

# GIS i dane przestrzenne

w ocenach oddziaływania  
na środowisko

Podręcznik dobrych praktyk

Redakcja naukowa  
Maciej Nowak



Wydawnictwo Naukowe UAM

**GIS i dane przestrzenne  
w ocenach oddziaływania na środowisko**



pod patronatem honorowym  
Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska



Podziękowania dla Esri Polska i MGGP AERO  
za udział w organizacji IV Forum BioGIS



ADAM MICKIEWICZ UNIVERSITY IN POZNAN  
SERIA BIOLOGIA NR 81

# **GIS i dane przestrzenne w ocenach oddziaływania na środowisko**

Podręcznik dobrych praktyk

Redakcja naukowa  
**MACIEJ NOWAK**



POZNAŃ 2016



## Recenzenci

prof. dr hab. Elżbieta Bielecka, prof. dr hab. Bogdan Jackowiak  
prof. UAM dr hab. Maciej Gąbka, prof. PK dr hab. inż. arch. Zbigniew Myczkowski  
dr Krzysztof Kałamucki, dr Andrzej Kijowski, dr Mirosław Krukowski,  
dr Katarzyna Ostapowicz

© Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2016

Wydanie sfinansowane przez Wydział Biologii  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Zdjęcie wykorzystane na okładce: Bedneyimages / Freepik

Projekt okładki: Helena Oszmiańska-Napierała

Redaktor: Ewa Dobosz  
Redakcja techniczna: Elżbieta Rygielska  
Łamanie komputerowe: Marcin Tyma

ISBN 978-83-232-3128-8  
ISSN 0554-811X

WYDAWNICTWO NAUKOWE UNIWERSYTETU IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU  
61-701 POZNAŃ, UL. FREDRY 10

[www.press.amu.edu.pl](http://www.press.amu.edu.pl)

Sekretariat: tel. 61 829 46 46, faks 61 829 46 47, e-mail: [wydnauk@amu.edu.pl](mailto:wydnauk@amu.edu.pl)  
Dział Promocji i Sprzedaży: tel. 61 829 46 40, e-mail: [press@amu.edu.pl](mailto:press@amu.edu.pl)

Wydanie I. Ark. wyd. 16,50. Ark. druk. 15,125

DRUK I OPRAWA: EXPOL, WŁOCŁAWEK, UL. BRZESKA 4

## SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Wstęp (MACIEJ NOWAK) . . . . .                                                                                                                                                                     | 9   |
| ELŻBIETA RASZEJA                                                                                                                                                                                   |     |
| Identyfikacja charakteru krajobrazu w kontekście ocen środowiskowych –<br>wybrane metody europejskie . . . . .                                                                                     | 11  |
| JAROMIR BORZUCHOWSKI                                                                                                                                                                               |     |
| Wykorzystanie Europejskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej w Ocenie<br>Oddziaływania na Środowisko – standaryzacja danych . . . . .                                                        | 29  |
| ANDRZEJ TALARCZYK, ARTUR MICHORCZYK, WŁODZIMIERZ KARASZKIEWICZ, ROMAN STELMACH                                                                                                                     |     |
| Standaryzacja informacji o siedliskach leśnych i zbiorowiskach roślinnych na<br>potrzeby Banku Danych o Lasach . . . . .                                                                           | 39  |
| ANDRZEJ TALARCZYK, ARTUR MICHORCZYK, MARCIN MYSZKOWSKI                                                                                                                                             |     |
| Standaryzacja informacji urzędzeniowej o lasach na potrzeby Banku Danych<br>o Lasach . . . . .                                                                                                     | 57  |
| JUSTYNA POGAN                                                                                                                                                                                      |     |
| Wykorzystanie systemów informacji geograficznej w sporządzaniu raportu<br>o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia polegającego na budowie<br>zbiornika wodnego – studium przypadku . . . . . | 77  |
| JOANNA ADAMCZYK, RENATA GIEDYCH                                                                                                                                                                    |     |
| Możliwości i ograniczenia zastosowania technik GIS w ocenie wizualnego<br>oddziaływania przedsięwzięć . . . . .                                                                                    | 89  |
| RAFAŁ WRÓŻYŃSKI, MARIUSZ SOJKA, KRZYSZTOF PYSZNY                                                                                                                                                   |     |
| Propozycja nowej metody oceny wizualnego oddziaływania elektrowni wiatro-<br>wych na krajobraz . . . . .                                                                                           | 105 |
| JACEK BONENBERG                                                                                                                                                                                    |     |
| GIS jako narzędzie oceny strat w środowisku na terenach chronionych w syste-<br>mie ocen oddziaływania na środowisko . . . . .                                                                     | 121 |
| KAMIL DREJER                                                                                                                                                                                       |     |
| Wykorzystanie modeli obliczeniowej mechaniki płynów do modelowania<br>cieków naturalnych . . . . .                                                                                                 | 143 |
| ALICJA NAIJWER, JANINA BORYSIK, JOANNA GUDOWICZ, MAŁGORZATA MAZUREK,<br>ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI                                                                                                         |     |
| Waloryzacja georóżnorodności i bioróżnorodności na potrzeby ocen oddziały-<br>wania na środowisko . . . . .                                                                                        | 155 |
| ADAM DĄBROWSKI                                                                                                                                                                                     |     |
| Metodyka opracowywania szczegółowych map pokrycia terenu<br>na podstawie istniejących źródeł danych . . . . .                                                                                      | 167 |

ROMAN BEDNAREK

Dane o środowisku i źródła ich pozyskania na potrzeby ocen  
oddziaływania na środowisko . . . . . 183

ŁUKASZ WITCZAK

Zakres, integracja oraz użyteczność danych przestrzennych dla OOS przedsiębiorstw rolniczych . . . . . 197

AGATA HOŚCİŁO, ANNA MIROŃCZUK

Europejski Program Obserwacji Ziemi Copernicus źródłem danych do ocen  
oddziaływania na środowisko . . . . . 211

JAN MĄDRZYK, MATEUSZ MAŚLANKA, BARBARA BARZYCKA

Lotnicze skanowanie laserowe w badaniach środowiskowych . . . . . 223

# GIS and spatial data in environmental impact assessments. Good Practice Guide

Edited by Maciej Nowak

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Introduction (MACIEJ NOWAK) . . . . .                                                                                                                                                           | 9   |
| ELŻBIETA RASZEJA                                                                                                                                                                                |     |
| Identification of landscape character in view of environmental impact assessments – selected European methods . . . . .                                                                         | 11  |
| JAROMIR BORZUCHOWSKI                                                                                                                                                                            |     |
| Use of European Infrastructure for Spatial Information in Environmental Impact Assessments – data standardization . . . . .                                                                     | 29  |
| ANDRZEJ TALARCZYK, ARTUR MICHORCZYK, WŁODZIMIERZ KARASZKIEWICZ, ROMAN STELMACH                                                                                                                  |     |
| Standardization of information on forest habitats and plant communities for the needs of the Forest Data Bank . . . . .                                                                         | 39  |
| ANDRZEJ TALARCZYK, ARTUR MICHORCZYK, MARCIN MYSZKOWSKI                                                                                                                                          |     |
| Standardization of forest management planning information for the needs of the Forest Data Bank . . . . .                                                                                       | 57  |
| JUSTYNA POGAN                                                                                                                                                                                   |     |
| The use of geographic information systems in the preparation of the environmental impact assessment report of a project concerning the construction of a water reservoir – case study . . . . . | 77  |
| JOANNA ADAMCZYK, RENATA GIEDYCH                                                                                                                                                                 |     |
| Opportunities and limitations of using GIS techniques in the visual impact assessment of projects . . . . .                                                                                     | 89  |
| RAFAŁ WRÓŻYŃSKI, MARIUSZ SOJKA, KRZYSZTOF PYSZNY                                                                                                                                                |     |
| Proposal for a new guidelines for landscape and visual impact assessment of wind turbines . . . . .                                                                                             | 105 |
| JACEK BONENBERG                                                                                                                                                                                 |     |
| GIS as an evaluation tool of loss in the environment on protected areas . . . . .                                                                                                               | 121 |
| KAMIL DREJER                                                                                                                                                                                    |     |
| The application of computational fluid dynamics models to natural river channels . . . . .                                                                                                      | 143 |
| ALICJA NAIJWER, JANINA BORYSIK, JOANNA GUDOWICZ, MAŁGORZATA MAZUREK, ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI                                                                                                         |     |
| Geodiversity and biodiversity valorisation for the purpose of environmental impact assessments . . . . .                                                                                        | 155 |
| ADAM DĄBROWSKI                                                                                                                                                                                  |     |
| The methodology for developing detailed land cover map based on existing data sources . . . . .                                                                                                 | 167 |

ROMAN BEDNAREK

Environmental data and their acquisition sources for the environmental impact assessments . . . . . 183

ŁUKASZ WITCZAK

The range, integration and utility of digital spatial databases in the Environmental Impact Assessment (EIA) procedures at the example of the agricultural sector . . . . . 197

AGATA HOŚCIEŁO, ANNA MIROŃCZUK

Copernicus Land Monitoring Service as a support for the Environmental Impact Assessment procedures . . . . . 211

JAN MĄDRZYK, MATEUSZ MAŚLANKA, BARBARA BARZYCKA

Airborne Laser Scanning in environmental research . . . . . 223

## WSTĘP

Publikacja „GIS i dane przestrzenne w ocenach oddziaływania na środowisko. Podręcznik dobrych praktyk” jest pokłosiem konferencji zorganizowanej z inicjatywy Wydziałowej Pracowni Biologicznych Informacji Przestrzennych Wydziału Biologii UAM w Poznaniu w ramach cyklu spotkań pod nazwą Forum BioGIS - System Informacji Przestrzennej w badaniach nad różnorodnością biologiczną. Hasłem przewodnim IV edycji Forum w 2015 roku były „Narzędzia analityczne i dane przestrzenne w ocenach oddziaływania na środowisko”. Konferencja została objęta patronatem honorowym Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska dr. Michała Kielszni. W organizacji spotkania znacząca była pomoc firm: Esri Polska, MGGP Aero, ProGea Consulting i Wind-Hydro, od lat pracujących na rzecz popularyzacji narzędzi GIS i teledetekcji w analizach przestrzennych. Podczas sześciu sesji referatowych przedstawiono 32 prezentacje. Pierwszego dnia przeprowadzono również godzinny panel dyskusyjny związany z tematyką standaryzacji analiz przestrzennych i doboru danych w procedurach OOS. Drugiego dnia odbyły się warsztaty komputerowe w zakresie modelowania 3D lokalizacji elektrowni wiatrowych (Esri Polska, Wind-Hydro, ProGea Consulting) oraz detekcji roślinności przy użyciu obrazów hiperspektralnych (MGGP Aero). Łącznie w warsztatach wzięło udział 80 osób, natomiast w całym IV Forum BioGIS ponad 160.

W niniejszym tomie przedstawiono piętnaście rozdziałów autorskich, poruszających niezwykle istotną z punktu widzenia ochrony i kształtowania środowiska problematykę opracowywania prognoz wpływu inwestycji na środowisko przyrodnicze i życie ludzi. Raporty ocen oddziaływania na środowisko (OOS) są jednym z najważniejszych narzędzi w rękach administracji państwowej przy realizacji polityki w zakresie ochrony i kształtowania środowiska. Należy pamiętać, iż opracowywanie prognoz dotyczących oddziaływania inwestycji na środowisko bezwzględnie związane jest z przestrzenią przyrodniczą – z obiektami i relacjami zachodzącymi w geoeosystemie. Ekspertyzy tego typu wymagają prowadzenia badań terenowych, pozyskiwania właściwych, tj. wiarygodnych, komplementarnych i bieżących informacji przestrzennych oraz wieloetapowych analiz i poprawnej interpretacji wyników. Pomocne wydaje się środowisko GIS oferujące narzędzia analityczne i wizualizacyjne, a także zasoby danych źródłowych (referencyjnych i tematycznych) w postaci cyfrowej. Niestety, uregulowania prawne dotyczące OOS

określające zakres, w jakim należy opracować prognozę oddziaływania inwestycji na środowisko, nie precyzują, jak dokładnie ma być ona wykonana. Nie wskazuje się, jakiego zasobu danych przestrzennych należy użyć oraz jakimi metodami i kryteriami posłużyć się przy prowadzeniu poszczególnych analiz (np. ocena stopnia kolizji), których wyniki zostaną wykorzystane do opracowywania kolejnych etapów raportu. Głównym celem publikacji jest popularyzacja aktualnych trendów wykorzystujących środowisko GIS i teledetekcję w OOS, a także wskazanie źródeł danych przestrzennych. Na tej podstawie autorzy kolejnych rozdziałów zaproponowali standardy pozwalające zdefiniować i ujednolicić zasady prowadzonych analiz przestrzennych i budowy banku danych (m.in. źródła i jakość danych przestrzennych w opracowywaniu raportów OOS).

Zważywszy na ożywioną dyskusję uczestników IV Forum nad przedmiotem konferencji, mam nadzieję, że treści opisane w książce pozwolą czytelnikom na własne przemyślenia, refleksje i włączenie się w twórczą polemikę nad prezentowanymi tezami.

*Maciej Nowak*

## **IDENTYFIKACJA CHARAKTERU KRAJOBRAZU W KONTEKŚCIE OCEN ŚRODOWISKOWYCH – WYBRANE METODY EUROPEJSKIE**

### **1. Wstęp**

Współczesne procesy rozwojowe niosą ze sobą intensywne zmiany, które dotyczą nie tylko modelu życia, sposobu korzystania z zasobów środowiska, produkcji i dystrybucji dóbr, ale także organizacji, podziałów i użytkowania przestrzeni, a w konsekwencji – przekształcenia krajobrazu. Skala i dynamika tych procesów powoduje deformację i zanik tradycyjnych form oraz pojawianie się zupełnie nowych elementów, co stanowi zagrożenie dla stabilności i spójności krajobrazu. Z jednej strony postępuje fragmentacja i dezintegracja struktur krajobrazowych, z drugiej – upraszczanie i rosnąca homogeniczność form użytkowania terenu, co na wielu obszarach prowadzi do zachwiania stabilności ekologicznej, zerwania ciągłości kulturowej oraz zaniku regionalnego i lokalnego zróżnicowania krajobrazu. Nadmierne zainwestowanie, nieprzemysłane i nieuzasadnione lokalizacje, zabudowa obszarów atrakcyjnych i cennych krajobrazowo są wyrazem zjawiska, które można określić jako „zawłaszczanie” krajobrazu (Raszeja 2008).

Problem pogłębia fragmentaryczność i niespójność opracowań planistycznych oraz brak właściwego rozpoznania i oceny krajobrazu jako podstawy dla podejmowania decyzji na różnych poziomach planowania i zarządzania przestrzenią. W obecnej praktyce ochronnej wciąż dominuje koncentrowanie się na cennych elementach przyrodniczych i kulturowych, a także ujęcie sektorowe. Konieczne jest całościowe i zintegrowane podejście do problematyki ochrony i kształtowania krajobrazu, a przede wszystkim kreowanie spójnej polityki krajobrazowej (Raszeja 2013). Podstawowym dokumentem określającym założenia tej polityki jest Europejska Konwencja Krajobrazowa, Dz. U. z 2006 r. nr 14 poz. 98, która zwraca uwagę na to, że krajobraz jest podstawowym komponentem naszego dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego, a jego stan decyduje o jakości naszego życia. Jest więc wspólnym dobrem, wymagającym szczególnej troski. Wszystkie typy



krajobrazu (zarówno „wyjątkowe”, jak i „zwyczajne”) zasługują na uwagę i uznanie, przy czym poziom i formy działań należy dostosować do rangi zasobów. Implementacja zapisów Konwencji stworzyła w Polsce nową sytuację prawną określoną w tzw. ustawie krajobrazowej, czyli Ustawie z dnia z dnia 24 kwietnia 2015 r. o zmianie niektórych ustaw w związku ze wzmocnieniem narzędzi ochrony krajobrazu, Dz. U. z 2015 r. poz. 774, obowiązującej od 11 września 2015 r. Wynika z niej obowiązek wzmocnienia instrumentów ochrony krajobrazu w ramach planowania i zarządzania przestrzenią, m.in. poprzez sporządzanie audytów krajobrazowych oraz włączanie aspektów krajobrazowych do ocen środowiskowych, stanowiących niezbędne wsparcie procesów decyzyjnych (Myga-Piątek i Nita 2015). Implikuje to konieczność zbudowania spójnej bazy teoretycznej, wyboru odpowiednich metod i procedur badawczych, prowadzenia kompleksowych badań, a także systematycznego gromadzenia i aktualizacji danych w celu stworzenia wszechstronnego zasobu informacji o krajobrazie. Wydawanie decyzji o charakterze przestrzennym powinno być każdorazowo poprzedzone określoną procedurą badawczą znaną jako ocena oddziaływania na środowisko, której podlegają zarówno inwestycje publiczne, jak i prywatne. Jakkolwiek procedura ta przewiduje ocenę bezpośredniego i pośredniego wpływu na środowisko we wszystkich jego aspektach, w tym również na krajobraz, to jednak należy stwierdzić, że problematyka krajobrazowa pozostaje często w tych opracowaniach na marginesie (Sas-Bojarska 2006).

Celem artykułu jest przedstawienie problemu ocen krajobrazowych w kontekście kreowania zintegrowanej polityki krajobrazowej oraz nowych wymagań stworzonych przez ustawę krajobrazową. W pierwszej części rozważań omówione zostały podstawy teoretyczne i metodologiczne, wynikające z Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, w drugiej – doświadczenia innych krajów europejskich, które mogą być pomocne w tworzeniu zintegrowanego systemu badań krajobrazu w Polsce. Uwaga została skoncentrowana na dwóch brytyjskich metodach oceny charakteru krajobrazu: LCA (Landscape Character Assessment) oraz HLC (Historic Landscape Characterisation). Zaprezentowany został również autorski model badawczy BSW (Biografia – Struktura – Wizerunek), ujmujący w sposób holistyczny różne aspekty krajobrazu, wyznaczający schemat postępowania w procesie identyfikacji, interpretacji i oceny krajobrazu oraz stanowiący bazę dla badań interdyscyplinarnych.

## **2. W kierunku polityki krajobrazowej – zwrot teoretyczny, metodologiczny i praktyczny**

W ostatnich latach można zaobserwować wyraźny zwrot zarówno w zakresie podstaw teoretycznych i metodologii badań krajobrazu, jak też koncepcji planistycznych i ochronnych. Przede wszystkim zmieniło się podejście do

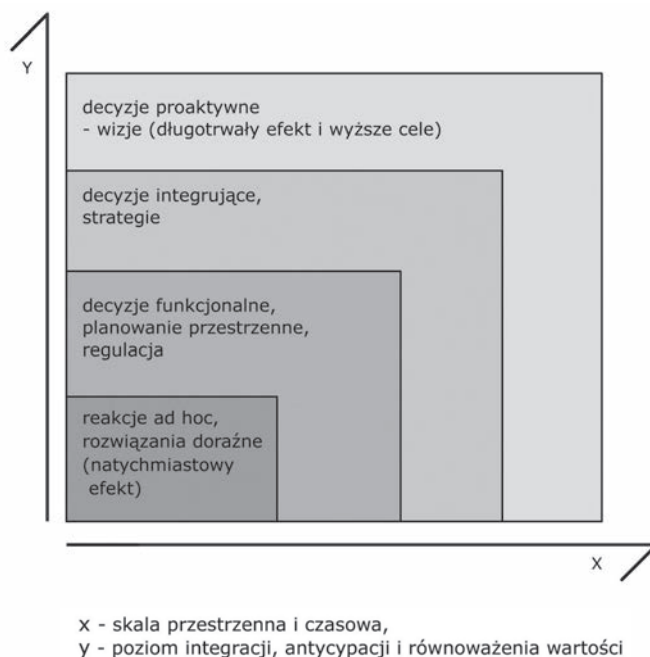
samego krajobrazu, który nie jest już postrzegany wyłącznie jako przedmiot ochrony, lecz jako nadrzędna idea integrująca rozwój przestrzenny, a także płaszczyzna spotkań interdyscyplinarnych, ogniskująca różne perspektywy badawcze (Selman 2006). W wymiarze praktycznym implikuje to konieczność odejścia od prostego protekcjonizmu, opartego na ujęciu sektorowym na rzecz systemowego zarządzania krajobrazem, określanego jako polityka krajobrazowa. Dominujące do niedawna (i wciąż stosowane) metody ochrony krajobrazu, a także związana z nimi terminologia wywodzą się głównie z teorii i praktyki konserwatorskiej. Takie określenia, jak: konserwacja, restauracja czy rewitalizacja okazały się niedostosowane, a wręcz nieprzydatne do planowania zintegrowanej ochrony krajobrazu, rozumianej nie tylko jako zarządzanie zasobami, ale też procesami zmian w ramach planowania i gospodarki przestrzennej (Raszeja 2008). Współczesne podejście do problematyki ochrony i kształtowania krajobrazu charakteryzuje wyraźna tendencja do poszerzania pola zainteresowania, tj. odchodzenie od wcześniejszej praktyki koncentrowania się wyłącznie na najcenniejszych i najbardziej spektakularnych fragmentach krajobrazu. Zwraca się uwagę na wartość krajobrazu jako sumy zjawisk przyrodniczo-kulturowych o zróżnicowanej strukturze i dynamice przekształceń, postrzeganych przez jednostki i społeczności z perspektywy różnych kultur lokalnych, regionalnych i narodowych. Równie ważną tendencją jest ujmowanie zagadnień ochrony krajobrazu w szerszym kontekście społecznym i ekonomicznym.

Podstawowym dokumentem formułującym założenia współczesnej polityki krajobrazowej jest Europejska Konwencja Krajobrazowa. Oprócz aktywnej ochrony, zarezerwowanej zasadniczo dla elementów i obszarów uznanych za szczególnie cenne i wyjątkowe, proponuje inne formy działań w krajobrazie, przydatne i skuteczne w procesie jego przekształceń powodowanych przez różne potrzeby społeczne i ekonomiczne. Niektóre krajobrazy (naturalne i kulturowe) odznaczające się wyjątkowymi walorami i niepowtarzalnymi cechami wymagają szczególnych form ochrony, określonych odrębnymi aktami prawnymi. Inne, postrzegane powszechnie jako „zwykające”, w tym tradycyjne krajobrazy rolnicze i osadnicze, powinny być skutecznie chronione przez plany zagospodarowania przestrzennego. Konwencja szczególnie naciska kładzie właśnie na dynamiczne zarządzanie zasobami krajobrazu w ramach gospodarki przestrzennej, wspomaganej profesjonalnymi działaniami z zakresu planowania przestrzennego i architektury krajobrazu. Podkreśla rangę planowania przestrzennego posiadającego skuteczne instrumenty ochrony krajobrazu, zarządzania terenami, kontroli i łagodzenia konfliktów (godzenia różnych interesów). Plany ochrony i kształtowania krajobrazu, a także opracowania w zakresie identyfikacji i ocen krajobrazu powinny być zintegrowane w mniejszym lub większym stopniu z planami zagospodarowania przestrzennego dla realizacji bieżącej polityki przestrzennej i zamierzeń inwestycyjnych. Konwencja wskazuje też na niezbędne zmiany

legislacyjne, edukację społeczną, doskonalenie metod teoretycznych i praktycznych, rozwój badań, kształcenie kadry profesjonalnej, gospodarkę przestrzenną i politykę fiskalną (Raszeja 2002, 2013).

Europejska Konwencja Krajobrazowa jest też punktem odniesienia do współczesnych poszukiwań teoretycznych i metodologicznych, które tworzą podstawy polityki krajobrazowej. W sposób syntetyczny definiuje krajobraz jako *obszar postrzegany przez ludzi, którego charakter jest rezultatem działania i interakcji czynników naturalnych i antropogenicznych*. W centrum tej definicji umieszczona jest ludzka percepcja. Krajobraz istnieje jedynie w relacji z człowiekiem jako jego odbiorcą, którym może być zarówno jednostka, jak i wspólnota – lokalna, regionalna, narodowa. Środowisko staje się krajobrazem poprzez ludzką percepcję, na którą wpływają złożone uwarunkowania kulturowe i psychospołeczne. Drugi aspekt tej definicji to zwrócenie uwagi na dynamikę krajobrazu, który podlega ciągłemu procesowi kształtowania (formowania się) pod wpływem zjawisk o różnym charakterze i natężeniu, które nadały mu konkretne formy w przeszłości, a także tych, które kształtują go obecnie. Trzeci aspekt dotyczy ujmowania krajobrazu jako rezultatu skomplikowanych związków natury i kultury (przyrody i cywilizacji). Ich wyrazem jest indywidualna struktura krajobrazu, której rozpoznanie pozwala na projektowanie krajobrazu dobrze zakomponowanego, a jednocześnie zrównoważonego i stabilnego pod względem ekologicznym. Trzy wskazane wyżej aspekty definicji krajobrazu zawartej w Europejskiej Konwencji Krajobrazowej tworzą ramy poznawcze we współczesnych badaniach tożsamości krajobrazu, wyznaczają ich podstawowe kierunki, nowe perspektywy poznawcze i obszary współpracy między różnymi dziedzinami. Istotę współczesnych badań stanowi przede wszystkim zrozumienie charakteru krajobrazu, a więc identyfikacja i interpretacja tych cech, które wyróżniają dany obszar (jednostkę krajobrazową) i sprawiają, że jest rozpoznawalny. Warte zacytowania jest też definicja przytoczona przez Swanwick (2004): *krajobraz jest fizycznym zapisem naszej historii i pracy, naszej inwencji i poczucia wspólnoty, krajobraz jest też zapisem nieustannej walki pomiędzy prywatnymi ambicjami a społecznymi potrzebami. W tym zakresie można powiedzieć, że krajobraz tworzy rodzaj wspólnego języka, łącznika pomiędzy tym, kim byliśmy, a kim jesteśmy. Krajobrazy nie są statyczne, są one przez kogoś posiadane, są obszarem działań, zmian, kształtowania, pozyskiwania, zawłaszczania, czasami przy znacznej roli sił przyrodniczych, niekiedy z ignorowaniem sił i zjawisk przyrody*.

Podjęcie działań w kierunku zachowania i wzmocnienia charakteru krajobrazu wymaga uznania go za wartość i wspólne dobro, co ma określone konsekwencje dla procesu decyzyjnego i wcześniej – procesu planistycznego. Z punktu widzenia praktyki planistycznej istotna jest identyfikacja charakteru krajobrazu, interpretacja zawartych w nim treści oraz ocena stopnia trwałości, dynamiki przekształceń i odporności na zmiany. Niezbędne jest też uwzględnienie percepcji, uwarunkowanej i modyfikowanej przez określone



**Ryc. 1.** Typy decyzji w procesie zarządzania krajobrazem  
(Raszeja 2013, za: Klijn 2004)

postawy, wartości i upodobania a także wiedzę, doświadczenia i praktyki życiowe odbiorców. Zrozumienie, w jaki sposób jednostki i społeczności lokalne postrzegają swoje miejsca, pozwala nie tylko na zbadanie krajobrazu, ale też na stworzenie lepszych metod i narzędzi jego ochrony. Teoria i metodologia badań krajobrazowych jest następstwem podstawowych relacji człowieka z jego środowiskiem życia. Lorzing (2001) wyróżnił cztery poziomy interakcji wynikające z różnych ujęć mentalnych i społecznych funkcji krajobrazu: 1) krajobraz widziany – jako przedmiot percepcji, 2) krajobraz rzeczywisty – jako przedmiot obiektywnych badań, 3) krajobraz emocjonalny – jako przedmiot indywidualnych i zbiorowych doświadczeń, 4) krajobraz kształtowany – jako przedmiot planowania, ochrony i interwencji. Z punktu widzenia polityki krajobrazowej szczególnie istotny jest sposób i tryb podejmowania decyzji o charakterze przestrzennym, jako odpowiedź na zmiany uwarunkowań, potrzeb i celów społecznych. Jest to ciągły i świadomy proces, związany z możliwością wyboru różnych środków, determinowanych przez poziom zarządzania i perspektywę czasową (ryc. 1). Podstawowe typy decyzji, podejmowanych na różnych poziomach w procesie zarządzania krajobrazem, różni skala czasowa i przestrzenna oraz związane z tym środki i instrumenty (Klijn 2004). Są to:

- natychmiastowe reakcje, najczęściej wynikające z bezpośrednich zagrożeń oraz rozwiązania związane wydawaniem doraźnych decyzji (kontrola i nadzór, działania administracyjne);
- decyzje funkcjonalne, których celem jest regulacja oraz optymalizacja form użytkowania przestrzeni i sposobów korzystania z zasobów środowiska (planowanie miejscowe);
- decyzje integrujące, dominujące w planach i strategiach, uwzględniające uwarunkowania i skutki (studia gmin, plany ochrony, planowanie regionalne);
- decyzje proaktywne, antycypacyjne, innowacyjne, obliczone na długotrwały efekt i wyższe cele, łączące wartości, idee i wizje (polityka rozwoju społeczno-gospodarczego, polityka przestrzenna, polityka krajobrazowa).

