodarowania odpadami* Dz.U.2001.152.1738.
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 roku w sprawie *niezbędnego zakresu informacji objętych obowiązkiem zbierania i przetwarzania oraz sposobu prowadzenia centralnej i wojewódzkiej bazy danych dotyczącej wytwarzania i gospodarowania odpadami* Dz.U.2001.152.1740.
- [13] Ustawa z dnia 17 lutego 2005 roku *o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne* Dz.U.2005.64.565.
- [14] GÓRNIAK-ZIMROZ J., *Koncepcja budowy systemu wspomagania decyzji podejmowanych podczas zarządzania terenami pogórnymi w kontekście gospodarki odpadami komunalnymi*, praca dyplomowa wykonana w ramach podyplomowego studium Systemy Informacji Geograficznej na Politechnice Wrocławskiej, praca niepublikowana, Wrocław 2004a.
- [15] GÓRNIAK-ZIMROZ J., *Zintegrowana gospodarka odpadami komunalnymi i wyrobiskami pogórnymi*, Archiwum Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechnik Wrocławskiej (rozprawa doktorska - praca niepublikowana), Wrocław 2004b.
- [16] GÓRNIAK-ZIMROZ J., MALEWSKI J., *Decision support system for management of municipal waste and mining voids*, The 13th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, A. A. Balkema Publishers, 2004, 825-832.
- [17] GÓRNIAK-ZIMROZ J., MALEWSKI J., *Logistyczne aspekty gospodarki odpadami*, Gospodarka odpadami komunalnymi w Powiecie Wrocławskim w świetle rozwiązań wdrożonych w Departamencie Górnego Renu (Francja) i w Powiecie Borken (Niemcy), materiały konferencyjne, PRINT S.C., Wrocław, 2005, 58–62.

- [18] GÓRNIAK-ZIMROZ J., MALEWSKI J., WOŹNIAK J., *The methodology of development of decision support system for management of municipal waste and mining voids*, SPILM 2004, międzynarodowa konferencja pt.: Zrównoważone zarządzanie obszarami przemysłowymi, Kraków, 2004, 39–47.
- [19] GÓRNIAK-ZIMROZ J., WOŹNIAK J., ZIMROZ R., *Możliwości metody Data Mining w geograficznych systemach informacyjnych zorientowanych na zarządzanie zasobami ziemi*, Górnictwo i geologia VIII, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 75–86.
- [20] *Guide to geographical data and maps*, Europejska Agencja Środowiska, publikacja dostępna na stronie internetowej Europejskiej Agencji Środowiska [www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int), 2005.
- [21] GUZIK M., *System GIS – TPN*, VI Krajowa Konferencja Użytkowników Oprogramowania ESRI, artykuł umieszczony na stronie internetowej firmy ESRI [www.esripolska.com.pl](http://www.esripolska.com.pl), 2004.
- [22] *Informacja o współpracy z Europejską Agencją Środowiska*, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, publikacja dostępna na stronie internetowej Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska [www.gios.gov.pl](http://www.gios.gov.pl), Warszawa, 2003.
- [23] KAO J.-J., LIN H.-Y., CHEN W.-Y., *Network geographic information system for landfill siting*, Waste Management & Research 15, 1997, 239–253.
- [24] KONTOS T.D., KOMILIS D.P., HALVADAKIS C.P., *Siting MSW landfills on Lesbos island with a GIS-based methodology*, Waste Management & Research 21, 2003, 262–277.
- [25] KOSTECKI S., TWARÓG B., *Zastosowanie numerycznego modelu terenu do wyznaczania stref zagrożenia powodziowego*, Gospodarka Wodna 5, 2003, 198–203.
- [26] LUKASHEH A. F., DROSTE R. L., WARITH M. A., *Review of Expert System (ES), Geographic Information System (GIS), Decision Support System (DSS), and their applications in landfill design and management*, Waste Management & Research 19, 2001, 177–185.
- [27] MACDONALD M., *A multi-attribute spatial decision support system for solid waste planning*, Computers, Environment and Urban Systems 20, 1996, 1–17.
- [28] OKŁA K., OLENDEREK H., *GIS w Lasach Państwowych – stan i perspektywy*, Systemy Informacji Przestrzennej, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna, tom 1, Warszawa, 1998, 227–236.
- [29] PISARSKI Z., WÓJCIK J., *Zintegrowana baza danych GIS Ochrona przyrody w Polsce*, Człowiek i Środowisko 27, 2003, 175–178.
- [30] *Sprawozdanie z realizacji krajowego planu gospodarki odpadami za okres od 29 października 2002 roku do 29 października 2004 roku*, Ministerstwo Środowiska, publikacja dostępna na stronie internetowej Ministerstwa Środowiska [www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl), Warszawa 2005.
- [31] *Strategia EEA na lata 2004–2008*, Biuro Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich, Luksemburg – Kopenhaga, publikacja dostępna na stronie internetowej Europejskiej Agencji Środowiska [www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int), 2004.
- [32] *System Informacyjny Inspekcji Ochrony Środowiska Ekoinfonet*, A. Kraszewski (red.), Politechnika Warszawska, Instytut Systemów Inżynierii Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2003.

#### Strony internetowe

- [33] [www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int), strona internetowa Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska, lipiec 2005.
- [34] [www.epa.gov](http://www.epa.gov), strona internetowa Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska, lipiec 2005.
- [35] [www.gridw.pl](http://www.gridw.pl), strona internetowa Centrum UNEP/GRID-Warszawa, lipiec 2005.
- [36] [www.kpnmab.pl](http://www.kpnmab.pl), strona internetowa Karkonoskiego Parku Narodowego, grudzień 2003.
- [37] [www.lp.gov.pl/sip](http://www.lp.gov.pl/sip), strona internetowa Lasów Państwowych, czerwiec 2004.
- [38] [www.baza.pgi.gov.pl](http://www.baza.pgi.gov.pl), Centralna Baza Danych Geologicznych, Państwowy Instytut Geologiczny, czerwiec 2003.



- [39] [www.wielkopolskipn.pl](http://www.wielkopolskipn.pl), strona internetowa Wielkopolskiego Parku Narodowego, lipiec 2003.
- [40] [www.wroclaw.pios.gov.pl](http://www.wroclaw.pios.gov.pl), strona internetowa Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska we Wrocławiu, styczeń 2005.
- [41] [www.igo.katowice.pl](http://www.igo.katowice.pl), strona internetowa Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, styczeń 2004.

#### APPLICATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM IN ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT

Requirements for natural resources protection and management lead to application of advanced, computerized information systems, complex DSSs in particular. Usually it is a specialized software that takes advantage of intelligent data analysis techniques. Spatial nature of data leads to the application GIS technology. Additionally, due to rapid development of computing sciences, application of modeling and simulation of phenomena and processes occurred in the environment becomes more popular. The paper deals with some advantages of such defined modular DSS. Also short review of published solutions has been presented. Benefits of application DSS in waste management have been focused, for example optimal selection of landfill localization, model of generation and distribution of waste etc. It has been shown that putting into practice of DSSs software can give many benefits, however necessity of further research (together with DSS users) has been underlined.