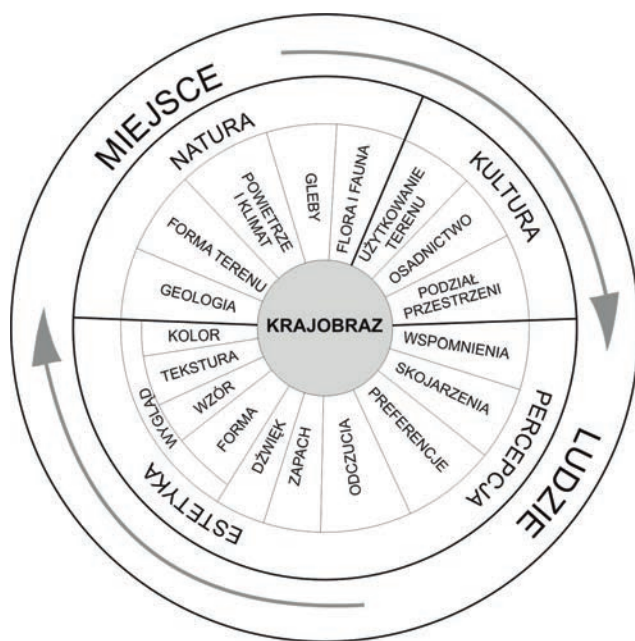
### 3. Charakter krajobrazu jako istota metody LCA

W niektórych krajach Europy wykształciły się i utrwaliły metody identyfikacji i oceny charakteru krajobrazu, które są silnie zintegrowane z planowaniem przestrzennym. Prototypem dla tego typu studiów prowadzonych dzisiaj w wielu krajach europejskich jest brytyjska metoda LCA, będącą kontynuacją i modyfikacją rozwijanego od lat 70. i stale doskonalonego programu badań krajobrazu obejmujących cały kraj. Przez wiele lat, zwłaszcza w latach 70. ubiegłego stulecia, analizy koncentrowały się na wartościowaniu, czyli na tworzeniu swojego rodzaju rankingu krajobrazów (lepszyc lub gorszych) w ramach metody Landscape Evaluation. Koncentrowała się ona na stosowaniu zestawu wskaźników, parametrów mierzalnych, które pozwalały na bardzo precyzyjne wydzielenie i ocenę jednostek krajobrazowych według ustalonej listy punktacji wartości. Efektem takiego podejścia było jednak zredukowanie wielowymiarowości krajobrazu. Wynikało to z pewnego rodzaju obaw przed włączaniem aspektów percepcyjnych, społecznych, które uważane były za opozycję do obiektywnych metod naukowych, porównywalnych i transparentnych. Tymczasem oceny wartościujące nie spotkały się z uznaniem społecznym, co potwierdziły badania prowadzone przez Countryside Commission wśród społeczeństwa brytyjskiego. Rezultatem tych badań było stwierdzenie, że numeryczne, statystyczne oceny krajobrazowe nie oddają w pełni jego istoty, a zwłaszcza społecznej percepcji krajobrazu, w związku z czym odstąpiono od tego typu wartościowania (Swanwick 2004). W latach 80. XX w. pojawiła się i była rozwijana metoda oceny krajobrazu zupełnie odmienna od wcześniej stosowanego wartościowania, znana jako Landscape Assessment, a oparta na klasyfikacji i opisie charakteru krajobrazu na podstawie cech różnicujących poszczególne obszary między sobą. Od 1993 roku coraz większy nacisk kładziono na charakter krajobrazu jako istotę ocen



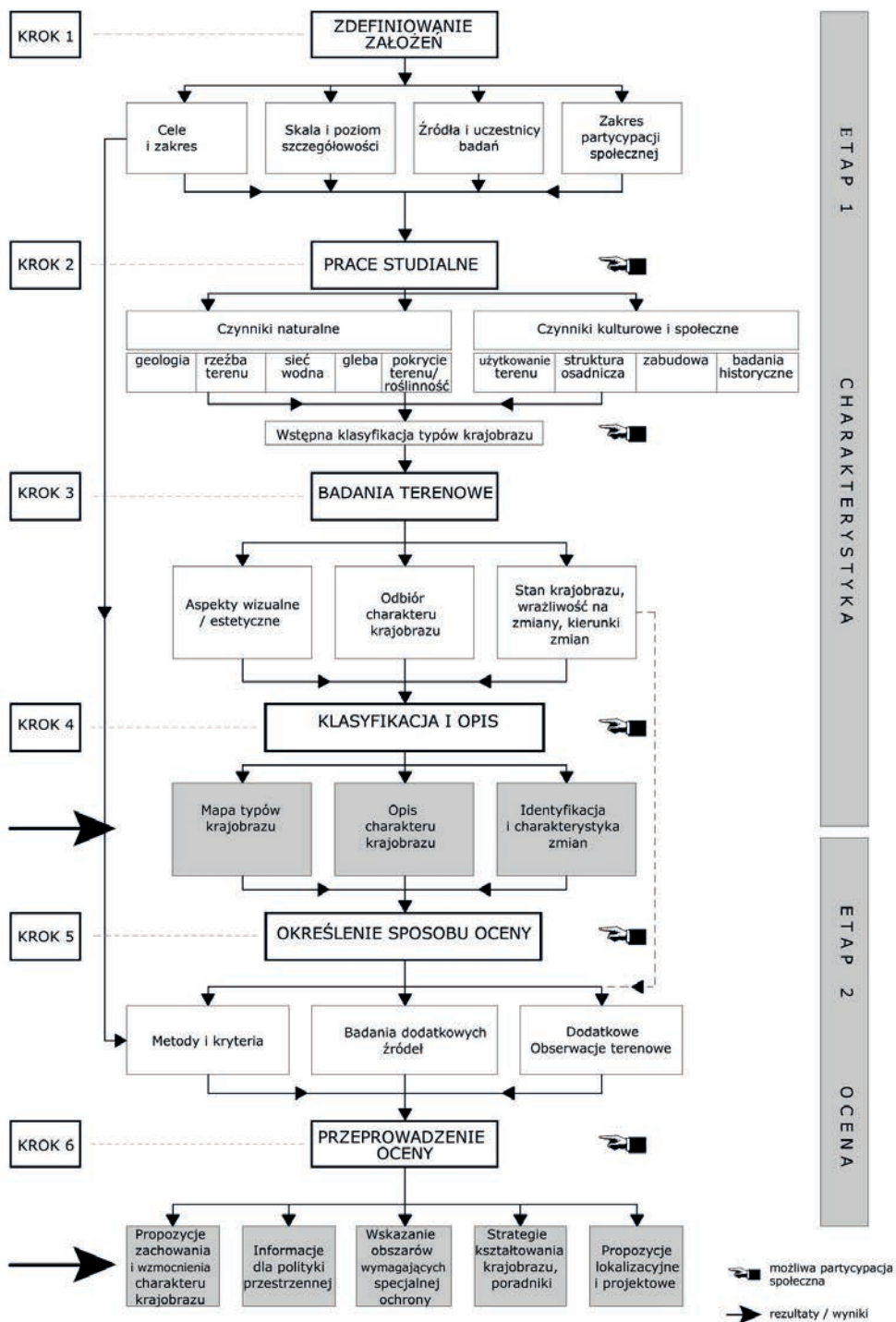
krajobrazowych. W rezultacie pojawiła się nowa metoda, która została nazwana Landscape Character Assessment.

Proces badawczy LCA obejmuje dwa zasadnicze etapy: charakterystykę i ocenę (ryc. 3). Na etapie charakterystyki, która jest niewartościująca, to znaczy identyfikuje i opisuje charakter, a nie wartość krajobrazu, wyznaczone są obszary (jednostki) o jednorodnym, homogenicznym typie krajobrazu oraz obszary o szczególnych formach krajobrazowych. Charakter krajobrazu tworzy wyróżniający się i rozpoznawalny wzór elementów, które są stałe dla określonego typu krajobrazu. Szczególne powiązania geologii, rzeźby, użytkowania terenu, wzory pól i siedlisk ludzkich tworzą charakter krajobrazu, który czyni poszczególne obszary odmienne od innych, nadaje im specyfikę i tożsamość (Swanwick 2002). Identyfikacja i opis charakteru krajobrazu wymaga rozpoznania nie tylko jego indywidualnych elementów, ale także sposobu wzajemnego współistnienia i współdziałania. Przede wszystkim krajobraz rozumiany jest jako wyraz relacji ludzi i zamieszkivanyymi przez nich miejscami (ryc. 2).



Ryc. 2. Idea krajobrazu w metodzie LCA (Raszeja 2013, za: Swanwick 2002)

Drugim etapem tej metody jest opracowanie ocen rozumianych jako oszacowanie charakteru, bazujące na dobrym rozpoznaniu i charakterystyce, co jest później podstawą do wydawania decyzji i podejmowania określonych działań. W tej procedurze stosowane są cztery typy ocen krajobrazu: charakteru, jakości, wartości i pojemności.



Ryc. 3. Schemat badań według metody LCA (Raszeja 2013, za: Swanwick 2002)

- 1) Charakter krajobrazu (*landscape character*) określony jest przez zestaw różnorodnych cech wyróżniających dany obszar i decydujących o jego specyfice. Na tej podstawie mogą być tworzone różnego rodzaju wskazówki i poradniki do planowania i zarządzania krajobrazem w sposób zgodny z jego charakterem.
- 2) Jakość krajobrazu (*landscape quality*) jest odzwierciedleniem kondycji określonych elementów, które tworzą ten krajobraz, jego integralności i spójności, a także zachowania jego wyróżniającego charakteru. Ocena jakości zwykle jest podstawą do tworzenia strategii krajobrazowej, która może wyrażać się w czterech alternatywnych działaniach strategicznych, jakimi są: 1) zachowanie lub 2) wzmocnienie charakteru, 3) odtworzenie pewnych cech krajobrazu przeszłego, 4) tworzenie nowych cech, nowej jakości krajobrazu. Czasami występuje kombinacja tych czterech typów działań strategicznych.
- 3) Wartość krajobrazu (*landscape value*) odnosi się do pewnych ocen relatywnych, które związane są z określonymi krajobrazami. Zwykle wiąże się z rozpoznaniem i desygnowaniem do objęcia ochroną za pomocą specjalnych środków (w tym prawnych) obszarów wyjątkowych (priorytetowych) w celu zachowania ich wartości przyrodniczych, kulturowych oraz widokowych, które zostały uznane za cenne i warte zachowania.
- 4) Pojemność krajobrazu (*landscape capacity*) odnosi się do poziomu, do jakiego określony typ krajobrazu jest zdolny do przyjęcia zmian, bez nieakceptowanego wpływu na jego charakter. Precyzyjna ocena pojemności jest bardzo istotna przy wprowadzaniu zmian użytkowania oraz lokalizacji nowych inwestycji. Istnieją specjalne techniki ocen pojemności i wrażliwości krajobrazu na nowe inwestycje.

Podstawowym zadaniem LCA jest wsparcie procesu zarządzania przestrzenią. Wszystkie decyzje mają swoje odzwierciedlenie w krajobrazie, dlatego to narzędzie jest bardzo pomocne przy sterowaniu zmianami w celu uzyskania pozytywnych efektów, a więc spełniających kryteria ładu przestrzennego i zrównoważonego rozwoju. Istotne jest to, że oceny nie koncentrują się tylko na istniejącym charakterze krajobrazu, ale wykazują również jego podatność czy odporność na przewidywane zmiany. To pomaga w podejmowaniu dobrych decyzji planistycznych, kształtowaniu odpowiedniej struktury krajobrazu, tworzeniu wskazań lokalizacji i projektowania nowych obiektów, a także w powstrzymywaniu niepożądanych przekształceń, ochronie przed stratami i degradacją krajobrazu. Wyniki ocen LCA wykorzystywane są do tworzenia poradników, zawierających wytyczne i wskazania do projektowania osiedli wiejskich, znanych jako Village Design Statement, określających preferowane formy zabudowy



wiejskiej na podstawie analizy cech architektury lokalnej i historycznych układów przestrzennych. Celem tych opracowań jest dokładne określenie parametrów i cech zabudowy, zapewniających jej odpowiednie wkomponowanie w krajobraz i poszanowanie lokalnych wartości. Wyniki badań LCA są też pomocne w zakresie ocen oddziaływania na stronę wizualną krajobrazu. Na ich podstawie ocenia się zgodność projektowanych inwestycji z kompozycją i odbiorem wizualnym krajobrazu, a także dopuszczalność wprowadzania pewnych nowych elementów, wskazując na możliwość powodowania ewentualnych zakłóceń albo nawet utraty wartości krajobrazowych. Przykładem tego są wytyczne do lokalizacji farm wiatrowych, ustalane na podstawie zestawu kryteriów, do których należą: skala i otwartość krajobrazu, zróżnicowanie i dynamika rzeźby terenu, struktura sieci osadniczej, wzór krajobrazowy (podziały przestrzeni, skala gospodarstw rolnych), kompozycja wizualna (stopień złożoności i elementy szczególne), naturalność i wyjątkowość krajobrazu. Odnośnie do każdej z wymienionych cech stworzono 5-punktową skalę oceny, której rezultatem jest mapa strategicznej wrażliwości krajobrazu, wskazująca, gdzie i na jakich warunkach mogą być lokalizowane farmy wiatrowe, gdzie mogą one być „przyjęte” przez krajobraz (Martin 2009).

Warunkiem użyteczności ocen LCA jest ich odpowiedni zapis, który przede wszystkim musi spełniać kryteria czytelności, powtarzalności i dostępności. Wykorzystywanie metod i narzędzi GIS zapewnia systematyczne pozyskiwanie i ciągłą aktualizację wszechstronnych danych o krajobrazie pochodzących z różnych źródeł, integrację informacji graficznych z opisowymi, wysoki poziom prezentacji rezultatów (m.in. mapy interaktywne i wizualizacje 3D), szeroki zakres ich upowszechniania oraz aplikacyjność i wsparcie decyzji planistycznych. Podczas sporządzania opracowań strategicznych i planistycznych na każdym etapie i odnośnie do każdego obszaru możliwe jest uzyskanie pełnej informacji o krajobrazie, za pomocą wcześniej przeprowadzonych badań.

Godnym podkreślenia osiągnięciem i wartością Landscape Character Assessment jest to, że badanie charakteru krajobrazu wykonywane jest od lat systematycznie i systemowo. Oznacza to sporządzanie ocen obszaru całego kraju w różnych skalach (krajowej, regionalnej i lokalnej), które wzajemnie się uzupełniają i są zintegrowane w jeden system, według ujednolitego zestawu technik używanych w różnych kombinacjach, odpowiednio dobranych do celu i zakresu badań. Istotne jest również wspomniane już rozdzielenie etapów identyfikacji i ocen krajobrazu. Na podkreślenie zasługuje aplikacyjność, systemowe ujęcie i klarowność metody LCA, co sprawia, że kolejne kraje europejskie adaptują ją do potrzeb planowania krajobrazu (Wascher 2003).

#### 4. Ocena spójności i trwałości form historycznych krajobrazu w metodzie HLC

W ocenach krajobrazu niezbędne jest również uwzględnienie perspektywy historycznej, która pomaga zrozumieć, w jaki sposób krajobraz ewoluował na przestrzeni dziejów, aby osiągnąć swój obecny charakter oraz jak czynniki naturalne i antropogeniczne wzajemnie oddziaływały na siebie w tym procesie. Jest to bardzo istotne w podejmowaniu decyzji dotyczących przyszłych zmian w taki sposób, aby były one umocowane w odpowiednim historycznym kontekście. To dotyczy zarówno rewaloryzacji i odtwarzania historycznych form krajobrazu, jak i planowania przestrzennego. Taką rolę odgrywają badania prowadzone w ramach angielskiej metody HLC (Historic Landscape Character) oraz jej szkockiego odpowiednika HLA (Historic Land-use Assessment). Celem jest charakterystyka i interpretacja historycznego wymiaru krajobrazu na danym obszarze. Badania obejmują dwa etapy: 1) identyfikację, mapowanie i opis, 2) ocenę oraz wskazanie priorytetów zarządzania i ochrony. Są to przede wszystkim badania wyjaśniające, ich istotą jest interpretacja krajobrazu, a nie ewidencjonowanie jego historycznych zasobów. Obejmują całość krajobrazu, a nie pojedyncze miejsca. Punktem odniesienia jest zawsze współczesny krajobraz, celem badań jest wyjaśnienie jego genezy i historii. Krajobraz jest dynamiczny, podlega ciągłym zmianom, jego ochrona polega więc na zarządzaniu zmianami, w odniesieniu do współczesnej społecznej percepcji, a nie wyłącznie na zachowaniu stanu istniejącego (Fairclough 2008). W tym kontekście znaczenia nabiera ocena wrażliwości krajobrazu i możliwości przyjęcia planowanych zmian bez szkody dla trwałości historycznej struktury, podczas, gdy w tradycyjnych działaniach ochronnych i konserwatorskich wyznacznikiem jest wartość historyczna i ranga krajobrazu. Clark i in. (2004) zwracają uwagę na następujące założenia w badaniach HLC:

- koncentracja na obecnym charakterze krajobrazu jako zapisie procesów historycznych i określonych działań ludzkich w środowisku, odbieranym przez współczesnych użytkowników;
- odczytanie i określenie w jakim stopniu i w jakim zakresie cechy historyczne krajobrazu (i jego zmiany) są widoczne we współczesnym krajobrazie;
- badanie i zapis danych odnośnie do całego krajobrazu, a nie wybranych miejsc (interpretacja krajobrazu jako całości przestrzennej, a nie rejestracja i mapowania poszczególnych zabytków czy odkryć);
- traktowanie wszystkich obszarów i elementów jako części krajobrazu o charakterze historycznym, bez względu na ich wiek i wyjątkowość (a nie ograniczanie się do obszarów o wyjątkowej historii);
- założenie, że działalność ludzka miała wpływ na całe środowisko; elementy przyrodnicze (las, pokrycie terenu, zadrzewienia) są w takim

samym stopniu częścią krajobrazu historycznego, jak relikty archeologiczne i architektoniczne;

- uznanie, że istotą krajobrazu jest ludzka percepcja (krajobraz nie jest tożsamy ze środowiskiem); krajobraz nie jest rzeczą, lecz ideą, stworzoną przez naszą percepcję, myśli i emocje, które zmieniają się wraz z rozwojem cywilizacji.

HLC wzbogaca dotychczasową tradycyjną ochronę miejscową o nowe aspekty. Wprowadza też inny sposób oceny środowiska historycznego, podkreślając różnice między perspektywą publiczną i prywatną, skalą narodową i lokalną, punktem widzenia eksperckim i osobistym, a co najważniejsze – nowy sposób myślenia, obejmujący holistyczne, zintegrowane spojrzenie na krajobraz, koncepcję trwałości i równowagi (*sustainability*), cele zintegrowanego planowania i zarządzania, a więc wszystkie główne założenia Europejskiej Konwencji Krajobrazowej. Podkreśla wagę badań interdyscyplinarnych, proponuje uznanie krajobrazu za pomost między dyscyplinami i pomaga w poszerzeniu świadomości różnych aspektów krajobrazu w innych dyscyplinach (architekturze i planowaniu oraz ekologii krajobrazu). Wyniki HLC (HLA) wykorzystywane są przede wszystkim w planowaniu przestrzennym, ochronie i zarządzaniu dziedzictwem kulturowym oraz polityce rolnej i leśnej.

## **5. Identyfikacja i interpretacja krajobrazu jako podstawa planowania i zarządzania przestrzenią**

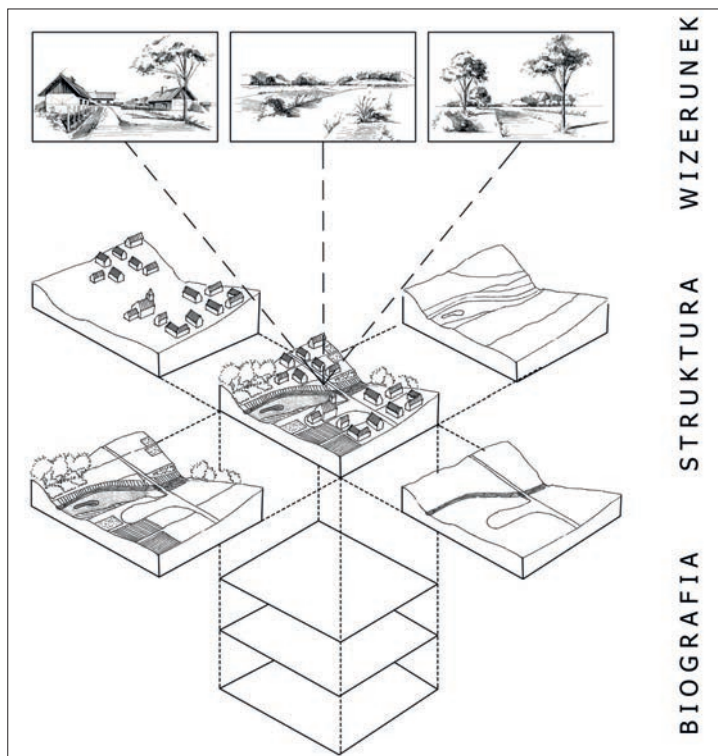
Dla stworzenia systemu zintegrowanych ocen krajobrazowych, użytecznych w planowaniu i zarządzaniu przestrzenią szczególnie ważne jest poszukiwanie wspólnej płaszczyzny dla różnych typów ocen, zwłaszcza ekologicznych i estetyczno-wizualnych. Prowadzone współcześnie badania wykazały, że jest wiele cech wspólnych obu tych aspektów krajobrazu, aczkolwiek bardzo zróżnicowana jest terminologia i sposób ich opisywania. Badania prowadzone w różnych ośrodkach potwierdziły zależność pomiędzy atrakcyjnością i wartością ekologiczną krajobrazu, co uzasadnia konieczność poszukiwania zestawu wspólnych kryteriów i wskaźników (Ode i in. 2008). Problemem jest też sam charakter ocen, czyli ich ujęcie ilościowe lub jakościowe. Z punktu widzenia planowania i zarządzania zawsze bardzo pożądane są oceny ilościowe, które stwarzają sytuację porównywalności, czytelności i jednoznaczności zapisów. Tego typu oceny dominują w badaniach przyrodniczych, charakteryzujących się dążeniem do wzbogacania zasobu obiektywnej wiedzy o krajobrazie i do jednoznacznych ocen jego stanu, wyrażanych za pomocą formalnych wskaźników struktury i funkcjonowania krajobrazu (mierniki, indykatory, metryki i modele krajobrazowe). W naukach humanistycznych natomiast dominuje podejście jakościowe i interpretacyjne, oparte na prze-

konaniu, że metody ilościowe nie oddają pełnej wiedzy o krajobrazie, gdyż pomijają istotne aspekty ludzkiego doświadczenia. Nauki stosowane, do których należy architektura i planowanie krajobrazu, koncentrują się głównie na aspektach formalnych i kompozycyjnych, a także poszukiwaniu takich metod identyfikacji, interpretacji i oceny krajobrazu, które są przydatne w twórczym procesie jego kształtowania. Jeżeli chodzi o oceny wizualne, to dominują tu wskaźniki jakościowe, chociaż podejmowane są próby wyrażania ich w zobiiektywizowanym ujęciu ilościowym za pomocą analiz cyfrowych (Ozimek i in. 2013). Oceny jakościowe wynikają z teorii naukowych odnoszących się do preferencji estetycznych i kulturowych, psychologii behawioralnej, teorii znaczeń krajobrazu oraz aksjomatów czytania krajobrazu (Raszeja 2013).

Istotny jest też dobór odpowiednich kryteriów oceny, zwykle w znacznym stopniu zdeterminowany przez przyjęty cel badań. Antrop (2003) przedstawił zestaw kryteriów w podziale na kilka kategorii: kulturowo-historyczne (typ, spójność, informacja, jakość), estetyczne (czytelność, jakość, naturalność, autentyczność, stan zagospodarowania, zróżnicowanie, atmosfera) i użytkowe (dostępność, swoboda użytkowania, wartość finansowa). Z kolei Myga-Piątek (2007) proponuje następujący zestaw kryteriów: dawność, historyczność, wartość estetyczna, autentyczność substancji, harmonia, wyjątkowość, treść, wartość emocjonalna, wartość użytkowa. Oceny wizualne wykonywane przez architektów krajobrazu obejmują zwykle: zróżnicowanie, harmonię i spójność kompozycji oraz stopień zakłóceń, deformacji lub degradacji (Sas-Bojarska 2006), przy czym zestaw czynników wpływających na atrakcyjność wizualną poszerzany jest również o dodatkowe aspekty, takie jak: niezwykłość, wzniosłość, trwałość motywów, bogactwo planów i kulis, dynamika „spektaklu” czy nostalgia (Ozimek i in. 2013). Szczególną uwagę należy zwrócić na kryteria oceny, uwzględniające zarówno wartość historyczną (krajobraz jako źródło wiedzy o przeszłości), autentyczność i reprezentatywność krajobrazu, jak też jego specyfikę i wyjątkowość oraz jednorodność i spójność wewnętrzną. Ważne są również aspekty emocjonalne, takie jak: czytelność, wyrazistość, zrozumiałość, narracyjność i zmienność (Raszeja 2013). Ze względu na potrzeby planowania krajobrazu bardzo ważne są wskaźniki, pozwalające na obiektywny opis cech struktury i kompozycji krajobrazu. Są one jednak trudne do ustalenia, często nawet mogą się okazać mylące i niejednoznaczne (np. nasycenie obiektami wartościowymi nie zawsze oznacza spójność i integralność kompozycji krajobrazu). Należy więc raczej mówić o wyróżnikach, decydujących o charakterze i неповtarzalności krajobrazu (Niedźwiecka-Filipiak 2009).

Próbą połączenia różnych aspektów krajobrazu jest opracowany przez autorkę model badawczy BSW (Biografia – Struktura – Wizerunek), który wyznacza schemat postępowania w procesie identyfikacji, interpretacji i oceny krajobrazu kulturowego. Model powstał na założeniu, iż określony krajobraz

wiejski nie jest wyłącznie bardziej lub mniej atrakcyjnym „widokiem” (obrazem), lecz przede wszystkim niepowtarzalną strukturą przestrzenną, w której zakodowane są procesy historyczne, relacje geograficzne, symbole i znaczenia kulturowe (ryc. 4).



Ryc. 4. Relacja komponentów krajobrazu w modelu BSW (Raszeja 2013)

Struktura krajobrazu (nakładające się na siebie warstwy naturalne – abiotyczne i biotyczne oraz warstwy antropogeniczne) podlega obiektywnym pomiarom. Jednak dla pełnej charakterystyki krajobrazu konieczna jest również jej interpretacja poprzez biografię krajobrazu, kontekst historyczny i odkodowania znaczeń kulturowych ukrytych w krajobrazie. Z kolei parametry przestrzenne i kompozycja krajobrazu wpływają na jego odbiór wizualny i wizerunek, który utrwała się w pamięci obserwatora dzięki cechom i elementom wyróżniającym się. Ocena wizualna dokonywana jest według jednolitego zestawu kryteriów, na który składają się: złożoność kompozycji (poziom zróżnicowania elementów), spójność, wyrazistość, poziom zagospodarowania (uporządkowania przestrzeni), skala wizualna (otwarcia/zamknięcia), poziom zachowania i odbiór cech naturalnych, stopień zachowania i czytelności cech historycznych, stopień zakłóceń i deformacji kompozycji (Raszeja 2013). Istotą modelu BSW jest



podejście holistyczne i systemowe, które pozwala na identyfikację wszystkich komponentów tożsamości (charakteru) krajobrazu oraz wszystkich możliwych związków pomiędzy nimi. Nie należy utożsamiać go z metodą i procedurą badawczą. Model można traktować jako swoisty sposób porządkowania problemów czy też konstrukcję myślową, tworzącą bazę dla twórczych poszukiwań. Kolejnym etapem postępowania badawczego jest operacjonalizacja, czyli wyposażenie modelu w szczegółowe procedury i narzędzia badawcze.

Wszechstronne i dogłębne rozpoznanie charakteru krajobrazu tworzy niezbędną podstawę dla jego zintegrowanej ochrony i kształtowania. Zgodnie ze wskazaniami Europejskiej Konwencji Krajobrazowej należy dążyć do stworzenia spójnej polityki krajobrazowej, tj. objęcia ochroną wszystkich typów krajobrazu, odpowiednio dostosowując środki do rangi zasobów. W praktyce oznacza to wykorzystanie istniejących lub tworzenie nowych instrumentów na różnych poziomach planowania i zarządzania przestrzenią (ryc. 5).

|                      | Instrumenty ochrony,<br>planowania<br>i zarządzania<br>przestrzenią                                                                                | Identyfikacja i ocena<br>krajobrazu<br>– cele i metody                                                                                                 | Pozyskiwanie,<br>gromadzenie<br>i przetwarzanie<br>informacji                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| POZIOM<br>REGIONALNY | planowanie strategiczne<br>i przestrzenne,<br>polityka krajobrazowa<br>zintegrowana<br>z polityką rozwoju<br>regionalnego                          | identyfikacja charakteru,<br>diagnoza stanu,<br>kierunków i stopnia<br>przekształceń,<br>wyznaczenie obszarów<br>priorytetowych,<br>audyt krajobrazowy | kryteria wyboru<br>metod i narzędzi:<br><br>dostosowanie do celu<br>i zakresu badań,                                                                    |
| POZIOM<br>LOKALNY    | studia gmin<br>wyznaczające kierunki<br>zagospodarowania<br>przestrzennego,<br>plany miejscowe<br>regulujące sposób<br>i formy<br>zagospodarowania | określenie specyfiki<br>krajobrazu<br>(typów, form,<br>wyróżników),<br>rozpoznanie walorów,<br>ocena oddziaływania<br>na krajobraz                     | dostępność źródeł<br>danych,<br><br>czytelność<br>i jednoznaczność<br>zapisów,<br><br>możliwość mapowania,<br><br>powtarzalność<br>procedur badawczych, |
| MIEJSCE              | decyzje lokalizacyjne,<br>reakcje na zagrożenia,<br>interwencje                                                                                    | wieloaspektowe<br>analizy miejsca,<br>prognoza skutków<br>(w tym wizualnych)<br>realizacji inwestycji                                                  | objektywizacja ocen,<br>aplikacyjność wyników                                                                                                           |

Ryc. 5. Relacja między instrumentami planowania i zarządzania przestrzenią na różnych poziomach a metodami identyfikacji i oceny krajobrazu (opracowanie własne)

## 6. Podsumowanie

Krajobraz ulega dzisiaj istotnym przekształceniom, będącym efektem różnych zjawisk i procesów o charakterze społecznym, gospodarczym, prawno-własnościowym i politycznym. Ważnym zadaniem jest więc rozpoznanie istoty obecnych i przewidywanych przemian, rejestracja konfliktów przestrzenno-krajobrazowych oraz poszukiwanie skutecznych sposobów ich rozwiązywania, zapobiegania lub minimalizacji. Konkretnie działania praktyczne są zawsze konsekwencją przyjętych ujęć conceptualnych. Teoria tworzy bowiem fundament konstrukcji metod badawczych i narzędzi ochronnych. Każda z dziedzin zajmujących się obecnie krajobrazem posiada własne podstawy teoretyczne i metody badawcze, posługuje się sobie właściwym językiem. Wiele z nich wypracowało własne paradygmaty, metodologię i narzędzia badawcze. Złożoność współczesnych zjawisk i procesów sprawia jednak, że problemów krajobrazowych nie można rozwiązać w ramach jednej dyscypliny. Dlatego też coraz większy nacisk kładzie się na różne formy współpracy badawczej, przekraczającej granice i paradygmaty poszczególnych dyscyplin, co umożliwia wymianę wizji, pomysłów, a także porównanie wyników i ocenę wartości poszczególnych projektów badawczych. Dla integracji badań krajobrazowych problemem pozostaje zróżnicowany język opisu, strategie pozyskiwania i gromadzenia informacji, reguły logiki procedur badawczych i wnioskowania (Tress i in. 2007). Jednocześnie cechy i wartości wspólne dla wszystkich badań naukowych – obiektywizm, rzetelność, prawdziwość źródeł, jednoznaczność stwierdzeń – dają szansę na przełamanie barier.

Szczególnie w dziedzinie badań krajobrazowych, podejście zintegrowane jest niezbędne do analizy coraz bardziej złożonych zjawisk i rozwiązywania problemów przestrzennych. Identyfikacja i ocena krajobrazu wymaga zbudowania spójnej bazy teoretycznej, wyboru odpowiednich metod badawczych oraz sposobu gromadzenia i aktualizacji informacji. W tym zakresie szczególnie przydatne wydają się wciąż rozwijane i doskonalone narzędzia GIS, które gwarantują czytelność i jednoznaczność zapisów, a także dostępność i możliwość upowszechniania danych. Zintegrowane badania mogą stanowić wsparcie procesów decyzyjnych w praktyce zarządzania przestrzenią i ochrony krajobrazu.

## Literatura

- CLARK J., DARLINGTON J., FAIRCLOUGH G., 2004. Using Historic Landscape Characterisation. English Heritage & Lancashire Council.
- FAIRCLOUGH G., 2008. History, time and change: managing landscape and perception. W: M. Berlan-Darque, Y. Luginbuhl, D. Terrasson (red.). Landscape, from knowledge to action. Editions Quae: 147-159.
- KLIJN J.A. 2004. Driving forces behind landscape transformation in Europe, from a conceptual approach to policy options. W: R.H.G. Jongman (red.). The new dimensions of the European landscape. Springer, Dordrecht: 201-218.

- LORZING H. 2001. The nature of landscape. A personal quest. 010 Publishers, Rotterdam.
- MARTIN J. 2004. Applications of landscape character assessment. W: K. Bishop, A. Phillips (red.). Countryside planning: New approaches to management and conservation. Earthscan, London: 203-221.
- MYGA-PIĄTEK U. 2007. Kryteria i metody oceny krajobrazu kulturowego w procesie planowania przestrzennego na tle obowiązujących procedur prawnych. W: M. Kistowski, B. Korwel-Lejkowska (red.). Problemy Ekologii Krajobrazu, tom XIX: Waloryzacja środowiska przyrodniczego w planowaniu przestrzennym, Gdańsk-Warszawa, 101-110.
- MYGA-PIĄTEK U., NITA J. 2015. Polityka krajobrazowa Polski – u progu wdrożeń. Przegląd Geograficzny, 87, 1: 5-25.
- NIEDŹWIECKA-FILIPIAK I. 2009. Wyróżniki krajobrazu i architektury wsi Polski Południowo-Zachodniej. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław.
- ODE A., TVEIT M.S., FRY G. 2008. Capturing landscape visual character using indicators: touching base with landscape aesthetic theory. Landscape Research, 33, 1: 89-117.
- OZIMEK P., BOHM A., OZIMEK A., WAŃKOWICZ W. 2013. Planowanie przestrzeni o wysokich walorach krajobrazowych przy użyciu cyfrowych analiz terenu wraz z oceną ekonomiczną. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- RASZEJA E. 2002. Procedury i instrumenty kształtowania krajobrazu na obszarach wiejskich Wielkopolski w aspekcie integracji z Unią Europejską. Studioteka Zarysy Wydział Architektury Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- RASZEJA E. 2008. Ochrona krajobrazu kulturowego w teorii i praktyce gospodarowania przestrzenią. W: K. Zimniewicz (red.). Bariery w zarządzania parkami krajobrazowymi w Polsce. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa: 49-67.
- RASZEJA E. 2013. Ochrona krajobrazu w procesie przekształceń obszarów wiejskich. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań.
- SAS-BOJARSKA A. 2006. Przewidywanie zmian krajobrazowych w gospodarowaniu przestrzenią z wykorzystaniem ocen oddziaływania na środowisko na przykładzie transportu drogowego. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- SELMAN P. 2006. Planning at the landscape scale. Routledge, London and New York.
- SWANWICK C. 2002. Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland. Countryside Agency, Scottish Natural Heritage.
- SWANWICK C. 2004. The assessment of countryside and landscape character in England: an overview. W: K. Bishop, A. Phillips (red.). Countryside planning: New approaches to management and conservation. Earthscan, London: 109-122.
- TRESS G., TRESS B., FRY G. 2007. Analysis of the barriers to integration in landscape research projects. Land Use Policy, 24: 374-385.
- WASCHER D.M. 2003. Overview on agricultural landscape indicators across OECD countries W: Agricultural impacts on landscapes: developing indicators for policy analysis. Norwegian Institute of Land Inventory, Oslo: 19-36.

### **Identification of landscape character in view of environmental impact assessments – selected European methods**

#### **Summary**

Dynamics of contemporary development processes, resulting in rapid changes in space use, deformation and demise of traditional forms and structures, as well as the emergence of new elements pose a threat to the stability and cohesion of landscape. This problem is compounded by the low effectiveness of currently applied protection methods and tools,



fragmentation and incompatibility of spatial management plans as well as a lack of adequate identification and evaluation of landscape as the foundation for the decision making process at various levels of space planning and management. A comprehensive and integrated approach to landscape protection and management, primarily the establishment of a comprehensive landscape policy, are required. The basic document defining the assumptions of this policy is the European Landscape Convention, pointing to the fact that landscape is the primary component of our cultural and natural heritage and its condition determines the quality of our lives. All landscape types (both unique and ordinary) deserve to be acknowledged and appreciated, while the intensity and forms of our actions in this respect need to be adapted to the rank of these resources.

Implementation of the Convention regulations has created in Poland a new legal situation specified in the Act on landscape. It imposes the obligation to reinforce instruments of landscape protection within the framework of space planning and management, e.g. by establishment of landscape audits and incorporation of landscape aspects in environmental impact assessments as pre-requisites for decision-making processes. This implies the need to develop a comprehensive theoretical basis, select appropriate research methods and procedures, conduct comprehensive research as well as systematically collect and update data in order to create multifaceted landscape information resources.

Experience of other European countries in this respect may prove useful in the development of the landscape research system in Poland. The British Landscape Character Assessment (LCA), focused on landscape character, is an example of systemic research, which results are directly reflected in the established strategies and spatial management plans. Its essence is to identify areas with distinguishing features, to classify, map and describe them. Assessment focuses not only on the current status of landscape, but also indicates its vulnerability, capacity and resistance to forecasted changes. This constitutes the basis for planning decisions concerning land use methods, space division, modification of landscape structure, as well as formulation of indications for the location and design of new objects in landscape. The LCA method may be applied at various levels – national, regional and local, which complement one another and are integrated within one system. When combined with Historic Landscape Characterisation (HLC) / Historic Land-use Assessment (HLA) it facilitates assessment of the historic value and dynamics of landscape changes and provides insight into the effect of past processes on the current character of landscape as the foundation for the identification of priorities for management, protection and planning of future changes.

For landscape management a key issue is not only to identify its spatial structure as well as gain insight and understanding of the historical process which has formed it, but also study its contemporary perception, significant for the modification of the landscape image, affecting attitudes and expectations of the public and as a consequence influencing spatial planning decisions. Such an approach is the basis for the model of multifaceted landscape studies, proposed by the author and based on the analysis of components of its identity (Biografia-Struktura-Wizerunek BSW – Biography-Structure-Image BSI) and specifies the scheme for actions in the process of perception, identification and interpretation of landscape.

KEY WORDS: landscape character, spatial planning and management, landscape policy, identification and assessment of landscape

SŁOWA KLUCZOWE: charakter krajobrazu, planowanie i zarządzanie przestrzenią, polityka krajobrazowa, identyfikacja i ocena krajobrazu

## **WYKORZYSTANIE EUROPEJSKIEJ INFRASTRUKTURY INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W OCENIE ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO – STANDARYZACJA DANYCH**

### **1. Procedura OOS**

System ocen oddziaływania odnoszący się do przedsięwzięć wywodzi się z prawodawstwa Unii Europejskiej, tj. z:

- Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne (OOS 2011), która została zmieniona Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/52/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. (OOS 2014) – Państwa członkowskie mają za zadanie wprowadzić w życie przepisy ustawowe, wykonawcze i administracyjne niezbędne do wykonania dyrektywy z 2014 roku najpóźniej do dnia 16 maja 2017 r.
- Dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (HABITAT 1992).

Dyrektywa OOS określa zasady oceny oddziaływania na środowisko przedsięwzięć wymienionych w załącznikach I i II tej dyrektywy. Natomiast Dyrektywa Siedliskowa wskazuje na potrzebę przeprowadzenia oceny za punkt odniesienia obierając ich potencjalny wpływ na obszary Natura 2000. W obu przypadkach może być wymagane opracowanie dokumentacji (raportu) o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko (na obszar(y) Natura 2000).

Podstawą przeprowadzenia oceny jest dobrze rozpoznane środowisko, jego stan i podatność (chłonność), które może być dotknięte skutkami spowodowanymi przez realizację przedsięwzięcia, zarówno na etapie budowy,

późniejszego funkcjonowania, jak również likwidacji (Łatuszyńska i Strulak-Wójcikiewicz, 2013).

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że informacja o środowisku ma głównie charakter przestrzenny. Procedura OOŚ to przedsięwzięcie, które jest osadzone w przestrzeni. To analiza przedsięwzięcia i jego wpływu na otoczenie, a więc środowisko i jego komponenty, w ujęciu przestrzennym.

Zakres wykorzystania danych przestrzennych w procedurze OOŚ:

- zakres i zasięg przedsięwzięcia
- uwarunkowania realizacyjne, w tym geoprzestrzenne
- charakterystyka komponentów środowiska
- identyfikacja relacji przedsięwzięcia z otoczeniem
- analiza oddziaływania.

W Dyrektywie OOŚ z 2011 roku wskazuje się, że dokumentacja, jaką należy dostarczyć w ramach oceny oddziaływania na środowisko, powinna obejmować m.in. *„Opis aspektów środowiska, na które może w znaczący sposób oddziaływać wnioskowane przedsięwzięcie, obejmujący w szczególności zaludnienie, faunę, florę, glebę, wodę, powietrze, czynniki klimatyczne, dobra materialne, włącznie z dziedzictwem architektonicznym i archeologicznym, krajobraz oraz wzajemne oddziaływanie między tymi czynnikami”* (Załącznik IV pkt 3 Dyrektywy). Natomiast w Dyrektywie OOŚ z 2014 roku zmieniającej Dyrektywę OOŚ z 2011 roku doprecyzowano, że dokumentacja ta powinna zawierać m.in. *„Opis elementów określonych w art. 3 ust. 1, na które przedsięwzięcie może mieć znaczące oddziaływanie: zaludnienie, zdrowie ludzkie, różnorodność biologiczna (na przykład fauna i flora), grunty (na przykład zajmowanie gruntów), gleba (na przykład materia organiczna, erozja, zagęszczanie, zasklepianie), woda (na przykład zmiany hydromorfologiczne, ilość i jakość), powietrze, klimat (na przykład emisje gazów cieplarnianych, oddziaływania istotne z punktu widzenia dostosowania do zmian klimatu), dobra materialne, dziedzictwo kulturowe, w tym aspekty architektoniczne i archeologiczne, oraz krajobraz”* (Załącznik IV pkt 4).

Zmiana Dyrektywy OOŚ z 2014 roku miała za zadanie wzmocnienie jakości ocen oddziaływania na środowisko, ale także dostosowanie regulacji do nowych wyzwań środowiskowych (Kozakiewicz, 2014), przed którymi stoi Unia Europejska, takich jak zmiany klimatu, bioróżnorodność czy efektywność wykorzystania zasobów. To, co wydaje się istotne z punktu widzenia opisu stanu środowiska przyrodniczego to szersze spojrzenie na aspekty przyrodnicze. W Dyrektywie z 2014 roku wprost użyto sformułowania „bioróżnorodność” i „różnorodność biologiczna”, traktując w szerokim zakresie ten termin, ze szczególnym uwzględnieniem gatunków i siedlisk chronionych na podstawie Dyrektywy 92/43/EWG oraz Dyrektywy 2009/147/WE.

Postępowanie OOŚ jako działanie mające u podstawy nie tylko wskazany w obu Dyrektywach opis środowiska, ale także badanie relacji przestrzennej

przedsięwzięcia i środowiska, wymaga więc dostępu do rzetelnej informacji o stanie środowiska w miejscu rozważanego przedsięwzięcia lub planowanego działania. Jakość oraz dostępność tej informacji przekłada się bezpośrednio na możliwości właściwego określenia charakteru wpływu przedsięwzięcia oraz jego oceny (analizy tej relacji po przez analizę danych przestrzennych).

Analiza danych przestrzennych to przede wszystkim analiza z wykorzystaniem metod i technik z zakresu GIS, gdzie na wejściu są dane, a rezultatem jest określenie powiązań i wpływu jako wynik.

Jednakże aby móc określić stan środowiska oraz relację jego poszczególnych komponentów i przedsięwzięcia potrzebny jest dokładny i szczegółowy opis stanu środowiska. Oznacza to przeważnie wykonanie bardzo czasochłonnnych i drogich badań terenowych, niejednokrotnie wymagających minimum jednego okresu wegetacyjnego. W praktyce przekłada się to na dość długi czas potrzebny do przeprowadzenia całości postępowania, a co za tym idzie, utrudnienia w zarządzaniu procesem inwestycyjnym (po stronie inwestora) oraz utrudnienia w zarządzaniu środowiskiem (po stronie organów ochrony środowiska).

Alternatywą jest wykorzystanie dostępnych zestawów danych w postaci inwentaryzacji wykonanych w latach poprzednich na terenach sąsiednich lub dostępnych baz danych przyrodniczych oraz topograficznych. Jeśli takie występują i są dostępne, to charakteryzują się często niejednorodnością lub ich jakość pozostawia wiele do życzenia. Oba te aspekty są w rzeczywistości bardzo ze sobą powiązane. Niska jakość danych to funkcja rzetelności jej wykonawcy lub niewłaściwe określenie wytycznych do jej pozyskania. Niejednorodne podejście natomiast wynika z braku jednolitego modelu postępowania.

Naturalnym rozwiązaniem w tym zakresie jest więc wypracowanie na poziomie centralnym i w randze aktu prawnego modelu postępowania definiującego zasady pozyskiwania, przechowywania oraz udostępniania i wykorzystywania informacji o środowisku. Taki model pozwoli nie tylko na uporządkowanie tych zasad, ale przede wszystkim ujednolici oraz podniesie poziom samej informacji o środowisku.

## 2. Inicjatywa INSPIRE

Zapoczątkowana pod koniec ubiegłego wieku i ujęta formalnie (w randze Dyrektywy, INSPIRE 2007) na początku obecnego wieku inicjatywa INSPIRE jest odpowiedzią wspólnoty europejskiej na zapotrzebowanie w zakresie szeroko rozumianych danych przestrzennych. Podstawą Dyrektywy jest jednolity sposób postępowania w zakresie danych przestrzennych, a więc jednolity na poziomie wspólnoty zestaw zasad i standard danych.

Główne cele Dyrektywy:

1. Wsparcia polityk Wspólnoty odniesionych do środowiska
2. Zniesienie barier w dostępie do informacji przestrzennej – open data
3. Wielokrotne wykorzystanie raz pozyskanej informacji
4. Decentralizacja
5. Budowa społeczeństwa informacyjnego.

Dyrektywa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) to prawna podstawa infrastruktury informacji przestrzennej na poziomie wspólnotowym, tworzona celem wsparcia polityk Wspólnoty odniesionych do środowiska oraz polityk lub działań, które mogą mieć wpływ na środowisko (art. 1), co stanowi jednocześnie realizację celu pierwszego.

Inicjatywa INSPIRE realizuje zasadę, według której państwa członkowskie są zobowiązane do dokumentowania i udostępniania danych przestrzennych oraz umożliwiania organom publicznym i innym podmiotom uzyskiwania dostępu, odczytu i pobierania tych danych w jednolity sposób oraz bez jakichkolwiek przeszkód. Oznacza to w praktyce, że Dyrektywa jest odpowiedzią na potrzebę ujednolicenia informacji przestrzennej i możliwości jej powszechnego wykorzystywania w obszarze działania Wspólnoty (cel drugi).

Dyrektywa INSPIRE to polityka ustanawiająca przepisy ogólne służące ustanowieniu Infrastruktury Informacji Przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej. Definiuje więc ramy prawne na poziomie Wspólnoty. Na poziomie lokalnym wymaga od krajów członkowskich implementacji tych zasad do prawa lokalnego, tak aby umożliwiać wzajemne i jednolite korzystanie z danych przestrzennych o środowisku oraz ich interoperacyjność (w Polsce prawną implementację zapisów Dyrektywy stanowi Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej – IIP 2010). Jednorodny sposób oznacza zastosowanie jednolitych wytycznych zarówno podczas tworzenia i gromadzenia danych, jak i na potrzeby ich przechowywania i udostępniania. Wskazany tutaj centralny model postępowania uwzględnia jednak lokalny charakter danych (za pośrednictwem wymogu implementacji do prawa krajowego), a tym samym decentralizuje (cel czwarty) charakter samych danych. Dane przestrzenne budowane na podstawie jednakowego modelu danych stają się powszechnie dostępne w sensie możliwości wykorzystania. Wspólny model danych umożliwia skorzystanie i zrozumienie danych np. utworzonych i dotyczących terytorium województwa mazowieckiego przez np. mieszkańca Andaluzji.

Dyrektywa porządkuje dane przestrzenne i kategoryzuje je w postaci 34 grup tematycznych, wśród których najistotniejsze w kontekście procedury OOS to: Obszary chronione; Regiony biogeograficzne; Rozmieszczenie gatunków; Siedliska i obszary przyrodniczo jednorodne; Warun-

ki atmosferyczne; Warunki meteorologiczno-geograficzne; Hydrografia; Geologia. Komisja Europejska powołała do życia Grupy Robocze, których celem było opracowanie szczegółowych wytycznych oraz modeli danych przestrzennych na potrzeby implementacji zapisów Dyrektywy na poziomach regionalnym i lokalnym. Pozwoliło to na utworzenie zestawu zasad z jednej strony uwzględniających cechy charakterystyczne poszczególnych grup tematycznych, a z drugiej ich interoperacyjność na ogólnym poziomie.

Wspomniana interoperacyjność to zasada, której podstawą jest pełna zgodność działania wszystkich elementów systemu. Interoperacyjność w rozumieniu INSPIRE to zgodność odnośnie do wszystkich celów, jakim odpowiada Dyrektywa oraz poszczególnych grup tematycznych. Zasada ta jest więc jedną z najważniejszych zasad Dyrektywy (i jednocześnie uzupełnia realizację celu czwartego), a jej realizacja jest możliwa jedynie poprzez zastosowanie jednolitego modelu postępowania oraz jednolitego standardu danych.

Kolejnym istotnym elementem (zasadą) Dyrektywy jest fakt, że każda informacja przestrzenna raz utworzona może zostać wykorzystana w przyszłości, np. w celu porównania lub określenia rezultatów (realizacja celu trzeciego). Będzie to możliwe tylko wtedy, gdy tworzone i dostępne dane będą porównywalne, a więc tworzone w podobny sposób oraz zapisane według podobnych zasad i modelu zapisu danych. Jednocześnie stosowanie tej zasady pozwala na optymalizację i redukcję kosztów w kontekście pozyskiwania danych oraz gromadzenie danych o środowisku. Posiadanie historycznych informacji i ich analiza w kontekście danych aktualnych jest równocześnie wartością dodaną i pozwala ustalić dużo pełniejszy obraz stanu środowiska.

Powszechny dostęp do danych o środowisku, a do tego danych spójnych i zgodnych co do sposobu opisu środowiska, buduje społeczeństwo informacyjne (cel piąty), co z kolei wpływa bezpośrednio na wzrost świadomości ekologicznej. Wyższa świadomość w tym zakresie przekłada się bezpośrednio na stan środowiska (Kozakiewicz 2015), gdyż wzrost świadomości ekologicznej i wiedzy o stanie środowiska przekłada się na zmianę zachowania na taką, w której ludzie sięgają po produkty bardziej przyjazne środowisku, a to w konsekwencji zmusza producentów do zmiany sposobów produkcji towarów i usług na bardziej przyjazną środowisku.

### 3. Dane przestrzenne w procedurze OOS

Postępowanie OOS, pomimo że dotyczy każdorazowo konkretnego, o znanej lokalizacji przedsięwzięcia, powinno być przeprowadzane w sposób jednolity co do norm postępowania bez względu na to, gdzie przedsięwzięcie jest zlokalizowane. Oznacza, że wszelkie analizy podejmowane w celu okre-



ślenia relacji przedsięwzięcia i środowiska powinny być wykonywane również w sposób jednolity.

Wszystkie opisane wyżej aspekty prawne postępowania OOŚ przekładają się bezpośrednio na działania, których celem jest zbadanie wpływu przedsięwzięcia na środowisko. Przedsięwzięcie ma charakter przestrzenny, gdyż jego wpływ jest rozpatrywany jako relacja przestrzenna. Należy zaznaczyć, że bez względu na to, jaki charakter ma przedmiotowa relacja, istnieje ona zawsze. W celu zrozumienia tej relacji, a co za tym idzie właściwego określenia wpływu przedsięwzięcia na środowisko, należy wykonać jej analizę na podstawie danych przestrzennych.

Zgodnie z prawną definicją (INSPIRE 2007, IIP 2010) dane przestrzenne oznaczają wszelkie dane odnoszące się bezpośrednio lub pośrednio do określonego położenia lub obszaru geograficznego. W myśl tej definicji danymi przestrzennymi będzie więc każda informacja powiązana pośrednio lub bezpośrednio do określonego miejsca lub obszaru w przestrzeni.

Postępowanie OOŚ oparte na danych przestrzennych bazuje na opisie relacji przestrzennych przedsięwzięcia z otaczającym środowiskiem, a dokładniej rzecz ujmując – z jego receptorami. Łącząc przytoczoną definicję danych przestrzennych, należy rozpatrzeć dwa aspekty takiego rozumowania. Po pierwsze sama informacja lub też cecha nie jest daną przestrzenną dopóty, dopóki nie zostanie przypisana (odniesiona) do konkretnej lokalizacji. Po drugie to nie charakter lub cechy danej informacji określają, czy jest ona relacją przestrzenną przedsięwzięcia z badanymi receptorami środowiska, nawet jeśli cechy te przenoszą informacje ogólnie uznane za informacje przestrzenne, takie jak współrzędne geograficzne.

Pierwszy aspekt wskazuje, że dane przestrzenne można określić jako relacja pewnej informacji i konkretnej lokalizacji w przestrzeni. W jaki sposób będzie wyglądać ta relacja, musi zostać sprecyzowane na odpowiednim poziomie. Wykorzystywane w określonej sytuacji informacje stają się więc danymi przestrzennymi na pewnych zasadach, które ogólnie można zdefiniować jako standard lub model postępowania. Wyobraźmy sobie zbiór informacji opisujących strukturę wiekową i gatunkową lasu. Sama taka informacja bez wskazania, gdzie zlokalizowany jest las, jest informacją jedynie opisową. Dopiero przypisanie tych danych do lokalizacji przestrzennej, np. oddziałów leśnych, pozwoli nam na ich analizę w ujęciu przestrzennym, jako opis konkretnych cech środowiska.

Drugi aspekt wskazuje na intencję oraz uwarunkowania wykorzystania informacji i budowy jej relacji z opisywaną przestrzenią. Ma to charakter nadrzędny, ponieważ określa przedmiot wykonywanej analizy. Intencją wykorzystania informacji przestrzennej jest badanie relacji przestrzennej konkretnego przedsięwzięcia i otaczającego środowiska w konkretnych uwarunkowaniach. Ogólnie zwane jest to badaniem wpływu lub oddzia-



ływania przedsięwzięcia na środowisko, natomiast istotą w tym względzie jest fakt, że każde przedsięwzięcie jest unikatowe i posiada indywidualne uwarunkowania. Nawet jeśli dane przedsięwzięcie jest podobne do innych tego typu, to zawsze będzie się wyróżniać takimi cechami, jak np. lokalizacja. Oznacza to, że cel wykorzystania informacji przestrzennej w kontekście postępowania OOS powinien być zawsze rozpatrywany indywidualnie z uwzględnieniem cech badanego przedsięwzięcia. Wyobraźmy sobie analizę takiego przedsięwzięcia, jak budowa mostu przez rzekę. Inaczej będzie wyglądać relacja takiego działania w przypadku rzeki górskiej, a inaczej w przypadku rzeki nizinnej. Już samo ukształtowanie terenu diametralnie rozróżnia skalę i zakres oddziaływania takiego działania. Rzeki górskie z reguły płyną wąską doliną, a ich nurt jest bardzo szybki, co bezpośrednio przekłada się na potrzebę zastosowania odmiennych środków technicznych i konstrukcyjnych.

#### 4. Standard danych przestrzennych

Standard danych jest terminem o bardzo szerokim zakresie. Oznacza w uogólnieniu taki zapis informacji (danych), w którym poszczególne cechy tworzą jednorodne zbiory zarówno w sensie zapisu, jak i znaczenia samej informacji. Przytoczony powyżej przykład opisujący strukturę wiekową i gatunkową lasu jako zestaw danych o środowisku przyjmuje całkowicie inne znaczenie, jeśli jest utworzony zgodnie z ogólnie ustalonym standardem. Załóżmy, że przytoczony zestaw danych zawiera dwa atrybuty opisowe (gatunek i wiek), lokalizację oraz skalę, gdzie jeden rekord tabeli odpowiada jednemu drzewu. Zapisanie np. gatunku może przyjąć różne formy: nazwy łacińskie, nazwy w dowolnym innym języku, skróty nazw, wreszcie wartości kodowe odwołujące się do różnego rodzaju rejestrów i słowników. Nieujednolicenie zapisów informacji w obrębie jednego zbioru (a więc podawanie raz po łacinie, raz po polsku, innym razem skrótem) utrudnia analizę takich danych. Niekiedy wymusza wręcz przygotowanie i transformację danych.

Standard danych przestrzennych jest standardem danych rozszerzonym o element geometryczny reprezentujący w założonej precyzji i skali obiekt rzeczywisty. W zależności od przyjętego modelu przedstawienia danych przestrzennych, obiekty mogą być wielowymiarowe, przy czym najczęstszym sposobem zapisu danych jest model dwuwymiarowy (współrzędne xy punktu). Wymieniony model danych to uproszczenie stosowane do przedstawienia obiektu rzeczywistego w postaci bazy danych. Model danych jest więc ściśle związany ze standardem danych, a oba te pojęcia są w praktyce nierozłączne.

Przytoczona wyżej i zaczerpnięta z Dyrektywy INSPIRE definicja danych przestrzennych wskazuje na ścisły związek lokalizacji oraz cech opisowych obiektu. Wykonywane w ramach procedury OOS analizy mają co do zasady prowadzić do zdefiniowania i opisu relacji przedsięwzięcia z otaczającym go środowiskiem. Oba powyższe stwierdzenia są więc ze sobą ściśle związane, związek lokalizacji obiektu z jego cechami opisowymi to w rezultacie poszukiwana relacja przedsięwzięcia i środowiska. Jeżeli dane, którymi operujemy w procedurze OOS, nie mają ustalonego standardu, ich analiza jest mocno utrudniona lub wręcz niemożliwa.

Wyobraźmy sobie sytuację, w której na potrzeby projektu opracowywana jest inwentaryzacja występowania wskazanych gatunków zwierząt – brak wytycznych odnośnie do standardu danych przestrzennych, co do tego, jak to wykonać i zapisać, oznacza dowolność. Jeden wykonawca utworzy warstwę przestrzenną z zasięgiem występowania (obszarem), inny wskaże punkty obserwacji (współrzędne), a jeszcze inny przedstawi formę analogową w postaci zaznaczenia na mapie. Również dowolność może dotyczyć sposobu podejścia do charakterystyki atrybutowej tych gatunków, gdzie raz będzie podana tylko nazwa gatunku, w innym przypadku nazwa i liczebność, a w jeszcze innym nazwa, liczebność i data obserwacji.

Skutkiem takiego stanu rzeczy (braku wytycznych – brak standardu) jest różnorodna postać danych przestrzennych, w tym w zakresie formatu danych, układu współrzędnych, struktury i modelu danych. Przekłada się to bezpośrednio na obniżenie wartości danych. Niejednorodne dane nie pozwalają na właściwe wyciąganie wniosków, co w rezultacie przekłada się na niski poziom wyniku. Opisany wyżej przykład odnośnie do inwentaryzacji gatunków doskonale to obrazuje. Jeśli dostępne, dotyczące analizowanego obszaru dane są niejednorodne co do modelu opisu (część gatunków przedstawiona jako powierzchnie, część jako punkty), ich rzetelna analiza nie jest możliwa bez uprzedniego sprowadzenia danych do wspólnego mianownika.

W Polsce w sensie formalnym nie istnieje żaden jednorodny standard zapisu danych dotyczących środowiska. Istnieją oczywiście inicjatywy w tym zakresie, nie są one jednak uwarunkowane w sposób formalny, a ich stosowanie może być jedynie zalecane. Przykładem takiej inicjatywy jest SDGIS (Łochyński, Guzik, 2009) – standard danych w ochronie przyrody. Standard ten został utworzony pierwotnie na potrzeby opracowania planów ochrony obszarów chronionych, obecnie jest stosowany przez służby ochrony środowiska w Polsce.

SDGIS definiuje zasady tworzenia danych przestrzennych z zakresu środowiska przyrodniczego. Porządkuje sposób katalogowania obiektów – elementów środowiska, definiuje klasy jako grupy obiektów o tych samych atrybutach (cechach), określa format zapisu i układ współrzędnych, definiuje

rodzaje cech opisowych oraz ich typy i słowniki. Jest to instrukcja, jak tworzyć dane przestrzenne oraz jak się nimi posługiwać w środowisku GIS. SDGIS jednocześnie wpisuje się w model INSPIRE, wchodząc w zagadnienie ściśle związane z środowiskiem przyrodniczym.

Pełna implementacja zapisów Dyrektywy INSPIRE w Polsce, a co za tym idzie budowa krajowej infrastruktury danych przestrzennych jest elementem oczekiwanym i niewątpliwie spowoduje utworzenie jednolitego standardu danych przestrzennych jako formy prawnej. Ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej wprowadziła podstawy formalne w tej materii, jednakże wymagane jest opracowanie odpowiednich modeli postępowania dla wszystkich tematów wymienionych w Dyrektywie. Ich wypracowanie nie zakończy co prawda procesu porządkowania krajowych zasobów danych przestrzennych, jednakże przyczyni się w znaczący sposób do poprawy sytuacji w tym zakresie.

## 5. Podsumowanie

Ocena oddziaływania na środowisko to postępowanie uregulowane prawnie (procedura administracyjna), rozumiane jako badanie wpływu realizacji planowanych działań na środowisko, obejmujące wiele elementów. Jednym z takich elementów jest opracowanie dokumentacji (raportu) dokonującej oceny przewidywanych skutków w środowisku planowanego przedsięwzięcia. Ocena ta jest wykonywana na podstawie zebranych w trakcie prac informacji zarówno o stanie środowiska, jak i o samym przedsięwzięciu oraz ich potencjalnych relacjach.

Dostępne zestawy danych, jeśli występują, są niestety często niejednolite lub ich jakość pozostawia wiele do życzenia. Oba te aspekty są w rzeczywistości bardzo ze sobą powiązane. Niska jakość danych to funkcja rzetelności jej wykonawcy lub niewłaściwe określenie wytycznych do jej pozyskania. Niejednolite podejście natomiast wynika z braku jednolitego modelu postępowania.

Naturalnym rozwiązaniem w tym zakresie jest więc wypracowanie modelu postępowania definiującego zasady pozyskiwania, przechowywania oraz udostępniania i wykorzystywania informacji o środowisku. Taki model pozwoli nie tylko na uporządkowanie tych zasad, ale przede wszystkim ujednolici oraz podniesie poziom samej informacji o środowisku.

Inicjatywa INSPIRE jest odpowiedzią oraz technicznym rozwiązaniem porządkującym sytuację w zakresie przygotowywania, opracowywania i analizy danych wykorzystywanych w postępowaniu OOŚ (Kozakiewicz 2014). Inicjatywa ta jest obecnie w fazie implementacji na poziomie Państw członkowskich, a jej pełne wdrożenie przyczyni się w znacznym zakresie do uporządkowania krajowych zasobów danych przestrzennych, a tym samym ich potencjału w kontekście wykorzystywania w postępowaniach OOŚ.

## Literatura

- HABITAT 1992 – Dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.
- IIP 2010 – Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz. U. z 2010 r. Nr 76, poz. 489).
- INSPIRE 2007 – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2007/2/WE z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) (Dz. U. L 108 z 25.4.2007, s. 1–14).
- KOZAKIEWICZ R. 2014. Nowelizacja dyrektywy OOS – nowe wyzwania w zakresie wykorzystania zasobów danych przestrzennych. *Roczniki Geomatyki*, 12, 4(66): 401–410, PTIP, Warszawa.
- KOZAKIEWICZ R. 2015. Possible Use of Spatial Information Listed in INSPIRE Directive in Environmental Impact Assessment. *Geomatics and Environmental Engineering*, 9, 2: 41–50, AGH, Kraków.
- ŁATUSZYŃSKA M., STRULAK-WÓJCIKIEWICZ R. 2013. Aspekty prawne i metodologiczne oceny oddziaływania na środowisko inwestycji w infrastrukturę transportu. *Oeconomia Copernicana*, nr 3, s. 103–120, PTE, Toruń.
- ŁOCHYŃSKI M., GUZIK M. 2009. Standard danych GIS w ochronie przyrody. Wersja 3.03.01. Poznań-Zakopane-Kraków.
- OOS 2011 – Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne.
- OOS 2014 – Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/52/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. (Państwa członkowskie mają za zadanie wprowadzić w życie przepisy ustawowe, wykonawcze i administracyjne niezbędne do wykonania dyrektywy z 2014 roku najpóźniej do dnia 16 maja 2017 r.).

## Use of European Infrastructure for Spatial Information in Environmental Impact Assessments – data standardization

### Summary

Environmental impact assessment is a process in which various information and data is used. It concerns but is not limited to information about the planned investment and its surrounding. The very important issue that has to be diagnosed and analysed are geospatial relationships. To make this process credible it is essential to adopt uniform standards in the context of collection, processing and exchange of data. The answer in this regard is the European Infrastructure for Spatial Information (INSPIRE Directive) as a legal and technical framework. The aim of this publication is to show the potential that INSPIRE gives in the context of the EIA procedure.

**KEY WORDS:** Spatial data, data standard, INSPIRE, EIA, Interoperability, Infrastructure for Spatial Information

**SŁOWA KLUCZOWE:** Dane przestrzenne, Standard danych, INSPIRE, OOS, Interoperacyjność, Infrastruktura Informacji Przestrzennej

Andrzej Talarczyk, Artur Michorczyk,  
Włodzimierz Karaszkiewicz, Roman Stelmach

---

Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Sękocin Stary  
Andrzej.Talarczyk@zarzad.buligl.pl

# **STANDARYZACJA INFORMACJI O SIEDLISKACH LEŚNYCH I ZBIOROWISKACH ROŚLINNYCH NA POTRZEBY BANKU DANYCH O LASACH**

## **Wstęp**

### **Źródła informacji**

Tuż po zakończeniu II wojny światowej Lasy Państwowe przystąpiły do definitywnego urządzania lasów, które w początkowej fazie koncentrowało się głównie na wyznaczeniu etatów cięć rębnych oraz rozpoznaniu warunków przyrodniczych obszarów leśnych. Podstawowe prace w zakresie opracowań glebowo-siedliskowych realizowane były na podstawie pierwszych wytycznych opisu gleb w pracach urzędzeniowych, opracowane w 1951 roku przez Lucjana Królikowskiego z inicjatywy Centralnego Zarządu Lasów Państwowych (Królikowski 1951). Wytyczne te stały się pierwowzorem pierwszej klasyfikacji gleb leśnych w Polsce i znalazły swoje zastosowanie w pierwszej powojennej Instrukcji Urządzania Lasu (IUL) wydanej w 1957 roku, w dziale dotyczącym prac gleboznawczych w celu sporządzania mapy gleb oraz siedlisk i melioracji (Magnuski 1997a). Kolejne wydanie znowelizowanej Instrukcji Urządzania Lasu ukazało się w roku 1970. Zawarte w niej wytyczne zakładały znacznie szersze ujęcie inwentaryzacji zasobów leśnych oraz prac planistycznych, mających swój wyraz między innymi w kompleksowych analizach uwzględniających uwarunkowania ekonomiczne i przyrodnicze produkcji leśnej. W trzeciej IUL, wydanej w roku 1980, ze względu na obszerny zakres treści, opis prac glebowo-siedliskowych ujęty zostały w odrębnym, trzecim jej tomie (Magnuski 1997b). Kolejne wydanie instrukcji z 1994 roku nie przyniosło istotnych zmian w zakresie zasad prowadzenia prac glebowo-siedliskowych.

Od 1995 roku, równolegle do prac glebowo-siedliskowych, rozpoczęto tworzenie dla wybranych nadleśnictw opracowań fitosocjologicznych. Podstawą prac były zatwierdzone do użytku służbowego „Założenia metodyczne

prac glebowo-siedliskowych i fitosocjologicznych w Leśnych Kompleksach Promocyjnych” (MOŚZNiL 1995). W tym 14-stronicowym dokumencie, pracom fitosocjologicznym poświęcono cztery strony. Za podstawę systematyki fitosocjologicznej przyjęto opracowanie Matuszkiewicza (1981). W nowszych pracach stosowano również zasady sformułowane przez Dzwonko (2007).

Jednocześnie odnośnie do obszarów o wyraźnych odrębnościach geobotanicznych zalecano uwzględniać lokalne opracowania i syntaksonomię lokalnych zespołów leśnych, które trafniej oddawały specyfikę przyrodniczą regionu. Zakres opracowań zależał od ustaleń RDLP z wykonawcami prac. Regułą było też korzystanie z pomocy konsultantów naukowych zajmujących się fitosocjologią w danym regionie.

Kolejna nowelizacja instrukcji urządzania lasu została poprzedzona pracami zespołu Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego pod przewodnictwem Romana Zielonego. Wynikiem tych prac było opracowanie pod tytułem „Zasady kartowania siedlisk leśnych”, które następnie po konsultacjach i korektach włączono w całości do wydania IUL z 2003 roku, jako odrębny jej tom (CILP 2003). W trakcie opracowywania nowej instrukcji starano się utrzymać podstawy metodyczne realizowanych dotychczas prac glebowo-siedliskowych (około 80% powierzchni lasów w zarządzie LP), opracowane w Instytucie Badawczym Leśnictwa jeszcze w latach 60. (Mroczkiewicz, Trampler 1964). Nowością było jednak wprowadzenie pojęcia „typ lasu”, przez które rozumiano ogólny cel hodowlany produkcji leśnej, wynikający z roli lasotwórczej gatunków drzew (zespołu roślinnego) na danym siedlisku. Po raz pierwszy pojawiły się również propozycje, aby wyniki prac glebowo-siedliskowych były archiwizowane w banku danych o zasobach leśnych i odpowiednio udostępniane do wykorzystania (CILP 2003).

Obecna rewizja planów urządzania lasu realizowana według znowelizowanej i wydanej w 2012 roku Instrukcji Urządzania Lasu obejmuje swym zakresem prace glebowo-siedliskowe i fitosocjologiczne, wykonywane odnośnie do gruntów leśnych (zalesionych, niezalesionych oraz związanych z gospodarką leśną), a także gruntów nieleśnych przeznaczonych do zalesienia, pozostających w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe. Celem prac glebowo-siedliskowych jest rozpoznanie, opisanie i skartowanie siedlisk leśnych na podstawie odpowiednich analiz glebowych oraz fitosocjologicznych, a także opracowanie stosownej dokumentacji opisowej i kartograficznej. Na potrzeby hodowli lasu proponuje się również potencjalne składy gatunkowe drzewostanów pożądanych na poszczególnych siedliskach (CILP 2012a).

W zakresie prac glebowo-siedliskowych wytyczne zawarte w najnowszym wydaniu IUL pozostają w nurcie kontynuacji przyjętej w poprzednich wydaniach metodyki, zaś zmiany w klasyfikacji gleb wynikają z najnowszych standardów przyjętych do stosowania przez społeczność naukową Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (Brożek, Zwydak 2003). W zakresie opracowań fitosocjologicznych jest to właściwie pierwsza instrukcja normująca



technologię inwentaryzacji zbiorowisk roślinnych Polski. Szczegółowy opis klasyfikacji oraz stosowanych znaków kartograficznych zawarty jest w części 3 IUL (CILP 2012b). W instrukcji została określona metodyka wykonywania prac fitosocjologicznych. Wprowadzono podział stanu zbiorowiska na cztery kategorie: zbiorowiska naturalne N, słabo zniekształcone Z1, silnie zniekształcone Z2, zbiorowiska przekształcone (zastępcze) D2. Przyjęto też słownik form zniekształcenia według opracowania prof. Olaczka (monotypizacja, fruticetyzacja, cespityzacja, juwenalizacja, neofityzacja, pinetyzacja, granietyzacja, rubietyzacja) z możliwością określania innych form zniekształceń specyficznych dla danego obiektu (Olaczek 1972).

Zaczęto też określać stadium rozwojowe zbiorowiska, zaliczając każde zdjęcie do jednej z trzech klas: I – juwenilna, II – optymalna, III – dojrzała. Podstawą klasyfikacji zbiorowisk było opracowanie Matuszkiewicza (2007). Z uwagi na charakter opisywanych obiektów oraz wielokryterialność sposobu opisu zbiorowisk roślinnych, a także wielorakie koncepcje naukowe będące podstawą przyjmowanej systematyki, standaryzacja klasyfikacji zastosowanej w dotychczas wykonanych opracowaniach fitosocjologicznych wymagała szczególnej uwagi, jak również przyjęcia wielu kompromisów w poglądach naukowych.

## Materiał i metody

### Informacje glebowo-siedliskowe i fitosocjologiczne w planie urządzenia lasu

Dane glebowo-siedliskowe i fitosocjologiczne dotyczące obszarów leśnych, będących w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe mają zestandaryzowaną strukturę tabelaryczną oraz opisywane są kodami poszczególnych cech, których zestaw znajduje się w odpowiednich słownikach. Gromadzone są one docelowo w bazach danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych, który obejmuje swoim działaniem wszystkie nadleśnictwa. Wykonawca prac ma obowiązek kierować się zapisami bieżącej Instrukcji Urządzania Lasu, gdzie znajdują się opisy odpowiednich struktur danych. Struktura danych glebowo-siedliskowych opisana jest w standardzie leśnej mapy numerycznej, będącym częścią Instrukcji Urządzania Lasu. Dane te zapisywane są w postaci warstwy przestrzennej wydzielenia siedliskowych (CILP 2012), której strukturę przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Struktura warstwy przestrzennej *Wydzielenia siedliskowe* wg standardu leśnej mapy numerycznej

|             |                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------|
| TABELA      | G_SITE_TYPE                                     |
| WYMIAROWOŚĆ | Poligon, MultiPoligon                           |
| DEFINICJA   | obiekty reprezentujące wydzielienia siedliskowe |
| ZARZĄDZANIE | RDLP                                            |



|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ZAŁĘŻNOŚCI<br>GEOMETRYCZNE | granice wydzieleni siedliskowych muszą zawierać się w granicach obiektów powstałych z sumy kształtów poligonów warstwy wydzieleni będących powierzchnią leśną i nieleśną do zalesienia; tolerancja błędu położenia wierzchołków warstwy, w stosunku do przebiegu granic obiektów powstałych z sumy kształtów poligonów warstwy wydzieleni będących powierzchnią leśną i nieleśną do zalesienia, wynosi 2 cm; poligony wydzieleni siedliskowych muszą pokrywać poligony obiektów powstałych z sumy kształtów poligonów warstwy wydzieleni będących powierzchnią leśną i nieleśną do zalesienia; obiekty w ramach warstwy nie mogą się nakładać i rozchodzić |
| ZAŁĘŻNOŚCI<br>ATRYBUTOWE   | kod typu siedliskowego lasu zgodny ze słownikiem typów siedliskowych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                            | kod podtypu gleby zgodny ze słownikiem podtypów gleb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                            | kod uwilgotnienia zgodny ze słownikiem uwilgotnienia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                            | kod stanu siedliska leśnego zgodny ze słownikiem stanu siedliska                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| DOKŁADNOŚĆ                 | IUL, część 2, § 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ATRYBUTY                   | kod typu siedliskowego lasu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | kod podtypu gleby                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                            | kod uwilgotnienia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                            | kod stanu siedliska leśnego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | flaga porolności                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                            | kod typu lasu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            | symbol utworu geologicznego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | symbol gatunku gleby (pole niekontrolowane ze słownikiem)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Dodatkowo informacje o siedliskach leśnych znajdują się w opisie taksonymicznym drzewostanów, gdzie każde wydzielenie leśne ma przypisaną informację o znajdującym się w nim przeważającym typie siedliskowym lasu, jego wariacie uwilgotnienia, stanie siedliska, podtypie gleby, gatunku gleby.

Struktura danych fitosocjologicznych opisana jest w Części 2 Instrukcji Urządzania Lasu pt. „Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych”. Te informacje zapisywane są w postaci warstwy przestrzennej zbiorowisk roślinnych (CILP 2012a), której strukturę przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Struktura tabeli zbiorowisk roślinnych

| Nazwa pola | Typ danych | Szerokość | Opis                                                              |
|------------|------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| object_id  | NUMERIC    | 9         | unikatowy w ramach warstwy numer obiektu                          |
| int_num    | NUMERIC    | 9         | klucz obcy z tabeli F_AROD_PARCEL służy do połączenia z tą tabelą |
| AREA       | NUMERIC    | 5,2       | powierzchnia płatu w ramach obiektu podstawowego                  |

|            |      |    |                                 |
|------------|------|----|---------------------------------|
| N_zbior_rz | CHAR | 50 | nazwa zbiorowiska rzeczywistego |
| N_zbior_p  | CHAR | 50 | nazwa zbiorowiska potencjalnego |
| Stan       | CHAR | 2  | stan zbiorowiska                |
| F_zn       | CHAR | 20 | główna forma zniekształcenia    |
| Faza_zb    | CHAR | 20 | faza zbiorowiska                |
| KOD_N2K    | CHAR | 6  | kod siedliska Natura 2000       |

Należy również nadmienić, iż dla lasów poza zarządem Lasów Państwowych sporządza się opracowania glebowo-siedliskowe, korzystając z wytycznych zawartych w Instrukcji Urzędu Lasu. Natomiast wykonawcy opracowań fitosocjologicznych mogą wspierać się publikacją Łochyńskiego i Guzika (2009), w której znajduje się opis struktur danych dla warstw przestrzennych zbiorowisk roślinnych, lecz nie definiuje ona sposobu wykonywania prac (nie jest to treścią standardu).

### Standaryzacja informacji z opracowań glebowo-siedliskowych zbieranych do BDL

Dane pochodzące z opracowań glebowo-siedliskowych zostały przejęte z SILP w postaci kopii stanu rocznego Centralnej Bazy Danych o Lasach na dzień 1 stycznia 2015 r. Część danych pozyskano z repozytorium własnego BULiGL.

**Tabela 3.** Struktura tabeli F\_SITE\_TYPE\_DIC przechowującej słownik kodów typów siedliskowych lasu

| Nazwa pola        | Typ danych | Opis                                |
|-------------------|------------|-------------------------------------|
| SITE_TYPE_CD      | CHAR(7)    | Kod siedliskowego typu lasu         |
| SITE_TYPE_NAME    | CHAR(30)   | Nazwa typu siedliskowego lasu       |
| SITE_TYPE_NR      | SMALLINT   | Numer typu siedliskowego lasu       |
| SITE_TYPE_GRP     | CHAR(1)    | Grupa siedlisk                      |
| SITE_TYPE_GRP_ACT | CHAR(30)   | Nazwa grupy typu siedliskowego lasu |
| DATE_FROM         | DATE       | Data początku okresu obowiązywania  |
| DATE_TO           | DATE       | Data końca okresu obowiązywania     |

Prace związane z przygotowaniem jednolitej warstwy informacyjnej opracowań glebowo-siedliskowych skoncentrowane były na analizie poprawności i korekcji informacji zawartej w danych uzyskanych z PGL LP z bazy CBDL. W ramach tych czynności dążono do ujednolicenia różnych standardów opisu wydziałów siedliskowych, dostosowując oznaczenia typu siedliskowego lasu do obecnie obowiązującego w bazie CBDL słownika (F\_SITE\_TYPE\_DIC, patrz tabela 3). Pozostałe cechy skontrolowano pod względem poprawności zapisu, eliminując oczywiste błędy. Podczas analizy danych zidentyfikowano

i oznaczono wydzielienia siedliskowe, odnośnie do których brakowało opisu lub skorygowanie opisu nie było możliwe. W przypadku, gdy liczba wydzieleń zawierających błędne wpisy przekraczała 10% ogólnej ich liczby w nadleśnictwie, wszystkie dane dotyczące tego nadleśnictwa były wymieniane na te, które znajdowały się w repozytorium danych BULiGL. Ze względu na różne instrukcje urządzania lasu obowiązujące podczas wykonywania prac glebowo-siedliskowych, dane pobierane z repozytorium BULiGL wymagały ujednolicenia różnego sposobu oznaczania wartości cech siedliska do aktualnie obowiązujących standardów. Ujednolicenie to sprowadzało się do bezpośredniej translacji starego oznaczenia na nowy kod (zasady klasyfikacji wartości cech opisujących siedlisko nie uległy zmianie).

Wynikiem prac była warstwa G\_SITE\_TYPE\_BDL, przechowująca dane przestrzenne wraz z ich cechami atrybutowymi, z pominięciem tych wydzieleń, w których typ siedliskowy lasu był nieokreślony lub wskazywał na grunt niezalesiony. Strukturę tej warstwy przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Struktura tabeli G\_SITE\_TYPE\_BDL przechowującej ujednolicone dane glebowo-siedliskowe

| Nazwa pola      | Typ danych       | Opis                                                                                                                        |
|-----------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SITE_TYPE_ID    | BIGINT           | Klucz główny. Identyfikator wydzielienia siedliskowego                                                                      |
| REGION_CD       | CHAR(2)          | Kod RDLP wg SILP                                                                                                            |
| NSPECTORATE_CD  | CHAR(2)          | Kod nadleśnictwa wg SILP                                                                                                    |
| VALID           | CHAR(1)          | Kolumna, w której flagą 'T' zaznaczone są rekordy z prawidłowymi danymi. Flaga 'N' oznacza dane z wadami                    |
| SITE_TYPE_CD    | CHAR(10)         | Kod siedliskowego typu lasu                                                                                                 |
| SOIL_SUBTYPE_CD | CHAR(7)          | Kod podtypu gleby                                                                                                           |
| MOISTURE_CD     | CHAR(3)          | Kod uwilgotnienia                                                                                                           |
| DEGRADATION_CD  | CHAR(4)          | Kod stanu siedliska                                                                                                         |
| ARABLE_FORMERLY | CHAR(1)          | Informacja o porolności gleby (T/N)                                                                                         |
| FOREST_TYPE_CD  | VARCHAR(30)      | Typ lasu                                                                                                                    |
| GEOL_DEPOS      | VARCHAR(30)      | Utwór geologiczny                                                                                                           |
| SOIL_SPECIES    | VARCHAR(30)      | Gatunek gleby                                                                                                               |
| SITE_TYPE_GEOM  | ST_MULTI-POLYGON | Obiekt geometryczny wydzielienia siedliskowego                                                                              |
| A_YEAR          | INTEGER          | Rok stanu danych (rok sporządzenia operatu glebowo-siedliskowego)                                                           |
| UPD_YEAR        | INTEGER          | Rok aktualizacji danych. Wypełniane w przypadku, gdy opracowanie było aktualizowane na podstawie nowej umowy z Zamawiającym |

### **Standaryzacja informacji z opracowań fitosocjologicznych zbieranych do BDL**

Warstwy informacyjne danych fitosocjologicznych zostały utworzone na podstawie kopii 55 opracowań, zrealizowanych przez oddziały BULiGL w latach 1998-2015. Większość opracowań (54) była przedmiotem zlecenia przez PGL LP, zaś opracowanie dla Lasów Miejskich Olsztyna zostało zlecone przez Zarząd Dróg, Zieleni i Transportu w Olsztynie. Danymi źródłowymi w procesie przetwarzania były oryginalne warstwy informacyjne w formacie ESRI Shapefile (ESRI 1998), które utworzono na potrzeby sporządzenia map tematycznych stanowiących załączniki do tekstów opracowań. Dodatkowo przy interpretacji pełnych nazw zbiorowisk posiłowano się tekstami opracowań lub korzystano z załączonych do danych słowników, objaśniających znaczenie stosowanych w opracowaniu skrótów.

Dane źródłowe wykonane były w różnych standardach struktury tabel atrybutów, z zastosowaniem różnych metod kodowania i klasyfikacji wartości cech opisujących zbiorowiska roślinne. W opracowaniach za podstawę kartowania zbiorowisk roślinnych przyjęto wytyczne Instrukcji Urządzania Lasu (CILP 2012a) oraz klasyfikację opisaną w publikacjach Matuszkiewicz (2001, 2007, 2008). W kilku przypadkach uzupełnienie podstaw kartowania stanowiła publikacja Brzeg i in. (2001) lub indywidualne wytyczne Zleceńodawcy, zapisane w umowach na wykonanie prac fitosocjologicznych.

Zgromadzone w ten sposób dane fitosocjologiczne ujednolicono, aby zapewnić porównywalność informacji pochodzących z opracowań wykonywanych różnymi metodykami. Prace obejmowały kilka etapów:

- 1) analiza i integracja tabel atrybutów poligonowych warstw informacyjnych danych wyjściowych;
- 2) analiza unikatowych wartości kodów i określeń zastosowanych do opisu roślinności rzeczywistej i potencjalnej na wydzielonych płatach zbiorowisk oraz przypisanie do nich unikalnych kodów powstałych z kombinacji skrótów literowych oznaczających syntaksony stosowane w Instrukcji Urządzania Lasu oraz w Systemie Wspomagania Prac Siedliskowych SWPS (BULiGL), w miarę możliwości zgodne z regułami Kodeksu Nomenklatury Fitosocjologicznej (Barkman i in. 1995);
- 3) integracja danych geometrycznych w jedną warstwę informacyjną;
- 4) przygotowanie zestawu znaków kartograficznych legendy mapy fitosocjologicznej według specyfikacji opublikowanej w Instrukcji Urządzania Lasu (CILP 2012b);
- 5) wygenerowanie warstwy informacyjnej granic płatów zbiorowisk roślinnych;
- 6) przygotowanie zgeneralizowanych zasięgów i etykiet poszczególnych opracowań dla wybranych (trzech) zakresów skal wizualizacji;

- 7) opracowanie tabeli zawierającej podstawowe informacje o opracowaniach (metadane) oraz tabeli słownikowej wyjaśniającej znaczenia cech opisujących stan zbiorowisk roślinnych.

Wynikiem prac były trzy warstwy informacyjne i dwie tabele, zawierające informację przestrzenną oraz atrybuty charakteryzujące rzeczywiste i potencjalne zbiorowiska roślinne:

- G\_FITO – obiekty poligonowe odpowiadające lokalizacji i kształtom płatów zbiorowisk roślinnych;
- G\_FITO\_BORDER – obiekty liniowe wizualizujące różne znaczenie granic zbiorowisk;
- G\_FITO\_EXT – zasięgi opracowań, przygotowane w trzech stopniach generalizacji dla poszczególnych zakresów skal wizualizacji;
- BDL\_FITO\_OPRACOWANIA – tabela zawierająca metadane dla opracowań;
- BDL\_FITO\_STAN\_ZBIOROWISKA\_DIC – tabela zawierająca wyjaśnienie znaczenia oznaczeń stanu zbiorowisk roślinnych.

**Tabela 5.** Struktura atrybutów warstwy G\_FITO

| Nazwa pola      | Typ danych      | Opis                                                                |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|
| KOD_OB          | CHAR(20)        | Klucz główny. Unikatowy kod płatów zbiorowiska                      |
| KOD_OPRACOWANIA | CHAR(10)        | Kod opracowania. Klucz obcy z tabeli BDL_FITO_OPRACOWANIA           |
| KOD_ZB_RZ       | VARCHAR(15)     | Kod zbiorowiska rzeczywistego                                       |
| KOD_ZB_P        | VARCHAR(15)     | Kod zbiorowiska potencjalnego                                       |
| N_ZBIOR_RZ      | VARCHAR(255)    | Nazwa zbiorowiska rzeczywistego                                     |
| N_ZBIOR_P       | VARCHAR(255)    | Nazwa zbiorowiska potencjalnego                                     |
| STAN_CD         | CHAR(20)        | Stan zbiorowiska. Klucz obcy z tabeli BDL_FITO_STAN_ZBIOROWISKA_DIC |
| F_ZN            | VARCHAR(20)     | Główna forma zniekształcenia                                        |
| FAZA_ZB         | VARCHAR(20)     | Faza zbiorowiska                                                    |
| KOD_N2K         | VARCHAR(20)     | Kod siedliska N2000                                                 |
| STAN_N2K        | CHAR(20)        | Stan zbiorowiska N2000                                              |
| A_YEAR          | INTEGER         | Rok opracowania                                                     |
| FITO_GEOM       | ST_MultiPolygon | Geometria płatów zbiorowisk roślinnych                              |
| N_ZBIOR_RZ_KR   | VARCHAR(10)     | Skrócona nazwa zbiorowiska rzeczywistego                            |
| N_ZBIOR_P_KR    | VARCHAR(10)     | Skrócona nazwa zbiorowiska potencjalnego                            |

**Tabela 6.** Struktura atrybutów warstwy G\_FITO\_BORDER

| Nazwa pola  | Typ danych         | Opis                                            |
|-------------|--------------------|-------------------------------------------------|
| ID_BORDER   | SERIAL             | Klucz główny. Identyfikator granicy zbiorowiska |
| BORDER_R_CD | CHAR(1)            | Granica zbiorowisk rzeczywistych                |
| BORDER_P_CD | CHAR(1)            | Granica zbiorowisk potencjalnych                |
| BORDER_GEOM | ST_MultiLineString | Granice zbiorowisk roślinnych                   |

**Tabela 7.** Struktura atrybutów warstwy G\_FITO\_EXT

| Nazwa pola    | Typ danych         | Opis                                                    |
|---------------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| ID_FITO_EXT   | SERIAL             | Klucz główny. Identyfikator granicy zasięgu opracowania |
| KOD_OPRAC     | VARCHAR(20)        | Kodowa nazwa opracowania fito                           |
| GEN_LEVEL     | INTEGER            | Stopień generalizacji warstwy                           |
| FITO_EXT_GEOM | ST_MultiLineString | Granica zasięgu opracowania                             |
| NAZWA_OPRAC   | VARCHAR(255)       | Nazwa opracowania fitosocjologicznego                   |

**Tabela 8.** Struktura tabeli BDL\_FITO\_OPRACOWANIA

| Nazwa pola        | Typ danych   | Opis                                              |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------------|
| KOD_OPRACOWANIA   | CHAR(10)     | Klucz główny. Kod opracowania fitosocjologicznego |
| NAZWA_OPRACOWANIA | VARCHAR(255) | Tytuł/nazwa opracowania fitosocjologicznego       |
| ROK_OPRACOWANIA   | INTEGER      | Rok, w którym powstało opracowanie                |

**Tabela 9.** Struktura tabeli BDL\_FITO\_STAN\_ZBIOROWISKA\_DIC

| Nazwa pola | Typ danych   | Opis                              |
|------------|--------------|-----------------------------------|
| STAN_CD    | CHAR(20)     | Klucz główny. Kod stanu siedliska |
| NAZWA      | VARCHAR(255) | Pełna nazwa stanu zbiorowiska     |

## Wyniki

### Informacje z opracowań glebowo-siedliskowych

Wynikiem prac była warstwa G\_SITE\_TYPE\_BDL przechowująca dane przestrzenne wraz z ich cechami atrybutowymi, z pominięciem tych wydzieleń, w których typ siedliskowy lasu był nieokreślony lub wskazywał na grunt niezalesiony. Podsumowanie ujednoliconych danych przedstawiono w tabeli 10.

**Tabela 10.** Zestawienie ilościowe danych wynikowych

| <b>RDLP</b>  | <b>Liczba nadleśnictw<br/>z opracowaniem<br/>glebowo-siedlisko-<br/>wym</b> | <b>Liczba wydzieleń<br/>siedliskowych</b> | <b>Łączna<br/>powierzchnia objęta<br/>opracowaniami<br/>[tys. ha]</b> |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| BIAŁYSTOK    | 30                                                                          | 226 290                                   | 570,7                                                                 |
| GDAŃSK       | 15                                                                          | 54 835                                    | 293,6                                                                 |
| KATOWICE     | 23                                                                          | 56 111                                    | 364,1                                                                 |
| KRAKÓW       | 13                                                                          | 23 093                                    | 142,9                                                                 |
| KROSNO       | 23                                                                          | 59 663                                    | 340,6                                                                 |
| LUBLIN       | 25                                                                          | 73 522                                    | 410,7                                                                 |
| ŁÓDŹ         | 19                                                                          | 73 944                                    | 278,4                                                                 |
| OLSZTYN      | 28                                                                          | 146 676                                   | 475,0                                                                 |
| PIŁA         | 20                                                                          | 51 049                                    | 350,7                                                                 |
| POZNAŃ       | 23                                                                          | 97 738                                    | 392,1                                                                 |
| RADOM        | 23                                                                          | 55 270                                    | 314,0                                                                 |
| SZCZECIN     | 35                                                                          | 119 235                                   | 660,6                                                                 |
| SZCZECINEK   | 30                                                                          | 87 256                                    | 582,4                                                                 |
| TORUŃ        | 27                                                                          | 74 370                                    | 434,3                                                                 |
| WARSZAWA     | 14                                                                          | 52 020                                    | 184,6                                                                 |
| WROCŁAW      | 6                                                                           | 12 302                                    | 77,3                                                                  |
| ZIELONA GÓRA | 18                                                                          | 84 532                                    | 399,4                                                                 |
| <b>RAZEM</b> | <b>372</b>                                                                  | <b>1 347 906</b>                          | <b>6271,4</b>                                                         |



### Informacje z opracowań fitosocjologicznych

Zestawienie ilościowe i powierzchniowe zidentyfikowanych i skartowanych płatów zbiorowisk roślinnych w poszczególnych RDLP przedstawiono w tabeli 11.

**Tabela 11.** Liczba płatów zbiorowisk roślinnych i łączne ich pole powierzchni w poszczególnych RDLP

| <b>RDLP</b>  | <b>Liczba wydzielonych płatów zbiorowisk</b> | <b>Łączna powierzchnia objęta opracowaniami [tys. ha]</b> |
|--------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| BIAŁYSTOK    | 48 292                                       | 76,2                                                      |
| GDAŃSK       | 14 722                                       | 57,4                                                      |
| KATOWICE     | 4 381                                        | 18,0                                                      |
| KRAKÓW       | 2 368                                        | 13,2                                                      |
| KROSNO       | 12 512                                       | 53,8                                                      |
| LUBLIN       | -                                            | -                                                         |
| ŁÓDŹ         | 57 345                                       | 81,9                                                      |
| OLSZTYN      | 77 988                                       | 86,8                                                      |
| PIŁA         | -                                            | -                                                         |
| POZNAŃ       | 13 657                                       | 33,4                                                      |
| RADOM        | 22 523                                       | 103,7                                                     |
| SZCZECIN     | -                                            | -                                                         |
| SZCZECINEK   | 9 502                                        | 18,1                                                      |
| TORUŃ        | -                                            | -                                                         |
| WARSZAWA     | 60 658                                       | 102,5                                                     |
| WROCŁAW      | 16 795                                       | 64,9                                                      |
| ZIELONA GÓRA | 8 527                                        | 32,2                                                      |
| RAZEM        | <b>349 270</b>                               | <b>742,1</b>                                              |

### Dyskusja

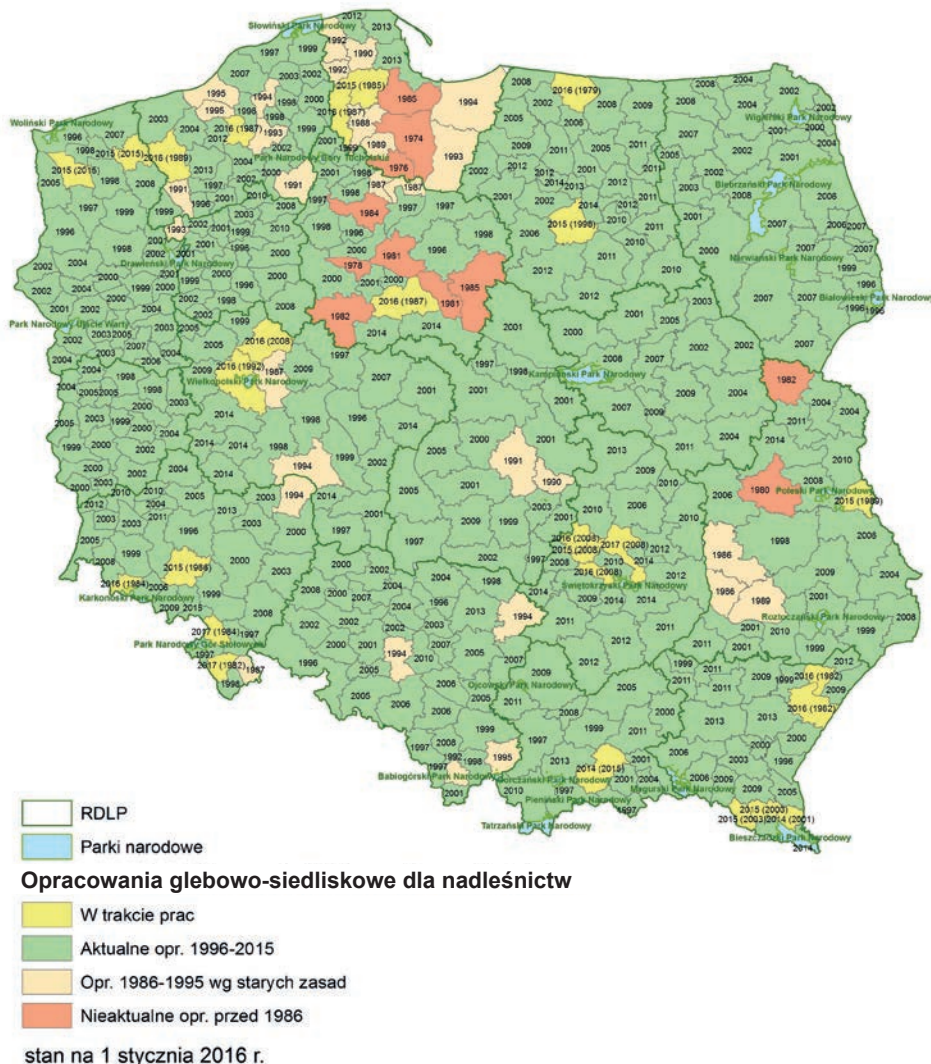
#### Kompletność i aktualność informacji opracowań glebowo-siedliskowych dla lasów Polski

Opracowania glebowo-siedliskowe dla lasów w zarządzie Lasów Państwowych wykonane są dla wszystkich 430 nadleśnictw, w tym dla 372 są to opracowania w postaci cyfrowej, opublikowane są na portalu mapowym Banku Danych o Lasach.

W tabeli 12 zestawiono wielkości powierzchni opracowań glebowo-siedliskowych według lat, w których zostały wykonane. Rycina 1 przedstawia przestrzenne rozmieszczenie stanu aktualności opracowań glebowo-siedliskowych dla poszczególnych nadleśnictw.

**Tabela 12.** Zestawienie wielkości powierzchni opracowań glebowo-siedliskowych znajdujących się w zasobach BDL wg lat

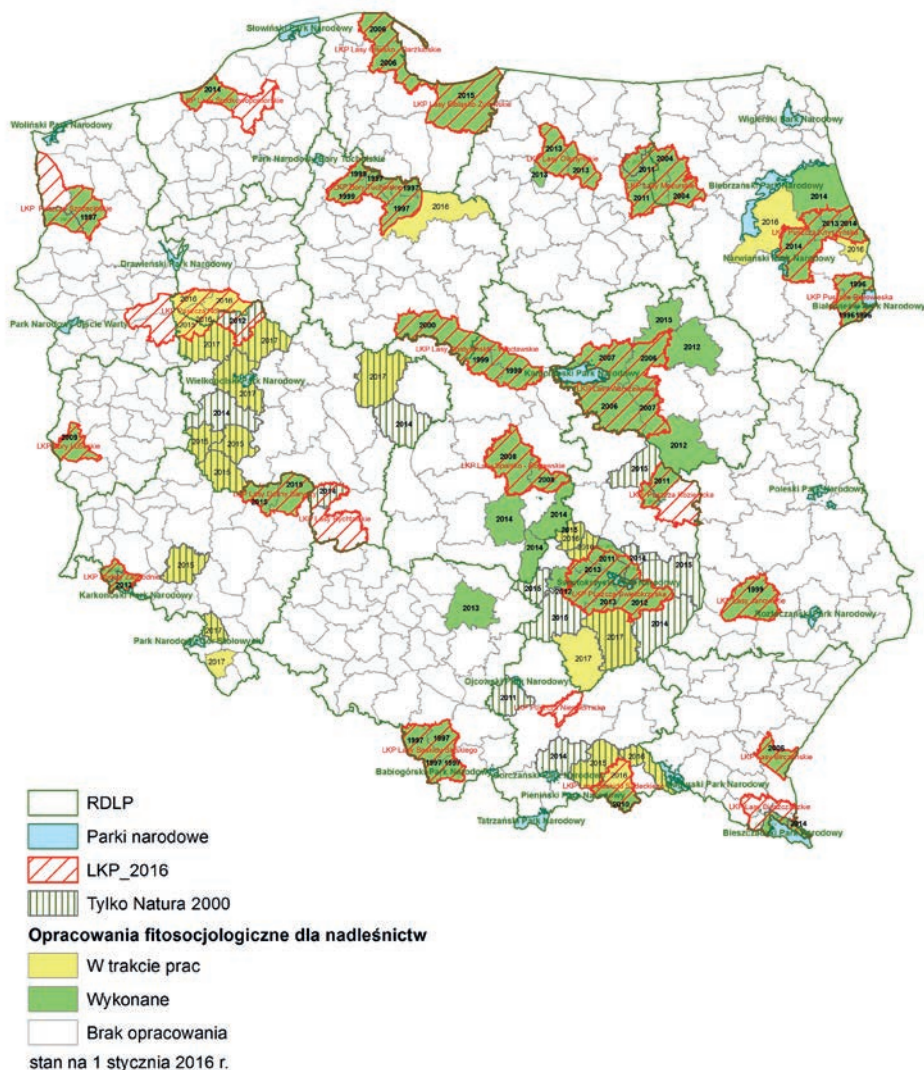
| Rok opracowania | Powierzchnia opracowania [ha] |
|-----------------|-------------------------------|
| 1978            | 15 841                        |
| 1981            | 35 165                        |
| 1984            | 20 770                        |
| 1985            | 19 461                        |
| 1987            | 22 647                        |
| 1991            | 13 283                        |
| 1992            | 12 776                        |
| 1993            | 13 866                        |
| 1996            | 67 307                        |
| 1997            | 45 247                        |
| 1998            | 87 348                        |
| 1999            | 106 169                       |
| 2000            | 146 393                       |
| 2001            | 89 108                        |
| 2002            | 110 373                       |
| 2003            | 101 443                       |
| 2004            | 70 813                        |
| 2005            | 58 066                        |
| 2006            | 35 533                        |
| 2007            | 33 784                        |
| 2008            | 126 853                       |
| 2009            | 108 821                       |
| 2010            | 65 843                        |
| 2011            | 21 395                        |
| 2012            | 38 709                        |
| 2013            | 70 126                        |
| 2014            | 91 208                        |



Ryc. 1. Opracowania glebowo-siedliskowe wykonane na rzecz Lasów Państwowych

### Kompletność i aktualność informacji opracowań fitosocjologicznych dla lasów Polski

Dotychczas BULiGL wykonał 86 opracowań fitosocjologicznych w tym: 65 dla obszaru nadleśnictw, 6 dla obszaru obrębów leśnych (w przypadku, gdy nie całe nadleśnictwo wchodziło do Leśnego Kompleksu Promocyjnego,



Ryc. 2. Opracowania fitosocjologiczne wykonane przez BULiGL

dla którego było sporządzane opracowanie), 14 dla wybranych obszarów Natura 2000 z dyrektywy siedliskowej, leżących na obszarze w zarządzie nadleśnictw. W zasób Banku Danych o Lasach weszło 55 z nich. Największym problemem przy włączaniu poszczególnych opracowań fitosocjologicznych do Banku Danych o Lasach było bardzo niejednorodne nazewnictwo jednostek taksonomicznych. Przyczyną tego był zarówno długi czas przygotowania poszczególnych opracowań, jak i odmienność syntaksonomii poszczególnych ośrodków naukowych zajmujących się fitosocjologią.

W tabeli 13 przedstawiono zestawienie łącznej powierzchni obszarów objętych opracowaniami fitosocjologicznymi według lat, w których zostały wykonane.

**Tabela 13.** Zestawienie powierzchni opracowań fitosocjologicznych znajdujących się w zasobach BDL wg lat

| Rok opracowania | Powierzchnia [ha] |
|-----------------|-------------------|
| 2006            | 43 628            |
| 2008            | 49 881            |
| 2009            | 84 439            |
| 2010            | 13 177            |
| 2011            | 82 942            |
| 2012            | 16 954            |
| 2013            | 152 323           |
| 2014            | 89 656            |
| 2015            | 170 042           |

Aktualnie wykonywane są opracowania dla obszaru 10 nadleśnictw i 14 dla wybranych obszarów Natura 2000. Wyniki opracowań, w postaci warstwy zbiorowisk roślinnych, wejdą w zasób Banku Danych o Lasach i będą dostępne publicznie. Ogólną informację o obszarach objętych pracami fitosocjologicznymi, wykonanymi i wykonywanymi przez BULiGL dla nadleśnictw Lasów Państwowych przedstawiono na rycinie 2.

## Podsumowanie i wnioski

Podjęte w Banku Danych o Lasach prace mające na celu zebranie danych z obu rodzajów opracowań, możliwe były do wykonania w skali całego kraju tylko dzięki standaryzacji struktur danych jaka obowiązuje w Lasach Państwowych. Wytyczne techniczne dla wykonywania opracowań glebo-wo-siedliskowych dostępne są już od czasu publikacji 1950 r. pierwszej wersji Instrukcji Urządzania Lasu. Kolejne jej wersje rozwijały i poszerzały zakres informacyjny tych opracowań. W latach 90. XX wieku pojawiły się możliwości techniczne pozwalające na gromadzenie danych w postaci cyfrowej (uruchomienie Systemu Informatycznego Lasów Państwowych oraz wdrożenie systemów klasy GIS do praktyki leśnej). Skutkiem tego był stały proces standaryzacji informacji zasilających te systemy. Najpierw standardy danych były określone poprzez struktury baz danych funkcjonujących



w Lasach Państwowych, następnie kolejne zarządzenia Dyrektora Generalnego (Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 23 sierpnia 2001 r., Zarządzenie nr 58 z dnia 15 lipca 2002 r., Zarządzenie nr 5 z dnia 13 stycznia 2003 r., Zarządzenie nr 41 z dnia 7 czerwca 2004 r., Zarządzenie nr 34 z dnia 20 kwietnia 2005 r.) porządkowały struktury danych przekazywanych przez wykonawców opracowań, aż w końcu odpowiednie zapisy znalazły swoje miejsce w Instrukcji Urządzania Lasu z 2012 roku.

Proces porządkowania i standaryzacji informacji danych dotyczących obszarów leśnych musi być procesem ciągłym i uwzględniać zmiany, jakie zachodzą zarówno w danych, które będą się zmieniać wraz z rozwojem wiedzy i nauki o ekosystemach leśnych, jak i rozwojem systemów informatycznych gromadzących te dane. W procesie tym należy pamiętać o danych historycznych, ponieważ standaryzacja struktur oraz danych powinna pozwolić na analizy zmian zachodzących na obszarach leśnych i monitorowanie stanu środowiska naturalnego.

Uporządkowane zbiory danych o środowisku przyrodniczym obszarów leśnych (głównie) mogą odgrywać ważną rolę w monitoringu siedlisk przyrodniczych, realizowanym dla całego kraju w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, jako materiał porównawczy. Jako element zasobów bazy danych Banku Danych o Lasach zbiory te mają dogodny format, umożliwiający szybkie przesłanie ich do przenośnych urządzeń nawigacyjnych, wykorzystywanych przez zespoły realizujące prace terenowe.

Na szczególną uwagę zasługuje niewielka w skali kraju liczba opracowań fitosocjologicznych, które w obligatoryjnych prognozach oddziaływania na środowisko projektów planów urządzenia lasu odgrywają ważną rolę w identyfikacji obszarów szczególnie cennych przyrodniczo. W przypadku, gdy plan urządzenia lasu obejmuje swym zasięgiem siedliska Natura 2000, opracowania fitosocjologiczne są niezbędnym elementem takiej oceny. Dla zagwarantowania symbiotycznych relacji produkcyjnych celów gospodarki leśnej z aktualnym stanem środowiska przyrodniczego wskazane jest, by proces tworzenia opracowań fitosocjologicznych został zintensyfikowany.

**Podziękowanie.** Prace opisane w niniejszej publikacji były finansowane przez Dyрекję Generalną Lasów Państwowych w ramach umowy EZ.271.1.12.2015 z dnia 16 lipca 2015 r.

## Literatura

- BARKMAN J.J., MORAVEC J., RAUSCHNERT S. 1995. Kodeks nomenklatury fitosocjologicznej. Wyd. IB PAN. Kraków.
- BROŻEK S., ZWYDAK M. 2003. Atlas gleb leśnych Polski. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- BRZEG A., KASPROWICZ M., KROTOSKA T. 2001. Acidofilne lasy z klasy *Quercetea robori-petraeae* Br.-Bl. et Tx. 1943 Nom. Mut. w Wielkopolsce. III. *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* (Hartmann 1934) Scamoni et Passarge 1959 em. Brzeg et al. 1989 – Środkowoeuropejska kwaśna dąbrowa trzcinnikowa. Bad. Fizjogr. Pol. Zach., ser. B 50: 4161.
- CILP. 2003. Instrukcja urządzania lasu. Część II. Instrukcja wyróżniania i kartowania siedlisk leśnych. Centrum Informacyjne LP, Warszawa.
- CILP. 2012. Instrukcja urządzania lasu. Część 1. Instrukcja sporządzania projektu planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- CILP. 2012a. Instrukcja urządzania lasu. Część 2. Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- CILP. 2012b. Instrukcja urządzania lasu. Część 3. Instrukcja techniczna sporządzania i wydruku map leśnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- DZWONKO Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. *Vademecum Geobotanicum*. Wydawnictwo Sorus, Poznań – Kraków.
- ESRI. 1998. ESRI Shapefile Technical Description: An ESRI White Paper – July 1998. <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> (dostęp: 18.01.2016).
- ŁOCHYŃSKI M., GUZIK M. 2009. Standard danych GIS w ochronie przyrody. Wersja 3.03.01. Poznań – Zakopane – Kraków. [https://www.researchgate.net/profile/Maciej\\_Lochynski/publication/272677643\\_Standard\\_Danych\\_GIS\\_w\\_ochronie\\_przyrody\\_GIS\\_guidelines\\_in\\_nature\\_conservation/links/54eb2f0c0cf25ba91c863aba.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maciej_Lochynski/publication/272677643_Standard_Danych_GIS_w_ochronie_przyrody_GIS_guidelines_in_nature_conservation/links/54eb2f0c0cf25ba91c863aba.pdf) (dostęp 18.01.2016)
- MAGNUSKI K. 1997a. Urządzanie w Polsce w okresie po drugiej wojnie światowej (część 1). Sylwan nr 9. IBL.
- MAGNUSKI K. 1997b. Urządzanie w Polsce w okresie po drugiej wojnie światowej (część 2). Sylwan nr 10. IBL.
- MATUSZKIEWICZ W. 1981. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ J.M. 2001. Zespoły leśne Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ J.M. 2007. Zespoły leśne Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ J.M. 2008. Geobotanical regionalization of Poland (Regionalizacja geobotaniczna Polski). IGiPZ PAN, Warszawa.
- MOŚZNIŁ. 1995. Założenia metodyczne prac glebowo-siedliskowych i fitosocjologicznych w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Maszynopis powielony; zatwierdzony do użytku służbowego przez prof. dr hab. A. Szujckiego podsekretarza stanu w MOŚZNIŁ 30 czerwca 1995 r.
- MROCZKIEWICZ L., TRAMPLER T. (RED.) 1964. Typy siedliskowe lasu w Polsce. Prace IBL nr 250, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- OLACZEK R. 1972. Formy antropogeniczne degeneracji leśnych zbiorowisk roślinnych w krajobrazie rolniczym polski niżowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.



## **Standardization of information on forest habitats and plant communities for the needs of the Forest Data Bank**

### **Summary**

Habitat analyses for forests managed by the State Forests National Forest Holding are performed since 1950. At that time the first guidance manuals appeared on how to carry out such analyses. In subsequent years, the guidance manuals were revised and included in subsequent editions of the Forest Management Planning Instruction. Due to various reasons, habitat analyses were implemented gradually over a long period of time. Today all the forest inspectorates (430) have a habitat analysis, some of them (58) unfortunately only in the analog form. On the other hand, phytosociological analyses were carried out only for particularly valuable natural forest areas. The official guidance manual on their implementation was published as recently as in 2012 as a part of the current Forest Management Planning Instruction. Previously they were carried out according to generally accepted practices. A pilot project to build a data warehouse containing information on forests of all ownership forms was started in 2012. The purpose of the Forest Data Bank is to gather data on forests and other information related to the natural environment in forest areas. All habitat and phytosociological analyses for forests managed by the State Forests NFH that had been available in the digital form were collected and published during the next stage of development of the Forest Data Bank. Habitat analyses are available for 372 forest districts. There are 55 phytosociological analyses available, describing environmentally valuable forest areas. In order to gather and unify this information, it was necessary to develop a single data standard as well as operating procedures for data processing, checking and publishing in the Forest Data Bank web portal. The data standard was based on the provisions and guidelines of the current Forest Management Planning Instruction from 2012. When converting the data to the standard structure it was necessary to adjust older data sets to present norms and regulations. A special effort was incurred to adapt and harmonize taxonomic nomenclatures for habitats and plant communities. The result is a consistent and uniform database. Further habitat and phytosociological data collection and updating in the Forest Data Bank will allow to analyze and monitor processes taking place in the forest environment, which becomes more and more important particularly in the context of the climate change.

**KEY WORDS:** forest sites, plant communities, phytosociology, Forest Data Bank, BDL, forest

**SŁOWA KLUCZOWE:** siedliska, zbiorowiska roślinne, fitosocjologia, Bank Danych o Lasach, BDL, las

Andrzej Talarczyk, Artur Michorczyk,  
Marcin Myszkowski

---

Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Sękocin Stary  
Andrzej.Talarczyk@zarzad.buligl.pl

# STANDARYZACJA INFORMACJI URZĄDZENIOWEJ O LASACH NA POTRZEBY BANKU DANYCH O LASACH

## Wstęp

### Źródła informacji

Zgodnie z obowiązującym stanem prawnym Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz. U. z 1991 r. nr 101, poz. 444, art. 7.1 i art. 19), wszystkie lasy w Polsce podlegają planowaniu urządzeniowemu. Niemal 80 procent powierzchni lasów w Polsce znajduje się w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP) (CILP 2015). Zarządzanie tymi lasami odbywa się w podziale na nadleśnictwa – samodzielne jednostki posiadające osobowość prawną. Dla każdego nadleśnictwa co dziesięć lat sporządzany jest plan urządzenia lasu. Jest to podstawowy dokument gospodarki leśnej opracowywany dla określonego obiektu, zawierający opis i ocenę stanu lasu oraz cele, zadania i sposoby prowadzenia gospodarki leśnej (*ibid.* art. 6.16). Obejmuje on wykonanie prac w zakresie między innymi inwentaryzacji oraz oceny stanu lasu, w tym siedlisk i drzewostanów; rozpoznania walorów przyrodniczych w lasach oraz określenia sposobów postępowania gospodarczego z uwzględnieniem potrzeb z zakresu ochrony przyrody; zebrania informacji w sprawie programu ochrony przyrody, w tym dotyczących obszaru Natura 2000, wraz z aktualizacją i weryfikacją dotychczasowego programu ochrony przyrody; sformułowania celów, zasad i sposobów realizacji trwale zrównoważonej gospodarki leśnej; przeprowadzenia strategicznej oceny oddziaływania ustaleń planu urządzenia lasu na środowisko wraz z opracowaniem wymaganej prognozy; rozpoznania ekonomicznych warunków gospodarki leśnej oraz określenia spodziewanych efektów ekonomicznych tej gospodarki w zarządzanym nadleśnictwie; projektowania pożądanych typów drzewostanów oraz możliwie zróżnicowanej budowy lasu (wiekowej i przestrzennej); ustalenia etatów cięć głównego użytkowania lasu (rębego oraz przedrębego); projektowania odnowień, zalesień oraz zadań z zakresu pielęgnowania lasu; określenia kierunkowych zadań z zakresu ochrony lasu, w tym ochrony przeciwpożarowej; określenia kierunkowych

zadań z zakresu gospodarki łowieckiej w lasach; określenia potrzeb w zakresie remontów oraz budowy infrastruktury technicznej, w tym dotyczących turystyki i rekreacji; zobrazowania przestrzennego, w formie odpowiednich map, podstawowych danych o urządzanym obiekcie, dotyczących szczególnie: obszarów chronionych i funkcji lasu, wyników inwentaryzacji oraz wybranych zadań gospodarki leśnej (CILP 2012).

Wykonawcy planu urządzenia lasu zobowiązani są do przekazania danych opisowych i przestrzennych w zestandaryzowanym formacie bazodanowym programu Taksator oraz w Standardzie Leśnej Mapy Numerycznej (patrz niżej).

Pozostałe lasy mają różne formy własności (GUS 2015): prywatne (19% powierzchni), własność Skarbu Państwa w zarządzie parków narodowych (2%), własność Skarbu Państwa w zarządzie Agencji Własności Rolnej SP (0,3%), inne lasy Skarbu Państwa (las pod zarządem urzędów morskich, Kancelarii Prezydenta RP, własność jednoosobowych spółek Skarbu Państwa itp. – 0,6%), własność jednostek samorządu terytorialnego (gmin, powiatów – 0,9%). Z tego też powodu dokumentacja urządzeniowa dla tych lasów jest w znacznym stopniu rozproszona (patrz też rozdział „Materiał i metody”).

### **Istniejące standardy w urządzaniu lasu**

#### **SILP, baza Taksator i Standard Leśnej Mapy Numerycznej**

W ostatniej dekadzie ubiegłego wieku Lasy Państwowe zbudowały system informatyczny klasy ERP wspomagający zarządzanie, zwany Systemem Informatycznym Lasów Państwowych (SILP). Najważniejszym jego składnikiem jest Scentralizowany System LAS, przetwarzający dane dla wszystkich jednostek organizacyjnych PGL LP. Cechą odróżniającą to rozwiązanie od innych systemów ERP (Enterprise Resource Planning) jest oparcie jego funkcjonowania na danych zawartych w opisach taksacyjnych zawierających charakterystykę lasów i gruntów w zarządzie PGL LP do poziomu pojedynczego wydzielenia leśnego i nawiązanie do nich pozostałych elementów systemu (infrastruktura, ewidencja gruntów, rejestracja kosztów itp.). Z punktu widzenia integracji danych, kluczowym elementem jest istnienie w SILP unikatowego identyfikatora wydzielenia leśnego (tzw. adresu leśnego). Jego struktura została opisana w dalszej części artykułu.

Wprowadzenie systemu SILP wymusiło standaryzację zapisu informacji zawartych w planach urządzenia lasu dla nadleśnictw Lasów Państwowych. Dokonano tego poprzez odpowiednie zapisy w instrukcji urządzania lasu, nakładające na wykonawców planów urządzania lasów (PUL) obowiązek dostarczania informacji również w postaci cyfrowej. Elektroniczna baza danych tworzona jest za pomocą programu Taksator (DGLP 2011), dostarczanego nieodpłatnie wykonawcom PUL przez Lasy Państwowe. Baza ta stała się na wiele lat *de facto* standardem gromadzenia informacji urządzeniowej. Nie jest

to jednak oficjalny standard, przede wszystkim dlatego że specyfikacja struktury bazy nie jest dostępna publicznie.

Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku rozpoczęło się wdrażanie systemów klasy GIS do praktyki leśnej. Pierwsze kroki w tym kierunku poczynili wykonawcy PUL, którzy wykorzystywali to oprogramowanie do tworzenia wymaganych przez instrukcję urządzania lasu materiałów kartograficznych. Technologia ta powoli rozpoczęła funkcjonować również w Lasach Państwowych. Początkowo dane gromadzone były w formatach i strukturach danych zaproponowanych przez wykonawców PUL. W celu zapanowania nad gwałtownie powstającą informacją przestrzenną, w 2001 r. Dyrektor Generalny Lasów Państwowych wydał zarządzenie (Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 23 sierpnia 2001 r. w sprawie zdefiniowania standardu leśnej mapy numerycznej dla poziomu nadleśnictwa oraz wdrażania systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwach), które standaryzowało struktury danych przestrzennych wykorzystywanych w nadleśnictwach oraz opisywało sposób integrowania ich z bazą LAS SILP, zawierającą szczegółowy opis obiektów ukazanych na mapach numerycznych. Dodatkowo dokument zawierał wymagania jakościowe dla danych (zestawy reguł przestrzennych i atrybutowych, które były kontrolowane podczas przekazywania warstw przestrzennych przez wykonawców prac nad projektem PUL). W miarę upływu czasu i rozwoju technologii pojawiały się kolejne zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych, wprowadzające zmiany do standardu leśnej mapy numerycznej (LMN) (Zarządzenie nr 58 z dnia 15 lipca 2002 r., Zarządzenie nr 5 z dnia 13 stycznia 2003 r., Zarządzenie nr 41 z dnia 7 czerwca 2004 r., Zarządzenie nr 34 z dnia 20 kwietnia 2005 r.). Wraz z ukazaniem się nowej wersji instrukcji urządzania lasu w 2003 r. (CILP 2003), standard leśnej mapy numerycznej stał się jej integralną częścią.

Najnowsza wersja standardu jest częścią składową instrukcji urządzania lasu z 2012 r. (CILP 2012) i obejmuje: opis struktury, formatu i typów danych, opis źródeł danych i ich zasięg przestrzenny, opis procedur zarządzania i aktualizacji LMN, definicje danych przestrzennych LMN oraz wymagane układy odniesień przestrzennych.

#### Taksator PU

W przeciwieństwie do lasów Skarbu Państwa, lasy innych form własności podlegają jedynie uproszczonemu planowaniu urzędzeniowemu. Dokumentem planistycznym jest w tym przypadku uproszczony plan urządzenia lasu (UPUL) lub – dla lasów o powierzchni mniejszej niż 10 ha – inwentaryzacja stanu lasu (ISL). Dokumenty te obowiązany jest zatwierdzić starosta sprawujący nadzór nad lasami. W aktualnym stanie prawnym nie jest określona forma ani zawartość UPUL oraz ISL, nie ma też instrukcji wykonywania tych prac urzędzeniowych ani oficjalnego standardu zbierania danych.

Ze względu na to, że dla dużej części lasów prywatnych starostowie powiatowi, w drodze umowy, powierzają nadzór dla właściwych terytorialnie nadleśnictw Lasów Państwowych, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych podjęła we własnym zakresie próbę standaryzacji UPUL. Powstał program Taksator PU, który został udostępniony publicznie (aktualnie na stronie internetowej Zakładu Informatyki Lasów Państwowych, <http://www.zilp.lasy.gov.pl/taksator-pu/>). Schemat bazy Taksator PU przypomina w ogólnych zarysach bazę aplikacji Taksator, aczkolwiek ze względu na konieczne uproszczenia z jednej strony, a z drugiej – konieczność uwzględnienia w większym zakresie danych z ewidencji gruntów i budynków oraz informacji o właścicielach lasów, występują pomiędzy tymi bazami różnice co do możliwości wprowadzenia informacji opisujących drzewostan, jak i dotyczącej właścicieli lasów. Aplikacja Taksator PU dysponuje funkcjonalnością eksportu danych do formatu zgodnego z bazą LAS SILP. Umożliwia to wykorzystanie, przez jednostki organizacyjne PGL LP, SILP do zarządzania zarówno podległymi im lasami Skarbu Państwa, jak i sprawowania nadzoru nad lasami innych form własności. Drugą ciekawą funkcjonalnością jest możliwość eksportu danych do formatu Standardu Wymiany Danych o Lasach (SWDL).

### Standard Wymiany Danych o Lasach

Podmioty odpowiedzialne za nadzór nad lasami wykorzystują różnorodne rozwiązania informatyczne i tworzą bazy danych o lasach na własne potrzeby. W ramach prac nad pilotażowym wdrożeniem Banku Danych o Lasach, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej (BULiGL) podjęło się zdefiniowania standardu, który zapewniłby w przyszłości możliwość zunifikowanej wymiany danych numerycznych o lasach. Przyjęto, że głównym źródłem danych o lasach są okresowo sporządzane plany urządzenia lasu, uproszczone plany oraz plany ochrony dla parków narodowych. Ze względu na fakt, że wiodącym rozwiązaniem informatycznym w zakresie zarządzania danymi o lasach jest System Informatyczny Lasów Państwowych (SILP), implementowany we wszystkich jednostkach organizacyjnych LP, Standard Wymiany Danych o Lasach (SWDL) w istotnej mierze został oparty na rozwiązaniach i kodyfikacjach stosowanych w PGL LP (BULiGL 2011).

Dane w standardzie SWDL zapisywane są w postaci pliku w formacie XML. Pojedynczy plik składa się z dwóch głównych części: opisu zawartości danych (nagłówka danych) oraz szczegółowych danych odnoszących się do taksacyjnych wyłączeń leśnych. Nagłówek zawiera: określenie zasięgu terytorialnego w postaci zestawu adresów leśnych, datę dzienną sporządzenia danych, sposób utworzenia danych (plan urządzenia lasu, plan ochrony, uproszczony plan urządzenia lasu, inwentaryzacja stanu lasu, kopia aktualnego stanu opisów taksacyjnych baz SILP nadleśnictw), informację o formie własności i sposobie

nadzoru nad danym lasem, źródło danych – kto jest administratorem i właścicielem danych, informacje o układzie odwzorowania geograficznego dla danych geometrycznych. Opis poszczególnych wyłączeń leśnych obejmuje: opis taksacyjny wraz ze wskazówkami gospodarczymi, wykonane zabiegi w wybranym okresie, geometrię wyłączenia wraz z geometrią obiektów znajdujących się w danym wyłączeniu, taksacyjne powierzchnie próbne.

Dokument zgodny z SWDL zawiera tylko dane dotyczące lasu, nie zawiera innych danych o terenach leśnych, które możliwe są do pozyskania z instytucji za te dane odpowiedzialnych (dane ewidencji gruntów, formy ochrony przyrody, dane o obiektach selekcji nasiennej itp.). Przyjęto, że zależności pomiędzy danymi zawartymi w SWDL a danymi innych instytucji są identyfikowane poprzez relacje przestrzenne. W przypadku, gdy taka forma identyfikacji jest niewystarczająca lub niemożliwa do zrealizowania, w atrybutach struktury SWDL znajdują się pozycje definiujące zależności pomiędzy danymi o lesie a danymi zewnętrznymi (np. w SWDL brak opisu działki ewidencyjnej i użytku, natomiast znajdują się atrybuty przechowujące powierzchnię wydzielenia w ramach użytku i działki).

Podstawą zdefiniowania struktury danych opisujących wyłączenie leśne w SWDL była struktura danych w SILP w Lasach Państwowych. Założono, że struktura danych dla lasów pozostałych form własności jest podzbiorem tej struktury. Analogicznie zestaw wykorzystywanych kodów (słowników) opiera się na kodach używanych w SILP. SWDL umożliwia zapisanie danych o lasach urządzanych według Instrukcji Urządzania Lasu z 2003 r. (CILP 2003) i 2012 r. (CILP 2012), a także danych z UPUL w zakresie, w jakim może gromadzić je baza aplikacji Taksator PU.

## **Materiał i metody**

### **Pozyskiwanie dokumentacji urzędzeniowej**

Dokumentacja urzędzeniowa dla lasów pozostających w zarządzie PGL LP zbierana była w dwóch wariantach:

1. Dane urzędzeniowe z planów urządzenia lasu według stanu na pierwszy dzień obowiązywania PUL. Dane te pozyskano w formie źródłowej przekazanej przez wykonawcę projektu PUL, z zasobów własnych BULiGL lub, w przypadku gdy projekt PUL był wykonywany przez podmiot inny niż BULiGL, z właściwych nadleśnictw.
2. Zaktualizowany opis taksacyjny i mapa numeryczna na dzień 1 stycznia danego roku. Dane te były pozyskiwane bezpośrednio z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych.

Dokumentacji urzędzeniowej dla lasów poza zarządem PGL LP poszukiwano w następujących podmiotach: starostwa powiatowe, powiatowe od-



działy Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Agencja Nieruchomości Rolnych Skarbu Państwa/Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa, urzędy miejskie – lasy miejskie i komunalne, urzędy gmin, wspólnoty gruntowe, urzędy morskie, uczelnie wyższe, parki narodowe, związki wyznaniowe, Agencja Mienia Wojskowego, gospodarstwa pomocnicze ośrodków rządowych (np. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Prezydenta itp.), inspektoraty gospodarki wodnej, bazy paliw, Lasy Państwowe (grunty będące we współwłasności, oraz lasy innej własności będące w nadzorze nadleśnictw), Ministerstwo Środowiska, inne instytucje/przedsiębiorstwa zarządzające terenami leśnymi.

Zbieraniu podlegały również opracowania urządzeniowe dla gruntów przekazanych przez PGL LP w użytkowanie na podstawie art. 40 ust. 1 ustawy o lasach: „1. Dyrektor Generalny, na wniosek zainteresowanego ministra lub organu wykonawczego jednostki samorządu terytorialnego, może przekazać w użytkowanie wskazanej przez wnioskodawcę jednostce organizacyjnej lasy, grunty oraz inne nieruchomości, bez zmiany ich dotychczasowego przeznaczenia, jeżeli za tym przemawiają względy: 1) obronności lub bezpieczeństwa państwa albo ochrony granicy państwowej; 2) nauki lub dydaktyki; 3) ochrony przyrody; 4) ochrony ujęć wodnych; 5) przeciwdziałania niebezpieczeństwu powodzi; 6) ochrony wybrzeża morskiego; 7) lecznictwa; 8) opieki nad zabytkami; 9) wypoczynku ludności; 10) gospodarki rolnej”.

Materiałami źródłowymi dokumentacji urządzeniowej były następujące dokumenty analogowe lub elektroniczne wg stanu urządzeniowego:

1. Uproszczone plany urządzenia lasu i inwentaryzacje stanu lasu: opisy taksacyjne, opisanie ogólne – dane o etatach (wszelkie dostępne informacje o etatach użytkowania rębного i przedrębного), wykaz rozbieżności między stanem faktycznym na gruncie a ewidencja gruntów, aneksy do uproszczonych planów urządzenia lasów, mapa wchodząca w skład opracowania.
2. Plany urządzenia lasu: opisy taksacyjne, opisanie ogólne – dane o etatach (wszelkie dostępne informacje o etatach użytkowania rębного i przedrębного), wykaz rozbieżności między stanem faktycznym na gruncie a ewidencja gruntów, aneksy do planów urządzenia lasów, mapa numeryczna wchodząca w skład opracowania.
3. Plany ochrony parków narodowych: opisy taksacyjne, opisanie ogólne – dane o planowanym użytkowaniu wynikającym z zadań ochronnych, wykaz rozbieżności między stanem faktycznym na gruncie a ewidencją gruntów, mapa gospodarcza wchodząca w skład opracowania.



Cała dokumentacja papierowa wykorzystana do wprowadzania danych była skanowana lub fotografowana, a mapy były wyłącznie skanowane.

Przy zbieraniu danych źródłowych zwracano uwagę na to, czy do dokumentu urzędzeniowego został stworzony aneks. W takim przypadku przyjmowano informacje z uwzględnieniem aneksów, w szczególności gdy nastąpiła zmiana formy własności.

Dla każdego opracowania zebrano także następujące dane ogólne: nazwa (tytuł) opracowania, pierwszy rok obowiązywania planu, przyjęte etaty użytkowania rębного i przedrębного na dziesięciolecie, sposób określania miąższości – na ha lub na powierzchni wydzielenia, powierzchnia opracowania, łączna miąższość opracowania – wartość przepisana z podsumowania z tabeli klas wieku. Dane te umieszczono w bazie danych w tabeli informacji o dokumencie źródłowym (patrz tabela 1).

**Tabela 1.** Tabela informacji o dokumencie źródłowym używana do standaryzacji informacji z dokumentacji urzędzeniowej.

| Pole       |            |           | Opis                                                                                               |
|------------|------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nazwa      | Typ        | Szerokość |                                                                                                    |
| objectid   | Autonumer  | –         | Pole autonumeracji.                                                                                |
| obj_id     | TEKST      | 25        | Numer wewnątrz opracowania, który służy do jednoznacznej identyfikacji opracowania                 |
| obj_nazwa  | TEKST      | 500       | Nazwa (tytuł) opracowania przepisany z okładki dokumentu urzędzeniowego                            |
| rok_oprac  | NUMERYCZNE | 4         | Pierwszy rok obowiązywania planu                                                                   |
| EtatRebnyB | NUMERYCZNE | 12        | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania rębного brutto podany w m <sup>3</sup>                       |
| EtatRebnyN | NUMERYCZNE | 12        | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania rębного netto podany w m <sup>3</sup>                        |
| EtatPrzedB | NUMERYCZNE | 12        | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania przedrębного brutto podany w m <sup>3</sup>                  |
| EtatPrzedN | NUMERYCZNE | 12        | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania przedrębного netto podany w m <sup>3</sup>                   |
| EtatRazemB | NUMERYCZNE | 12        | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania głównego (rębny + przedrębny) brutto podany w m <sup>3</sup> |

cd. tab. 1

|              |            |      |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EtatRazemN   | NUMERYCZNE | 12   | Przyjęty, maksymalny etat użytkowania głównego (rębny + przedrębny) netto podany w m <sup>3</sup>                                                                                                                                                      |
| VPrzelicz    | TEKST      | 1    | Znak 'T', jeżeli masa w opracowaniu źródłowym była podana na powierzchnię. Domyślna wartość 'N' oznacza, że masa w opracowaniu źródłowym była podana na 1 ha i taka została wprowadzona do bazy Taksator.                                              |
| PowOprac     | NUMERYCZNE | 16,4 | Powierzchnia całego opracowania. Zapisywana w ha, do 4 miejsc po przecinku.                                                                                                                                                                            |
| MiazOprac    | NUMERYCZNE | 12   | Mięszość opracowania przepisana z podsumowania tabeli klas wieku. Wartość zapisana w m <sup>3</sup> .                                                                                                                                                  |
| RB_Sum_Zest  | NUMERYCZNE | 12   | Suma mięszości wg wskazówek gosp. dla użytkowania rębego (z zestawienia projektowanych zadań gospodarczych).                                                                                                                                           |
| PRB_Sum_Zest | NUMERYCZNE | 12   | Suma mięszości wg wskazówek gosp. dla użytkowania przedrębego (z zestawienia projektowanych zadań gospodarczych).                                                                                                                                      |
| RB_Sum_Wpr   | NUMERYCZNE | 12   | Suma mięszości wg wskazówek gosp. dla użytkowania rębego.                                                                                                                                                                                              |
| PRB_Sum_Wpr  | NUMERYCZNE | 12   | Suma mięszości wg wskazówek gosp. dla użytkowania przedrębego.                                                                                                                                                                                         |
| Nazwa_Org    | NOTA       |      | Nazwa jednostki/organizacji, która zarządza terenem objętym opracowaniem oraz miejscowość siedziby (np. starostwo powiatowe, park narodowy).                                                                                                           |
| Ulica_Org    | NOTA       |      | Miejscowość, Nazwa ulicy, numer budynku i ew. lokalu jednostki/organizacji, która zarządza terenem objętym opracowaniem:<br>– <i>Sękocin Stary, ul. Leśników 21</i><br>– <i>Al. Stanów Zjednoczonych 55/57 m. 8</i><br>– <i>ul. Zacisze 23 lok. 23</i> |
| Miasto_Org   | TEKST      | 255  | Miasto/ miejscowość – siedziba urzędu pocztowego.                                                                                                                                                                                                      |
| Kod_Org      | TEKST      | 255  | Kod pocztowy jednostki/organizacji, która zarządza terenem objętym opracowaniem.                                                                                                                                                                       |

|               |       |     |                                                                                                                                                                       |
|---------------|-------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Email_Org     | TEKST | 255 | Adres e-mail kontaktowy jednostki/organizacji, która zarządza terenem objętym opracowaniem.                                                                           |
| Telefon_Org   | TEKST | 255 | Kontaktowy numer telefonu jednostki/organizacji, która zarządza terenem objętym opracowaniem (należy podać z prefiksem międzynarodowym Polski +48, np. +48223333333). |
| Fax_Org       | TEKST | 255 | Kontaktowy numer faksu jednostki/organizacji, od której zostały pozyskane dane (należy podać z prefiksem międzynarodowym Polski +48, np.+48223333333).                |
| Wyk_Zm_Przyb  | TEKST | 25  | Wartość z podsumowania wykazu zmian z pozycji „Zmiana powierzchni leśnej - Przybyło”                                                                                  |
| Wyk_Zm_Uubylo | TEKST | 25  | Wartość z podsumowania wykazu zmian z pozycji „Zmiana powierzchni leśnej - ubyło”.                                                                                    |

### Cyfryzacja i konwersja dokumentacji urzędzeniowej

Wszystkie dane urzędzeniowe dla lasów poza zarządem PGL LP zostały wprowadzone bądź – w przypadku źródłowej formy cyfrowej – przetworzone do formatu bazy programu Taksator w wersji 5.2.9. Dane przestrzenne (granice wydziałów leśnych) zostały zwektoryzowane lub przetworzone do jednolitej warstwy geometrycznej obiektów podstawowych (poligonowej) w geobazie osobistej Esri w układzie współrzędnych prostokątnych płaskich PL1992 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych. Dz. U. z 2012 r. poz. 1247). Strukturę tej warstwy przedstawiono w tabeli 2.

Przy tworzeniu obiektów warstwy geometrycznej uwzględniano granice wydziałów leśnych oraz form własności. Nie uwzględniano granic działek ewidencyjnych, w związku z tym jeśli dane wydzielenie leśne leżało na więcej niż jednej działce ewidencyjnej tej samej formy własności, na warstwie geometrycznej było reprezentowane jako pojedynczy obiekt. Z kolei, jeśli pojedyncze wydzielenie leżało na więcej niż jednej działce ewidencyjnej o różnych formach własności, było ono geometrycznie dzielone na tyle części, ile form własności wchodziło w jego skład. Pomiędzy takie wydzielania potomne była dzielona powierzchnia wskazówek gospodarczych i powierzchni niestanowiących wydzielania, jakie były przypisane do oryginalnego wydzielania.

W oddzielnej warstwie liniowej, posiadającej atrybuty analogiczne do tych, które przedstawia tabela 2, umieszczano obiekty liniowe wykazujące powierzchnię.

**Tabela 2.** Struktura warstwy geometrycznej obiektów podstawowych używanej do standaryzacji danych przestrzennych z dokumentacji urządzeniowej

| Pole             |            |           | Opis                                                                                   |
|------------------|------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Nazwa            | Typ        | Szerokość |                                                                                        |
| id               | NUMERYCZNE | 9         | Unikatowy w ramach warstwy numer obiektu.                                              |
| obj_id           | TEKST      | 25        | Numer wewnątrz opracowania przeniesiony z tabeli informacji o dokumencie źródłowym     |
| adr_for          | TEKST      | 25        | Adres leśny                                                                            |
| adr_bdl          | TEKST      | 25        | Adres leśny w strukturze BDL                                                           |
| woj              | TEKST      | 2         | Kod województwa wg GUS                                                                 |
| powiat           | TEKST      | 2         | Kod powiatu wg GUS                                                                     |
| gmina            | TEKST      | 3         | Kod gminy wg GUS.                                                                      |
| obr_ew           | TEKST      | 4         | Kod obrębu ewidencyjnego wg GUS                                                        |
| kat_wl           | TEKST      | 2         | Kod formy własności                                                                    |
| udz_wl_LP_01     | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| udz_wl_PN_02     | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| udz_wl_SP_03     | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| udz_wl_GMINNE_04 | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| udz_wl_AWRSP_09  | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| udz_wl_PRYWAT_10 | TEXT       | 25        | Udział danej formy własności                                                           |
| oddz             | TEKST      | 4         | Numer i litera oddziału                                                                |
| poddz            | TEKST      | 4         | Litera pododdziału                                                                     |
| pow              | NUMERYCZNE | 16,4      | Powierzchnia wydzielenia z opisu taksacyjnego (w ha z dokładnością do m <sup>2</sup> ) |
| pow_op           | NUMERYCZNE | 16,4      | Powierzchnia obiektu podstawowego                                                      |
| rok_oprac        | TEKST      | 4         | Rok, w którym została opracowana dokumentacja dla wydzielenia                          |
| adr_adm          | TEKST      | 25        | Adres administracyjny                                                                  |
| kod_rdlp         | TEKST      | 2         | Kod RDLP                                                                               |

|            |            |      |                                                                           |
|------------|------------|------|---------------------------------------------------------------------------|
| kod_nadl   | TEKST      | 2    | Kod nadleśnictwa                                                          |
| kod_kpl    | TESKT      | 4    | Kod krainy przyrodniczo-leśnej                                            |
| kod_b      | NUMERYCZNE | 1    | Informacja o obiektach nakładających się z danymi z sąsiednich jednostek  |
| adr_bdl_cp | TEKST      | 25   | Adres leśny w strukturze BDL przed zmianą numeru oddziału                 |
| blad_weryf | NUMERYCZNE | 1    | Zaznaczanie miejsc, w których zweryfikowano błąd zgłaszany przez kontrolę |
| Shape_Area | NUMERYCZNA | 16,4 | Powierzchnia systemowa obiektu podstawowego                               |

Ze względu na brak jednorodnych formatów baz danych, jakie można spotkać w instytucjach prowadzących nadzór nad lasami, konwersja danych wymagała indywidualnego podejścia w zależności od formy danych. Dość popularnym formatem bazodanowym używanym do sporządzania projektów UPUL jest baza programu Taksator PU. W związku z tym konwersja danych w tym przypadku była uproszczona.

W procesie zbierania danych wprowadzono zestandaryzowaną procedurę odbioru baz danych od wykonawców. W pierwszej kolejności stworzone bazy danych były kontrolowane w oddziałach BULiGL przez lokalnych kierowników prac, następnie bazy były przekazywane do Zarządu BULiGL, gdzie podlegały kontroli merytorycznej. Dopiero po zatwierdzeniu i poprawieniu wszystkich uwag, bazy były importowane do bazy obliczeniowej BDL. W przypadku wykrycia błędów w trakcie przeliczania danych, poprawki były nanoszone w bazach źródłowych, ponownie kontrolowane i importowane do bazy obliczeniowej.

Na potrzeby procedury odbiorczej opracowano w BULiGL aplikację, która służy do kontroli danych opisowych i geometrycznych dla lasów poza zarządem PGL LP zbieranych przez oddziały BULiGL. Dane źródłowe były wprowadzane do bazy danych programu Taksator, a następnie poddawane kontroli za pomocą aplikacji kontrolnej. Aplikacja ta zawiera liczne procedury kontrolne wychodzące poza zakres kontroli implementowanych w programie Taksator. Pomimo dużego zróżnicowania jakości zbieranych danych, w znacznym stopniu wspomagała uzyskanie jednorodnego materiału źródłowego do zasilenia baz BDL. W aplikacji implementowano 110 kontroli atrybutowych sprawdzających poprawność opisu taksacyjnego oraz kontrolujących spójność bazy opisowej z bazą geometryczną.

Ogólny schemat przetwarzania i standaryzacji danych w przypadku lasów poza zarządem PGL LP wyglądał następująco:

1. Pozyskanie danych od podmiotów zarządzających lasami poza zarząd PGL LP.
2. Utworzenie lub pozyskanie granic działek ewidencyjnych lub granic form własności.
3. Pobranie granic wydziałów leśnych już znajdujących się w zasobach BDL (dane z PGL LP oraz zebrane dane dla lasów poza zarząd PGL LP) dla obszaru, który podlega opracowywaniu.
4. Utworzenie nowej geobazy dla opracowania.
5. Przygotowanie warstwy obiektów podstawowych oraz obiektów liniowych (wektoryzacja lub przetworzenie istniejących danych cyfrowych).
6. Kontrola poprawności danych geometrycznych.
7. Przeniesienie adresów wydziałów leśnych z warstwy obiektów podstawowych do tabel opisu taksacyjnego.
8. Wprowadzenie danych z opisu taksacyjnego.
9. Kontrola poprawności wprowadzonego opisu taksacyjnego.
10. Kontrola spójności bazy opisu taksacyjnego z warstwą geometryczną.
11. Połączenie geobaz dla poszczególnych obiektów w jedną geobazę dla powiatu.
12. Kontrola spójności warstwy obiektów podstawowych z opisem taksacyjnym w połączonej geobazie.
13. Kontrola poprawności geometrycznej warstwy obiektów podstawowych w połączonej geobazie.

#### Jednolity schemat adresowania

Kluczowym elementem zestandaryzowanych danych w Banku Danych o Lasach jest adres leśny pozwalający jednoznacznie zlokalizować i zidentyfikować wydzielania leśne. W bazie LAS SILP adres leśny został zaprojektowany do identyfikacji wydziałów leśnych zarządzanych przez Lasy Państwowe. Jest on 25-znakowym kodem nawiązującym do tradycyjnego podziału obszarów leśnych na: regionalne dyrekcje Lasów Państwowych, nadleśnictwa, obręby leśne, leśnictwa, oddziały oraz pododdziały i wydzielania (wyłączenia) leśne. W procesie standaryzacji danych w BDL zaprojektowano podobny adres dla lasów poza zarząd PGL LP, ale oparty na kodach podziału administracyjnego kraju zdefiniowanych w bazie TERYT GUS oraz kodach kategorii własności stosowanych w GUS. Poniżej przedstawiona została struktura funkcjonujących w BDL adresów leśnych:

1. Adres leśny dla lasów w zarządzie PGL LP.

#### **RR-NN-O-LL-KKAAAA-PPPP-WW**

gdzie: **RR** – 2-znakowy kod regionalnej dyrekcji lasów państwowych, **NN** – 2-znakowy kod nadleśnictwa, **O** – 1-znakowy kod obrębu leśnego, **LL** – 2-znakowy kod leśnictwa, **AAAAAA** – 6-znakowe oznaczenie oddziału



leśnego, dopełnione na końcu spacjami, **PPPP** – 4-znakowy kod pododdziału, dopełniony na końcu spacjami, **WW** – 2-znakowy kod wydzielania.

Przykładowy adres: **08-12-1-01-212 -a -00**

2. Adres leśny dla lasów w zarządzie parków narodowych i leśnych zakładów doświadczalnych oraz innych obiektów, odnośnie do których wykonano pełny plan urządzania lasu.

#### **RR-NN-O-LL-KKAAAA-PPPP-WW**

gdzie: **RR** – 2-znakowy kod rodzaju obiektu parku narodowego lub LZD, dla wszystkich tego typu obiektów przyjęto kod 98; **NN** – 2-znakowy kod parku narodowego lub LZD, **O** – 1-znakowy kod obwodu ochronnego lub obrębu leśnego, **LL** – 2-znakowy kod obwodu ochronnego lub leśnictwa, **KK** – 2-znakowy kod kategorii własności wg przyjętego podziału na kategorie w Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasów (kody dla parków narodowych, LZD i lasów Polskiej Akademii Nauk), **AAAA** – 4-znakowe oznaczenie oddziału, dopełniane spacjami na końcu, **PPPP** – 4-znakowy kod pododdziału, dopełniony na końcu spacjami, **WW** – 2-znakowy kod wydzielania.

Przykładowy adres: **98-74-1-01-0212A -a -00**

3. Adres leśny dla lasów poza zarządem PGL LP, parków narodowych i leśnych zakładów doświadczalnych oraz innych obiektów, odnośnie do których wykonano pełny plan urządzania lasu.

#### **WPPGGGOOOO-KKXXXX-PPPP-YY**

gdzie: **W** – kod literowy województwa utworzony poprzez przyporządkowanie kolejnym województwom dużych liter alfabetu wykorzystywanych do kodowania województw na tablicach rejestracyjnych pojazdów, **PP** – 2-znakowy kod powiatu według bazy TERYT-GUS, **GGG** – 3-znakowy kod gminy według bazy TERYT-GUS, **OOOO** – 4-znakowy kod obrębu ewidencyjnego wg bazy TERYT-GUS, **KK** – 2-znakowy kod formy własności, **XXXX** – 4-znakowe oznaczenie oddziału leśnego, dopełniane spacjami na końcu, **PPPP** – 4-znakowe oznaczenie pododdziału, dopełnione na końcu spacjami, **YY** – 2-znakowy kod wydzielania.

Przykładowy adres: **L070250001-101 -a -00**

#### Dostosowanie klasyfikacji form własności do GUS

Kodowanie form własności zostało zaprojektowane na podstawie odpowiednich kodów określonych przez GUS oraz reguł, jakie się stosuje w sprawozdawczości leśnej, tzn. takie formy własności, jak „osoby fizyczne”, „wspólnoty gruntowe”, „spółdzielnie produkcyjne i kółka rolnicze” oraz „inne”, zostały zgrupowane w jedną kategorię „prywatne” zakodowaną jako „10” (patrz tabela 3).

**Tabela 3.** Porównanie kodowania form własności w GUS i w BDL

| Kod formy własności wg WISL | Opis formy własności wg WISL                 | Kod formy własności w GUS i BDL | Opis formy własności w GUS i BDL            |
|-----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| 01                          | SP w zarządzie Lasów Państwowych             | 01                              | SP w zarządzie Lasów Państwowych            |
| 02                          | SP w zarządzie Parków Narodowych             | 02                              | SP w zarządzie Parków Narodowych            |
| 03                          | inne Skarbu Państwa                          | 03                              | inne Skarbu Państwa                         |
| 04                          | gminne                                       | 04                              | gminne                                      |
| 09                          | las Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa  | 09                              | las Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa |
| 05                          | osób fizycznych                              | 10                              | prywatne                                    |
| 06                          | wspólnot gruntowych                          | 10                              | prywatne                                    |
| 07                          | spółdzielni produkcyjnych i kółek rolniczych | 10                              | prywatne                                    |
| 08                          | inne                                         | 10                              | prywatne                                    |

### Uwzględnienie zmian terytorialnych

W trakcie roku część gruntów w Lasach Państwowych jest przekazywana pomiędzy nadleśnictwami. Powoduje to zmiany adresowe wydzieleń leśnych.

Po uzyskaniu danych z bazy CBDL i załadowaniu ich do bazy obliczeniowej BDL, dostosowano dane na stan urzędzeniowy (stan na pierwszy dzień obowiązywania PUL dla danego nadleśnictwa) do zmian terytorialnych nadleśnictw, jakie nastąpiły w trakcie 2013 r. Aktualizacja adresowania danych na stan urzędzeniowy jest wymagana dla zachowania spójności pomiędzy danymi na stan urzędzeniowy a danymi bieżącymi (na stan aktualny) i prawidłowego wykonania obliczeń. Dzięki zaktualizowaniu adresów wydzieleń dla stanu na pierwszy dzień obowiązywania PUL możliwie jest właściwe obliczenie dla poszczególnych nadleśnictw współczynników intensywności użytkowania, które wyliczane są na podstawie wielkości wskazówek gospodarczych pochodzących z danych urzędzeniowych.

## Wyniki

Poniżej zamieszczono zestawienie powierzchni i miąższości drzewostanów z zebranych w toku budowy BDL dokumentacji urzędzeniowych według form własności.

**Tabela 4.** Łącznie zebrana dokumentacja urzędzeniowa dla lasów poza PGL LP – powierzchnia ogółem. Stan na 01.01.2014.

| Forma własności                   | SP w zarządzie Parków Narodowych | Prywatne  | Gminne | Lasy AWR SP | Inne Skarbu Państwa | Razem     |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|--------|-------------|---------------------|-----------|
| Powierzchnia wg GUS [ha]          | 184 968                          | 1 737 454 | 84 310 | 30 387      | 54 653              | 2 091 771 |
| Powierzchnia opracowań w BDL [ha] | 177 654                          | 1 351 680 | 59 011 | 6 033       | 35477               | 1 629 855 |
| Wykonanie [%]                     | 96                               | 78        | 70     | 20          | 65                  | 78        |

W procesie pozyskania danych starano się dotrzeć do wszelkiej dostępnej dokumentacji urzędzeniowej i pozyskać ją dla powierzchni leśnych wykazywanych przez w rocznikach statystycznych GUS. Jak pokazują wyniki końcowe udało się dotrzeć do dokumentacji dla 78% powierzchni lasów poza zarządem PGL LP.

**Tabela 5.** Powierzchnia zebranych opracowań aktualnych dla lasów poza PGL LP (data opracowania od 1 stycznia 2005 r.). Stan na 01.01.2014.

| Forma własności                   | SP w zarządzie Parków Narodowych | Prywatne  | Gminne | Lasy AWR SP | Inne Skarbu Państwa | Razem     |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|--------|-------------|---------------------|-----------|
| Powierzchnia wg GUS [ha]          | 184 968                          | 1 737 454 | 84 310 | 30 387      | 54 653              | 2 091 771 |
| Powierzchnia opracowań w BDL [ha] | 94 072                           | 1 097 299 | 46 630 | 3 697       | 28 724              | 1 270 421 |
| Wykonanie [%]                     | 51                               | 63        | 55     | 12          | 52                  | 61        |

Zapisy w umowie na wykonanie banku danych o lasach stawiały wymóg pozyskania całej dostępnej dokumentacji urzędzeniowej dla lasów poza PGL LP. Z tego względu zebrano i przetworzono również dokumentację historyczną (starszą niż 10 lat). Tabela 5 prezentuje wielkość pozyskanej aktualnej dokumentacji, tzn. wykonanej pomiędzy 1 stycznia 2005 a 1 stycznia 2014 r. Tabela 6 prezentuje wielkość pozyskanej dokumentacji historycznej, czyli sprzed 1 stycznia 2005 r.

**Tabela 6.** Powierzchnia zebranych opracowań archiwalnych (data opracowania przed 1 stycznia 2005 r.). Stan na 01.01.2014.

| Forma własności   | SP w zarządzie Parków Narodowych | Prywatne | Gminne | Lasy AWR SP | Inne Skarbu Państwa | Razem   |
|-------------------|----------------------------------|----------|--------|-------------|---------------------|---------|
| Powierzchnia [ha] | 83 583                           | 254 381  | 12 381 | 2 337       | 6 752               | 359 433 |

Dostępna dokumentacja urzędzeniowa jest nieaktualna dla 22% powierzchni, dla której udało się ją pozyskać. Po przetworzeniu i wykonaniu standaryzacji danych zostały one udostępnione na portalu internetowym Banku Danych o Lasach pod adresem <<http://www.bdl.lasy.gov.pl/>>.

## Dyskusja

### Kompletność i aktualność informacji urzędzeniowych dla lasów w zarządzie PGL LP

Dane z Lasów Państwowych stanowią najobszerniejszy zasób informacyjny Banku Danych o Lasach. Obejmują one wszystkie lasy pozostające w zarządzie PGL LP.

Począwszy od 2012 r., do BDL pozyskiwane są informacje z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych według stanu na dzień 1 stycznia danego roku. Dodatkowo corocznie ładowane i aktualizowane są dane obejmujące opis taksacyjny według stanu na pierwszy dzień obowiązywania planu urządzenia lasu dla nadleśnictw dla których sporządzony został nowy PUL.

### Kompletność i aktualność informacji urzędzeniowych dla lasów poza PGL LP

W zamieszczonej poniżej tabeli wskazano na różnice w dostępności dokumentacji urzędzeniowej w stosunku do powierzchni wskazywanej w GUS jako powierzchnia lasów na dzień 31 grudnia 2013 r. W trakcie budowy BDL najwięcej danych w stosunku do raportowanej przez GUS całkowitej powierzchni lasów zebrano w województwach podkarpackim (97%), wielkopolskim (91%) i łódzkim (90%), zaś najmniej dostępnych danych odnotowano w województwie warmińsko-mazurskim (35%). W tym województwie odnotowano również powiaty, dla których nie była dostępna żadna dokumentacja urzędzeniowa.

**Tabela 7.** Udział powierzchni opracowań w BDL w stosunku do powierzchni wg GUS wg stanu na 31.12.2013 – dla lasów poza PGL LP

| Nazwa województwa   | Powierzchnia w BDL [ha] | Powierzchnia w GUS [ha] | Udział powierzchni opracowań w BDL w stosunku do powierzchni wg GUS [%] |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Dolnośląskie        | 30 931                  | 41 209                  | 75                                                                      |
| Kujawsko-pomorskie  | 44 746                  | 54 091                  | 83                                                                      |
| Lubelskie           | 222 451                 | 254 557                 | 87                                                                      |
| Lubuskie            | 11 205                  | 20 573                  | 54                                                                      |
| Łódzkie             | 126 269                 | 141 082                 | 90                                                                      |
| Małopolskie         | 136 842                 | 235 774                 | 58                                                                      |
| Mazowieckie         | 319 180                 | 398 877                 | 80                                                                      |
| Opolskie            | 13 125                  | 17 763                  | 74                                                                      |
| Podkarpackie        | 183 591                 | 188 394                 | 97                                                                      |
| Podlaskie           | 185 304                 | 238 987                 | 78                                                                      |
| Pomorskie           | 79 032                  | 93 293                  | 85                                                                      |
| Śląskie             | 62 199                  | 89 619                  | 69                                                                      |
| Świętokrzyskie      | 74 592                  | 105 333                 | 71                                                                      |
| Warmińsko-mazurskie | 23 196                  | 66 277                  | 35                                                                      |
| Wielkopolskie       | 95 430                  | 104 851                 | 91                                                                      |
| Zachodniopomorskie  | 21 855                  | 41 090                  | 53                                                                      |
| Razem kraj          | 1 629 948               | 2 091 771               | 78                                                                      |

W przypadku aktualności informacji urzędniowej dla lasów poza PGL LP, większość zebranej dokumentacji jest aktualna i obowiązująca (na stan 01.01.2015 r.). Stanowi ona 1 270 421 ha z 1 629 855 ha, czyli około 78% z całej zebranej dokumentacji. Jeśli wziąć pod uwagę, że dla ok. 78% wykazywanej przez GUS powierzchni lasów poza PGL LP odnaleziono dokumentację urzędniową o odpowiedniej jakości, to faktycznie jedynie 61% powierzchni lasów poza zarządem PGL LP w Polsce ma aktualną dokumentację urzędniową. Czyli niewiele ponad połowę lasów poza PGL LP podlega planowaniu urzędniowemu w sposób zgodny z zapisami ustawy o lasach. Stało się tak, dlatego że pomimo zapisanego w Ustawie o lasach obowiązku aktualizacji dokumentacji urzędniowej co 10 lat samorządy, z braku funduszy, nie w pełni realizowały go.

## Jakość informacji urzędzeniowych dla lasów poza zarządem PGL LP

Opracowania uproszczonych planów urządzenia lasu charakteryzowała bardzo zróżnicowana jakość. W trakcie budowy BDL gromadzono zarówno dobre i kompletne, jeśli chodzi o zawartość merytoryczną, opracowania, jak też takie, które ze względu na braki zapisów nie nadawały się do bezpośredniego zamieszczenia w BDL. Część z nich zawierała dane wystarczające, aby uzupełnić opis drzewostanów o brakujące elementy taksacyjne. Opracowania takie uzupełniono i zamieszczono w BDL. Niemniej zróżnicowanie jakości opracowań spowodowało zwiększenie pracochłonności prac nad konwersją dokumentacji urzędzeniowej do baz BDL. Ponadto obniżyło to zaufanie co do jakości prezentowanych danych, przede wszystkim w zakresie wyników inwentaryzacji, wskazań gospodarczych oraz zestawień z zakresu użytkowania głównego.

Aktualnie uproszczone plany wykonywane są zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych warunków i trybu sporządzania planu urządzenia lasu, uproszczonego planu urządzenia lasu oraz inwentaryzacji stanu lasu (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2012 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu sporządzania planu urządzenia lasu, uproszczonego planu urządzenia lasu oraz inwentaryzacji stanu lasu. Dz.U. z 2012 r. poz. 1302). W zasadzie rozporządzenie wskazuje na konieczność wykonywania uproszczonych planów w formie elektronicznej (opis w postaci bazy danych i mapa oparta o system GIS), jednak nie uszczegóławia formatu bazy opisowej, jak i geometrycznej. Zatem nawet zastosowanie się do zapisów rozporządzenia nie gwarantuje dostarczenia danych, które można w łatwy/standardowy sposób umieścić w bazie BDL.

Brak jest również obowiązujących instrukcji technicznych i przepisów wykonawczych, którymi mogliby się kierować wykonawcy planów urządzenia lasów. Zróżnicowanie doświadczenia podmiotów wykonujących UPUL, ich możliwości w zakresie tworzenia i korzystania z oprogramowania, przy jednocześnie występujących różnicach co do warunków technicznych wykonania wymaganych przez zlecniodawców, spowodowały powstanie bardzo niejednorodnych opracowań. Różnice te dotyczą formy elektronicznej danych (lub jej braku), jak też formy i treści powstałych dokumentów. Część opracowań sporządzana była wyłącznie przy wykorzystaniu arkuszy kalkulacyjnych lub prostych edytorów tekstu. Różnorodność opracowań (jak też ich jakość) stwarzała utrudnienia w przełożeniu zapisów planu do jednolitej bazy danych BDL.

**Podziękowanie.** Prace opisane w niniejszej publikacji były finansowane przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w ramach umów: OP/2715-10/U/2009 z dnia 19 kwietnia 2010 r., EZ/2715-1/U/13 z dnia 10 kwietnia 2013 r. oraz EZ.271.1.12.2015 z dnia 16 lipca 2015 r.

## Literatura

- BULIGL. 2011. Bank Danych o Lasach. Projekt Standardu Wymiany Danych o lasach (SWDL). Praca wykonana na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w ramach umowy nr OP/2715-10/U/2009 z dnia 19 kwietnia 2010 r. Etap 2 podetap 2.2. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Sękocin Stary.
- CILP. 2003. Instrukcja urządzania lasu. Część I. Instrukcja sporządzania planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. Centrum Informacyjne LP, Warszawa.
- CILP. 2012. Instrukcja urządzania lasu. Część I. Instrukcja sporządzania projektu planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- CILP. 2015. Raport o stanie lasów w Polsce 2014. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- DGLP. 2011. TAKSATOR 6.0. Instrukcja użytkownika. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa. <http://www.zilp.lasy.gov.pl/taksator> (dostęp: 14.01.2016).
- GUS. 2015. Leśnictwo 2015. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

## Standardization of forest management planning information for the needs of the Forest Data Bank

### Summary

According to the current law, all forests in Poland are subject to forest management planning. Forest management plan is the basic planning document in forestry, containing a description and guidelines for forest management. Documentation for the forests managed by the State Forests National Forest Holding (PGL LP) (almost 80% of forest area in Poland) is consistent, detailed, up to date and available in digital form. Contractors who elaborate management plans are required to provide descriptive and spatial data in the standardized database format. In contrast, in case of other forms of forest ownership, the forest management planning documentation is of varying quality, sometimes out of date, often made only in analog form, and largely dissipated. In the current legal status the form nor the contents of a simplified forest management plan and of a forest state inventory are specified. There is no legally binding manual for execution of these forest management planning works, nor the official standard for data collection. In the process of building the Forest Data Bank in Poland, all available forest management planning documentation was collected converted to the unified format and made available to the public. In case of the forests administered by the State Forests, the management planning documentation was collected in two variants:

1. Forest management planning data as of the first day of the current forest management plan for a forest inspectorate. This data was obtained in the source form from the contractors who had elaborated the plan.
2. Updated forest inventory and GIS layers as of 1 January of the current year. These data were obtained directly from the State Forests Information System.

In case of other forests, the source material were: simplified forest management plans, forest state inventories (digital or analog), forest management plans, protection plans of national parks.

All forest management planning data for the forests not administered by the State Forests were digitized or – in the case of the source digital form – processed into a single



unified data format. Spatial data (boundaries of forest compartments) were vectorized or processed into a uniform layer of basic geometric objects (polygons). A uniform addressing scheme was developed that allows to give unique ID (forest address) for each forest compartment for all forms of ownership. In the process of data acquisition attempts were made to reach out to all available forest management planning documentation for the forest area reported by the statistical yearbooks of GUS. As the results have shown, it was possible to reach the documentation for the total of 78% of the forest area beyond the management of the State Forests. All gathered data has been made available on the website of the Forest Data Bank.

KEY WORDS: forest, forest management planning, standardization of information, Forest Data Bank, BDL

SŁOWA KLUCZOWE: las, zarządzanie lasu, standaryzacja informacji, Bank Danych o Lasach, BDL

## **WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ W SPORZĄDZANIU RAPORTU O ODDZIAŁYWANIU NA ŚRODOWISKO PRZEDSIĘWZIĘCIA POLEGAJĄCEGO NA BUDOWIE ZBIORNIKA WODNEGO – STUDIUM PRZYPADKU**

### **Wstęp**

Ocena oddziaływania przedsięwzięć na środowisko stanowi ważny element procesu inwestycyjnego. W polskim prawie posiada ona obecnie umocowanie w ustawie z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tekst jednolity Dz.U. z 2016 r. nr 0 poz. 353 z późn. zm.). Przepisy ww. ustawy wskazują, iż przez pojęcie oceny oddziaływania na środowisko należy rozumieć postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia, obejmujące w szczególności weryfikację raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, uzyskanie wymaganych opinii i uzgodnień oraz zapewnienie możliwości udziału społeczeństwa w postępowaniu.

W ramach oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko określa się, analizuje oraz ocenia między innymi:

- bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia w szczególności na środowisko oraz zdrowie i warunki życia ludzi, a także na zabytki, dobra materialne, krajobraz, w tym krajobraz kulturowy, wzajemne oddziaływanie między tymi elementami oraz dostępność do złóż kopalin,
- możliwości oraz sposoby zapobiegania i zmniejszania negatywnego oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko,
- wymagany zakres monitoringu.

Istotą procedury oddziaływania na środowisko, jako instrumentu prewencyjnego, jest przewidywanie potencjalnych zagrożeń – jeszcze na etapie planowania inwestycji – które mogą wywierać znaczący wpływ na środowisko,

a następnie przeciwdziałanie im lub ich ograniczanie (Biesiadka, Nowakowski 2013).

Najważniejszym dokumentem opracowywanym w toku oceny oddziaływania na środowisko jest raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. Do jego przygotowania niezbędne jest pozyskanie szerokiego zakresu informacji, pochodzących z różnych źródeł, ich przestrzenne powiązanie, wykonanie analizy oraz przedstawienie pełnego wpływu przedsięwzięcia na środowisko, co w przypadku wielkoobszarowych działań inwestycyjnych stanowi duże wyzwanie. Odpowiedzią na zidentyfikowane potrzeby jest włączenie w proces dokonywania oceny oddziaływania na środowisko narzędzi Systemów Informacji Geograficznej (GIS), które powinny wspomagać planowanie badań i zbieranie danych w terenie, ich porządkowanie na etapie prac studialnych, prezentację graficzną elementów środowiska oraz wyników przeprowadzonych analiz.

Podstawą każdego projektu GIS są dane. Ich pozyskanie i przetworzenie do spójnej postaci, tworzącej model danych jest często długotrwałym i wymagającym znacznych nakładów pracy procesem (Urbański 2008). Z punktu widzenia użytkownika GIS na potrzeby wykonywania ocen oddziaływania na środowisko, do najważniejszych funkcji tej grupy narzędzi należą: wprowadzanie danych, zarządzanie danymi i ich transformacja, nakładanie obiektów przestrzennych, analiza geograficzna, analiza sąsiedztwa, odległości i powiązań obiektów przestrzennych wynikających z topologii, wyprowadzanie danych i ich wizualizacja. Od możliwości wykonywania różnych zadań analitycznych zależy w głównej mierze przydatność oprogramowania GIS (Kuraś 2007).

Istnieją trzy podstawowe sposoby pozyskiwania danych. Pierwszy polega na utworzeniu ich we własnym zakresie na drodze pomiarów terenowych. Tego typu dane noszą często nazwę danych pierwotnych. Od GIS oczekuje się natomiast możliwości powiązania ich z danymi pomocniczymi charakteryzującymi środowisko. Drugą możliwością jest zakup lub wykorzystanie danych oferowanych bezpłatnie, które zostały specjalnie przystosowane do pracy z GIS (dane wtórne). Wreszcie ostatnią praktyką jest wykorzystanie danych przestrzennych analogowych (np. map papierowych), cyfrowych, nieposiadających dowiązania przestrzennego (np. w postaci skanów) lub danych atrybutowych (analogowych lub cyfrowych), które mogą być odniesione przestrzennie. Ostatnią z wymienionej grupy pozyskiwania danych należy dostosować do wykorzystania w środowisku GIS (Urbański 2008).

Celem pracy jest przedstawienie procesu wykorzystania Systemów Informacji Geograficznej w praktyce, na różnych etapach sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia polegającego na budowie zbiornika wodnego Kąty – Myscowa na rzece Wisłocze (INVESTEKO S. A. 2013).

## Materiały i metody

Schemat procedury badawczej zastosowanej do oceny oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia, z wykorzystaniem narzędzi Systemów Informacji Geograficznej (GIS) przedstawiono na rycinie 1.

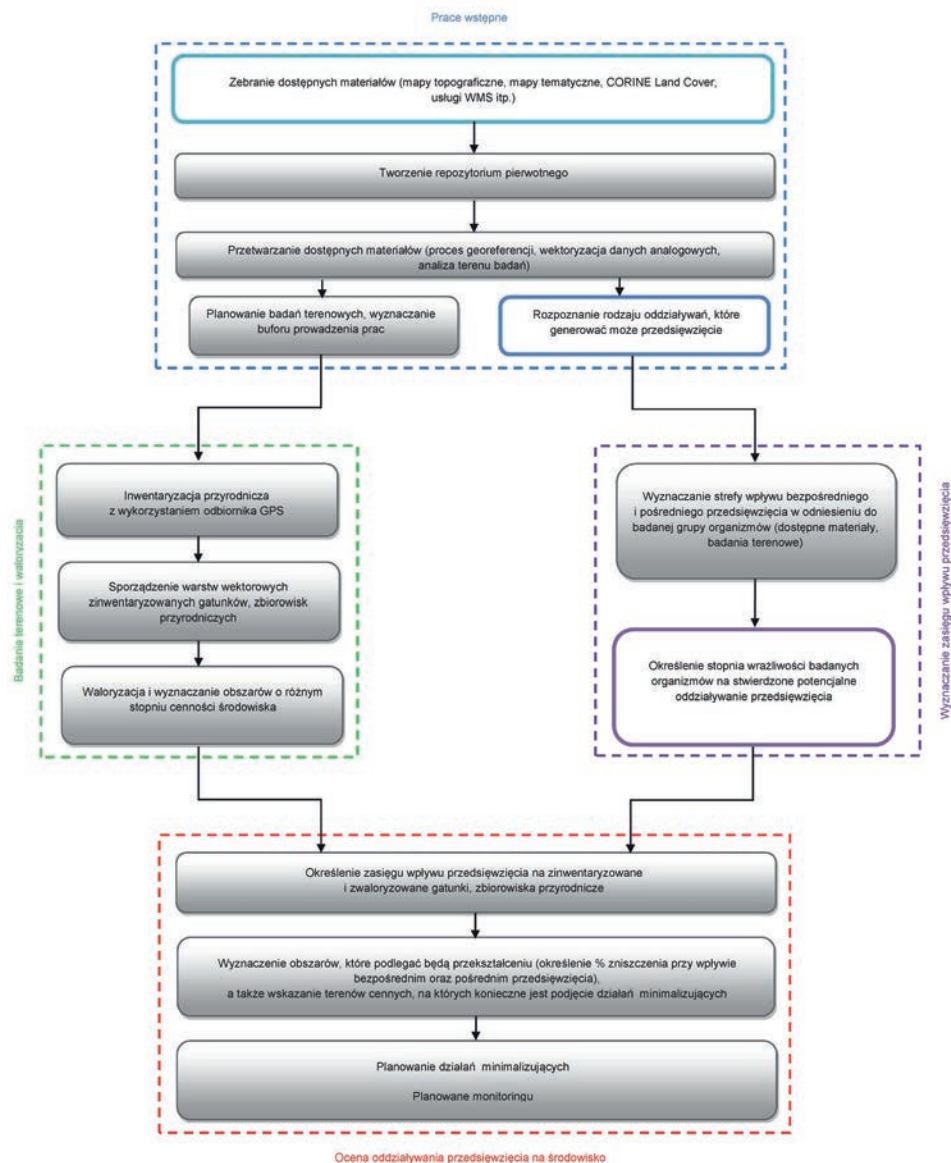
Prace terenowe poprzedziły studia kameralne nad waloryzacją terenu. Analizy wykonano w programie QGIS 1.7.4, w odwzorowaniu PL-1992 na podstawie:

- mapy topograficznej pozyskanej z Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Rzeszowie, w skali 1:25 000 w układzie „1965”, w formacie GEO-TIF (w formie wpasowanego rastera w układ PL-1992),
- map oraz bazy danych pokrycia/ użytkowania terenu CORINE Land Cover 2006 dla obszaru Polski (CLC06\_PL) w formacie e00 i shp,
- map drzewostanów udostępnionych za pośrednictwem serwera WMS: [http://www.bdl.info.pl/ArcGIS/services/WMS\\_BDL/mapserver/WMSServer](http://www.bdl.info.pl/ArcGIS/services/WMS_BDL/mapserver/WMSServer),
- obszarów chronionych udostępnionych za pośrednictwem serwera WMS: <http://wms.gdos.gov.pl/geoserver/wms>.

Rozpoznano również budowę geologiczną terenu. W tym celu wykorzystano Szczegółową Mapę Geologiczną Polski w skali 1 : 50 000 pozyskaną z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie w formacie tiff, w postaci analogowej, bez dowiązania przestrzennego. Arkuszowi mapy nadano georeferencje, a przedstawione wydzielienia zwektoryzowano. Rozpoznania uwarunkowań glebowych dokonano na podstawie mapy glebowo-rolniczej, pozyskanej z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach w skali 1 : 25 000 w formacie .shp w odwzorowaniu PL-1992.

Po zakończeniu prac studialnych rozpoczęto planowanie prac terenowych. Narzędzia GIS, w których możliwe jest podświetlenie dostępnych opracowań kartograficznych, oraz ortofotomapy pozwalają przejrzeć teren badań, zaplanować wizję terenową i wyznaczyć reprezentatywne stanowiska badawcze. W przypadku omawianego przedsięwzięcia badania terenowe prowadzono na stanowiskach badawczych wyznaczonych w biegu rzeki Wisłoki a także w obszarze terenu przeznaczonego pod projektowany zbiornik i przylegającego bezpośrednio do jego granic.

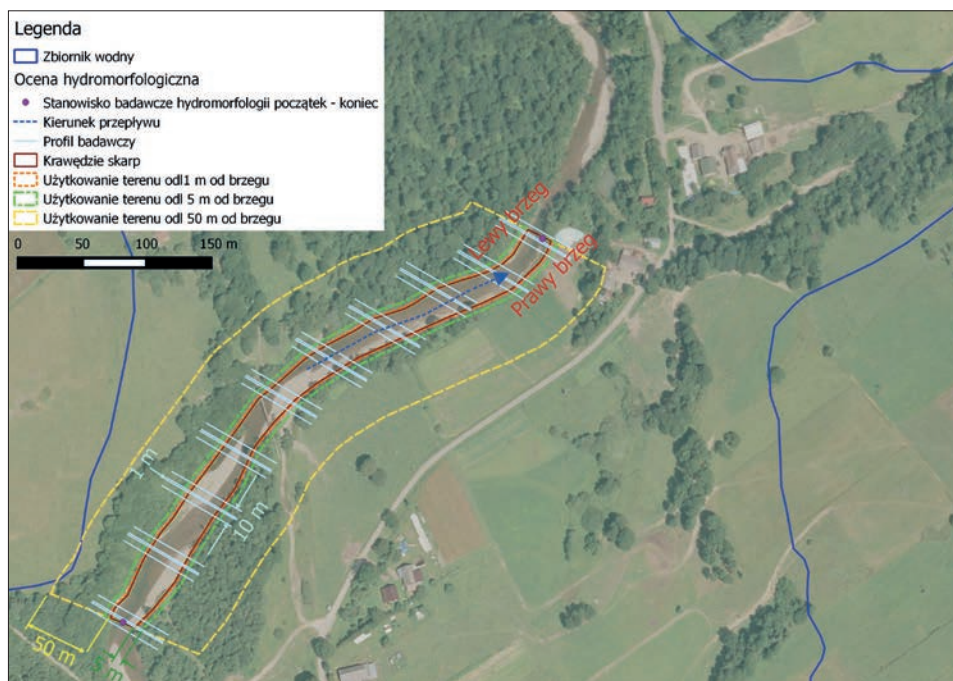
W wytypowanych stanowiskach badawczych w biegu rzeki przeprowadzono m. in. ocenę warunków hydromorfologicznych metodą River Habitat Survey (RHS). Metoda ta została pierwotnie opracowana w Anglii z zamiarem stosowania jej w warunkach występujących na obszarze Wielkiej Brytanii i Irlandii. Od 1997 r. stosowana jest w Polsce (Jusik i in. 2014). Do prowadzenia badań wykorzystano podręcznik, w którym metoda ta została



**Ryc. 1.** Procedura badawcza oceny oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia, z wykorzystaniem Systemów Informacji Geograficznej (GIS). Szara szrafura oznacza obszary, w których stosowano narzędzia GIS.

adaptowana do warunków polskich (Szoszkiewicz i in., 2012). Badania terenowe polegały na wyznaczeniu reprezentatywnych odcinków rzeki o długości 500 m i prowadzeniu w nich badań w 10 profilach, w odstępach co 50 m. Efektem badań było określenie wskaźnika jakości siedliska (Habi-

tat Quality Assessment – HQA) oraz wskaźnika przekształcenia siedliska (Habitat Modification Score – HMS). Badania wiązały się z rejestrowaniem parametrów fizycznych w obszarze o szerokości 1 m, takich jak: dominujący typ przepływu, substrat dna i brzegów, sposób akumulacji rumowiska, typy przekształceń oraz umocnienia techniczne skarp i koryta. W obszarze o szerokości 10 m określano strukturę roślinności wodnej i brzegowej oraz użytkowanie brzegów. Każdy profil rejestrowany był za pomocą odbiornika GPS, a zebrane dane posłużyły do zbudowania bazy w postaci atrybutów opisujących poszczególne elementy. W drugim etapie badań wykonano syntetyczny opis całego odcinka RHS o długości 500 m, uzupełniający opis o różne formy morfologiczne i przekształcenia, których nie zarejestrowano w etapie pierwszym. Ponadto, uzupełniono opis doliny, wymiary koryta (wysokość brzegów, szerokość i głębokość koryta), bystrza, plosa i odsypy, liczbę budowli wodnych i inne. Schemat badań na przykładowym odcinku badawczym, zlokalizowanym na rzece Wisłoce, przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Stanowisko badawcze hydromorfologii rzeki Wisłoki metodą RHS

W miejscu planowanego przedsięwzięcia oraz w obszarze przylegającym bezpośrednio do jego granic gromadzono dane dotyczące m.in. gatunków flory i zbiorowisk roślinnych. W tym celu wyznaczono w programie QGIS ver. 1.7.4 kilometrowy bufor wokół planowanego przedsię-



wzięcia, stanowiący granice penetracji terenu. Dane florystyczne zbierano metodą marszrutową. Obserwacje ukierunkowano na rozmieszczenie stanowisk gatunków oraz wielkość populacji roślin. Wizje terenowe przeprowadzano, uwzględniając kategorie ochrony określone rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin (Dz. U. z 2012 r. poz. 81) (według stanu prawnego na 2012 r.), a także w odniesieniu do form ochrony wynikających z podpisanych przez Polskę konwencji międzynarodowych. Brano również pod uwagę lokalne listy/opracowania dotyczące rzadkich i zagrożonych gatunków roślin badanego regionu. Uwzględniono informacje zawarte w: Załączniku II, IV i V Dyrektywy Siedliskowej, Załączniku II Konwencji Berneńskiej, Załączniku II Konwencji Waszyngtońskiej oraz Światowej Czerwonej Liście IUCN. Stanowiska odnalezionych gatunków lokalizowano za pomocą odbiornika GPS.

Inwentaryzację zbiorowisk roślinnych przeprowadzono metodą Braun-Blanqueta, a nazewnictwo i syntaksonomię przyjęto za Matuszkiewiczem (2006). Metoda Braun-Blanqueta jest powszechnie przyjętą metodą identyfikacji i monitoringu siedlisk przyrodniczych Natura 2000. Niezaburzone płaty roślinności o zadowalającym stanie zachowania, posiadające właściwy sobie zestaw gatunków charakterystycznych, a także inne walory przyrodnicze (np. obecność chronionych elementów flory), zaliczono do syntaksonów w randze zespołu lub związku, co pozwalało je traktować jako identyfikatory siedlisk Natura 2000. Płaty gorzej zachowane, o zubożonym składzie gatunkowym (obecność tylko gatunków charakterystycznych dla rzędu lub nawet klasy), posiadające znamiona degeneracji antropogenicznej (np. z udziałem antropofitów lub gatunków inwazyjnych) zaliczano do syntaksonów wyższego rzędu. Nie stanowiły one podstawy do identyfikacji siedlisk Natura 2000 (Pasierbiński 2012).

Po przeprowadzeniu prac terenowych, z uzyskanych danych opracowano wektorowe warstwy w formacie .shp, w układzie współrzędnych PL-1992, które zostały wykorzystane do waloryzacji terenu, w trakcie której określono obszary siedlisk silnie przekształconych o niskim stopniu naturalności (mało cenne przyrodniczo), obszary potencjalnie cenne przyrodniczo o umiarkowanym stopniu przekształcenia oraz obszary cenne przyrodniczo o dużej bioróżnorodności, z gatunkami podlegającymi ochronie prawnej.

Do wyznaczenia zasięgu wpływu budowy zbiornika wodnego Kąty – Myscowa na florę oraz zbiorowiska roślinne wzięto pod uwagę obszar koniecznych przekształceń oraz procesy prowadzące w sposób bezpośredni lub pośredni do naruszenia pokrywy roślinnej. W przypadku tego przedsięwzięcia za strefę bezpośredniej ingerencji uznano rejon posadowienia obiektów inżynierskich oraz obszar zalewu zbiornika w maksymalnym poziomie piętrze-



nia, natomiast za strefę wpływu pośredniego, obszar poza czaszą projektowanego zbiornika, a podlegający abrazji, egzaracji oraz ruchom osuwiskowym. Abrazja stanowi ważny proces geodynamiczny, prowadzący do przeobrażania linii brzegowej rejonów nadmorskich i dużych zbiorników wodnych. Jako główną przyczynę tego procesu podaje się fizyczne oddziaływanie wody, które przejawia się w postaci falowania, prądów przybrzeżnych oraz zmienności poziomów wody w zbiorniku (Zydroń 2010). W procesie niszczenia brzegów bierze także udział egzaracja, czyli erozja lodowa. Pokrywa lodowa, tworząca się na powierzchni zbiorników wodnych, oddziałuje na brzeg zbiornika w sposób mechaniczny lub termiczny. Skutki egzaracji można generalnie obserwować wzdłuż całej linii brzegowej w postaci różnych rozmiarów wypiętrzeń i wałów, które w dalszej kolejności są rozmywane przez falowanie (Wiejaczka 2011). Procesy te są istotne z punktu widzenia możliwości wywołania kolejnych zjawisk, jak np. podcięcie brzegu strefy osuwiskowej i osunięcie się mas skalnych. Na omawianym terenie rozpoznanie terenów o predyspozycjach osuwiskowych prowadzono z przerwami od lat osiemdziesiątych XX w. do roku 2002. Wskazują na to m.in. badania zaprezentowane w pracach następujących autorów: Frysztak-Kurek i in. (1998), Sroczyński i in. (2000), Wójcik (2000), Sroczyński (2002).

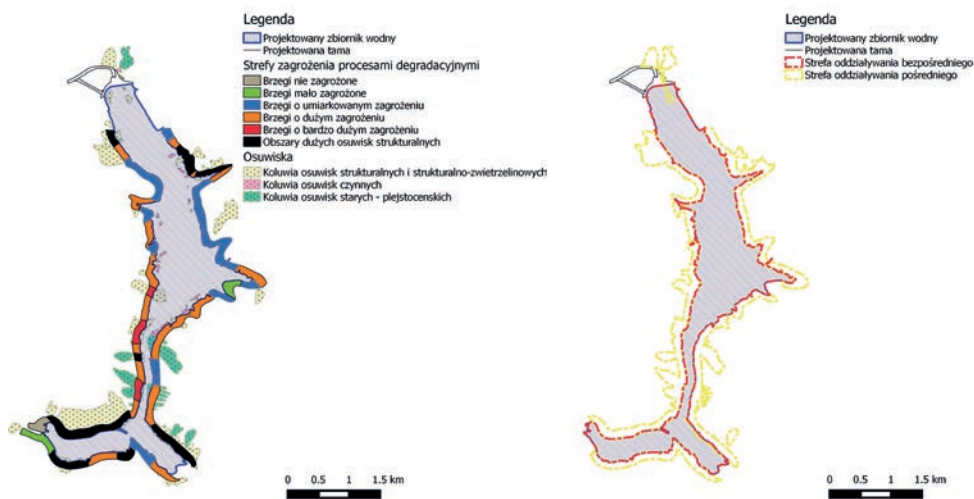
## Wyniki i dyskusja

Po zakończeniu prac terenowych i sporządzeniu warstw wektorowych zinwentaryzowanych zbiorowisk roślinnych i gatunków roślin chronionych możliwe było ich zwaloryzowanie i określenie terenów cennych przyrodniczo. Wyznaczając strefę oddziaływania pośredniego planowanego przedsięwzięcia na florę i roślinność, zwektoryzowano mapę prognostyczną rejonizacji warunków geologiczno-inżynierskich, na której wydzielono 7 stref różniących się stopniem zagrożenia obecnej i prognozowanej stateczności stoków, mapę występowania osuwisk w zlewni bezpośredniej planowanego zbiornika oraz mapę z miejscami, gdzie brzegi przyszłego zbiornika wrażliwe będą na proces abrazji i egzaracji. Otrzymane warstwy wektorowe, obejmujące połączenie wyżej wymienionych, zamiast elementów pozwoliły na określenie przestrzenne:

- osuwisk, które zostaną zatopione, ulegną aktywacji i osuną się, zmieniając kształt zbocza i dna doliny;
- osuwisk, które zostaną częściowo podtopione, co spowoduje obniżenie parametrów ich stateczności, a czynna część osuwiska prawdopodobnie osunie się;

- osuwisk, których dolna, czynna część znajduje się poniżej maksymalnego poziomu piętrzenia, ze względu na podtopienia i procesy abrazji, procesy osuwiskowe mogą ulec intensyfikacji;
- osuwisk, które w wyniku piętrzenia wody w zbiorniku zostaną podtopione co w wyniku tego działania oraz abrazji brzegowej spowodują ich zsuniecie się;
- osuwisk, które po spiętrzeniu wód w zbiorniku częściowo zostaną zatopione, a osuwiska znajdujące się częściowo powyżej maksymalnego poziomu piętrzenia na skutek zawodnienia i działania procesu falowania i abrazji zostaną uaktywnione.

Na tej podstawie określono przestrzennie strefy wpływu budowy zbiornika na środowisko, gdzie prognozuje się bezpośrednie zniszczenie gatunków poprzez lokalizację czaszy zbiornika wraz z niezbędną infrastrukturą oraz wpływ pośredni dotyczący miejsc gdzie nastąpi uaktywnienie ruchów masowych podczas napełniania zbiornika, bądź degradacji ulegać będą brzegi na skutek procesów abrazji i egzaracji. Proces wyznaczania stref wpływu planowanego przedsięwzięcia przedstawiono na rycinie 3.

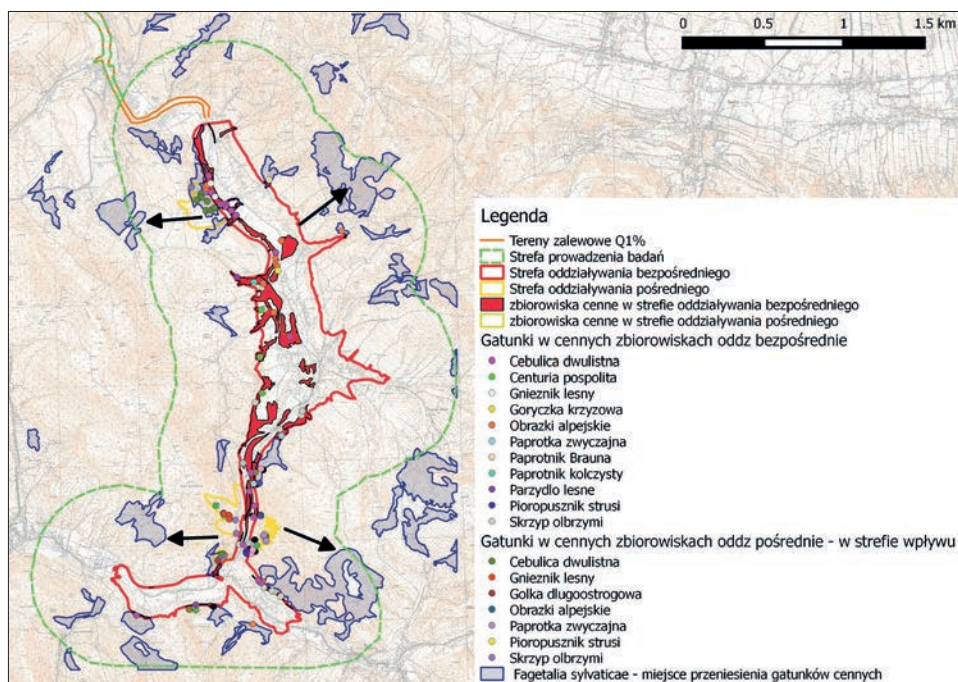


Ryc. 3. Proces wyznaczania strefy bezpośredniego i pośredniego wpływu budowy zbiornika wodnego na florę i szatę roślinną

Określając wpływ projektowanego zbiornika wodnego na florę i szatę roślinną, dokonano nałożenia na pliki w formacie shp ze zinwentaryzowanymi i zwaloryzowanymi elementami środowiska przyrodniczego, warstw wektorowych z wyznaczonymi strefami wpływu przedsięwzięcia: bezpośredniego i pośredniego. Wykonano analizy przestrzenne, których efektem było określenie prognozowanego procentowego ubytku cennych zbiorowisk roślin-

nych oraz liczby osobników poszczególnych gatunków, które ulegną zniszczeniu. Na podstawie zgromadzonych informacji planowano działania, jakie należy podjąć celem ograniczenia wpływu planowanego przedsięwzięcia na przedmiotowy komponent środowiska.

Działania minimalizujące zaplanowano na czaszy projektowanego zbiornika wodnego oraz na obszarze wpływu pośredniego, na którym występuje największe prawdopodobieństwo wystąpienia degradacji brzegów i uruchomienia procesów osuwiskowych w trakcie napełniania zbiornika. Wykorzystując dane przestrzenne z przeprowadzonej inwentaryzacji przyrodniczej, zaplanowano działania polegające m.in. na przeniesieniu części gatunków chronionych z obszaru wpływu przedsięwzięcia do zbiorowisk odpowiadającym wymogom siedliskowym, zlokalizowanych poza obszarem planowanego zbiornika (ryc. 4), jak również opracowano założenia monitoringu.



Ryc. 4. Wynik planowania działań dotyczących przeniesienia gatunków chronionych narażonych na zniszczenie do zbiorowiska z rzędu *Fagetalia sylvaticae*

W trakcie opracowywania raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko wykorzystano trzy sposoby pozyskania danych: pierwotne (zebrane w terenie), wtórne (pozyskane z dostępnych ośrodków oferujących dane w postaci cyfrowej z nadanymi georeferencjami bądź dane wektorowe) i analogowe (w postaci map papierowych/cyfrowych nieposiadających do-

wiązania przestrzennego). Stosowanie trzech różnych źródeł danych pokazuje, że wciąż obserwowane są luki w dostępności do danych w formacie wektorowym. Podstawą analizy GIS są dane wsadowe, często zebrane w ilościach wymagających systemu ich porządkowania, wykorzystywania do analizy i wyciągania wniosków. Dlatego wykorzystanie Systemów Informacji Przestrzennej w sporządzaniu raportu o oddziaływaniu na środowisko stanowi cenne narzędzie analityczne, wspomagające proces decyzyjny.

## Wnioski

Narzędzia GIS umożliwiają przestrzenne powiązanie szerokiego zakresu informacji pochodzących z różnych źródeł, analizę zgromadzonych danych oraz ułatwienie prognozowania wpływu przedsięwzięcia na środowisko i planowania późniejszego monitoringu. Stanowią zatem ważny element wspomagający ocenę oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.

Stosowanie Systemów Informacji Przestrzennych predysponuje do wypełnienia wymogu formalnego raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, jakim jest przedstawienie zagadnień w formie kartograficznej, w skali odpowiadającej przedmiotowi i szczegółowości analizowanych w raporcie zagadnień oraz umożliwiającej kompleksowe przedstawienie przeprowadzonych analiz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.

Z uwagi na luki w dostępie do danych w postaci wektorowej, zauważa się potrzebę dalszego standaryzowania formatu zbierania danych w terenie oraz wdrażania modeli ich przetwarzania, na potrzeby wykorzystania w ocenach oddziaływania na środowisko.

Podsumowując, konieczne jest szerokie propagowanie możliwości, jakie stwarzają narzędzia Systemów Informacji Przestrzennej, poprzez obrazowanie korzyści ich wykorzystania, jako instrumentu służącego nie tylko do wizualizacji danych, ale przede wszystkim pozwalającego na ich harmonijne łączenie w całość, przeprowadzanie analiz i wyciąganie wniosków.

## Literatura

- BIESIADKA E., NOWAKOWSKI J. 2013. Ocena oddziaływania na środowisko i monitoring przyrodniczy, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn.
- FRYSZTAK-KUREK A., [zespół] 1998. Dokumentacja geologiczno-inżynierska projektowanego zbiornika wodnego „Krempna” na rzece Wisłocze. Etap II, część: rejon zapory, Przedsiębiorstwo Geologiczne S. A., [maszynopis].
- INVESTEKO S.A. 2013. Raport o oddziaływaniu na środowisko zbiornika wodnego Kąty – Myscowa na rzece Wisłocze na terenie gminy Krempna oraz Nowy Żmigród zawierający wariantowe rozwiązania realizacyjne przedsięwzięcia. Zespół autorski: Kunda K., Liszka J, Machnik P, Malinowska K., Małkowska E., Małkowski Ł., Piątkiewicz M., Pogan J., Smandek A., Walania A., Wójcik M., Zielińska K., Katowice.

- JUSIK S., BRYL Ł., PRZESMYCKI Ł., KASPRZAK M. 2014. Ewolucja metody oceny stanu hydromorfologicznego rzek RHS-PL w Polsce, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 17, nr 1, s. 41-62.
- KURAS B. 2007. Wykorzystanie GIS jako kompleksowego narzędzia waloryzacji środowiska przyrodniczego pod kątem planowania przestrzennego zagospodarowania terenu, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 17b, 425-435.
- MATUSZKIEWICZ W. 2006. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, ss. 540.
- PASIERBIŃSKI A. 2012. Inwentaryzacja zbiorowisk roślinnych dla zadania pn.: „Uzupełnienie raportu o oddziaływaniu na środowisko zbiornika wodnego Kąty – Myscowa na rzece Wisłoce na terenie gminy Krempna oraz Nowy Żmigród zawierającego wariantowe rozwiązania realizacyjne przedsięwzięcia”. Tom IX. INVESTEKO S.A., Katowice, dokument niepublikowany.
- SRÓCZYŃSKI W. I IN. 2000. Dokumentacja warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych wokół czaszy zbiornika wodnego Krempna na rzece Wisłoce, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków [maszynopis].
- SRÓCZYŃSKI W. 2002. Geoochrona górnych odcinków dolin rzek beskidzkich przeznaczonych pod budownictwo wodne – na przykładzie projektowanego zbiornika Krempna na rzece Wisłoce. IGSMiE PAN, Kraków.
- SZOSZKIEWICZ K., ZGOŁA T., JUSIK SZ., JUSIK-HRYC B., DAWSON F. H., RAVEN P. 2012. Hydromorfologiczna ocena wód płynących. Podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey w warunkach Polski. Wydanie 7 zmienione, Poznań – Warrington.
- URBAŃSKI J. 2008. GIS w badaniach przyrodniczych, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- WIEJACZKA Ł. 2011. Wpływ zbiornika wodnego Klimkówka na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w Dolinie Ropy. PAN IGiPZ, Warszawa.
- WÓJCIK 2000. Osuwiska w dolinie Wisłoki między Kątami i Kremzną. IGSMiE PAN, [maszynopis].
- ZYDRŃ T., KOZIŁSKA-SROKA E., MICHAŁSKI P., DRYŚ D., KRUK E., PŁONKA M. 2010. Badania postępu procesu abrazji brzegów zbiornika Czorsztyn – Niedzica, *Górnictwo i Geoinżynieria*, z. 2: 663–673.

**The use of geographic information systems in the preparation  
of the environmental impact assessment report of a project concerning  
the construction of a water reservoir – case study**

Summary

In this study it is presented the process of the use of Geographic Information Systems in various stages of preparing the report on the environmental impact of the construction of the water reservoir, illustrating the continuity of cause and effect of the impact assessment of the proposed project on the environment. The results showed that, the use of GIS tools should be seen as supporting an environmental impact assessment, optimizing the process of data collection and identification of conflicts, allowing the valorization of the terrain, forecasting range changes that, may occur in the environment as a result of the project, as well as planning action to minimize the detected impact.

KEY WORDS: Environmental impact assessment, project, water reservoir, GIS

SŁOWA KLUCZOWE: Ocena oddziaływania na środowisko, przedsięwzięcie, zbiornik wodny, System Informacji Geograficznej





# MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA ZASTOSOWANIA TECHNIK GIS W OCENIE WIZUALNEGO ODDZIAŁYWANIA PRZEDSIĘWZIĘĆ

## 1. Wstęp

Oceny wizualnego wpływu jako część systemu OOS wywodzą się z narzędzi zarządzania zasobami wizualnymi środowiska, które pojawiły się w II połowie XX w. w USA, np.: The Visual Management System (U.S. Department of Agriculture. Forest Service 1974), Visual Resources Management (U.S. Department of Interior. Bureau of Land Management 1975a) czy Visual Resource Contrast Rating (U.S. Department of Interior. Bureau of Land Management 1975b). Dały one podwaliny do opracowania wytycznych do przeprowadzania ocen oddziaływania wizualnego, m.in. takich jak: Prototype Visual Impact Assessment Manual (Smardon 1979), Visual Impact Assessment for Highway Projects (U.S. Department of Transportation 1986) czy Visual Resource Assessment Procedure (U.S. Army Corps of Engineers 1988).

Oceny wizualnego wpływu stanowią obecnie standardową procedurę w ramach systemu ocen oddziaływania na środowisko. Mogą one być opracowywane jako osobny raport, tak jak w USA, Wielkiej Brytanii, RPA lub jako składowa raportu OOS, jak np. w Polsce. W wielu krajach, podobnie jak w USA, opracowano szczegółowe wytyczne do przeprowadzania ocen wizualnego wpływu (Giedych 2016). Mają one zarówno charakter uniwersalny, np. Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment (Landscape Institute 2013), jak i dotyczyć mogą poszczególnych rodzajów przedsięwzięć, np. Visual Assessment for Wind Farms (Scottish Natural Heritage 2002).

Ocena wizualnego wpływu przedsięwzięć, określająca zmiany w charakterze dostępnych widoków oraz zmiany w jakości odbieranych wrażeń widokowych, jest jednym z najtrudniej mierzalnych oddziaływań w procedurze oceny oddziaływania na środowisko (OOS). Oceny zmian fizjonomii krajobrazu opierają się bowiem na osądach odzwierciedlają-



cych znaczenie krajobrazu dla człowieka, interakcję człowieka z krajobrazem oraz związaną z tym wartość danego krajobrazu.

W przeciwieństwie do oceny innych oddziaływań, np. wpływu na jakość wód czy powietrza, nie jest łatwo określić ilościowe progi jakości wizualnej czy malowniczości krajobrazu. Kolejną kwestią są stałe zmiany w krajobrazie spowodowane rozwojem nowych elementów zagospodarowania, które mogą modyfikować percepcję ocenianego przedsięwzięcia. Mogą wreszcie występować duże rozbieżności opinii na temat tego, co stanowi „akceptowalną” zmianę (Oberholzer 2005).

Ocena oddziaływania na krajobraz jest zatem kombinacją ocen obiektywnych i subiektywnych (Landscape Institute 2013). Dla zmaksymalizowania obiektywności ocen oddziaływania wizualnego, konieczne jest dokonywanie ich przy uwzględnieniu jak największej liczby wymiennych czynników (Nicholson 1995). Nie mniej istotne jest zastosowanie odpowiednich metod ilościowych oraz wykorzystanie do ocen wizualnych cyfrowych narzędzi analityczno-symulacyjnych (w tym GIS) (Orland 1994; Danese et al. 2008).

Pomimo bogatego dorobku metodycznego w przedmiotowym zakresie, stosunkowo niewiele z omówionych powyżej wytycznych odnosi się bezpośrednio do możliwości wykorzystania cyfrowych analiz przestrzennych (jak. np. Reducing Visual Impact of Renewable Energy Facilities. U.S. Department of Interior. Bureau of Land Management 2013).

Celem artykułu jest przedstawienie stanu, w jakim znajduje się metodologia wykonywania omawianych ocen w kontekście możliwości ich zobiektywizowania w wyniku zastosowania metod ilościowych.

## 2. Materiał i metody

Niniejszy artykuł stanowi przegląd zastosowań narzędzi analityczno-symulacyjnych w ocenach wizualnego wpływu przedsięwzięć na krajobraz. W analizowanych studiach przypadków uwzględniono składowe ocen realizowane za pomocą tych narzędzi, jak również wykazujące taki potencjał. Szczególnie zwrócono uwagę na możliwość zobiektywizowania opracowywanych ocen, w wyniku zastosowania metod ilościowych, które wiąże się z koniecznością spełnienia takich wymogów, jak: obiektywność metody analizy oraz precyzja danych.

Śród wymienionych metod cyfrowych szczególny nacisk położony został na GIS jako narzędzie najbardziej uniwersalne, pozwalające na przeprowadzenie najszerszego zakresu analiz w tym na przestrzenną analizę wielokryterialną oraz jednocześnie pozwalającego na wizualizację efektów. Zwrócono też uwagę na zastosowanie AutoCad, który pozwala na precyzyjną wizualizację, jak również oferuje możliwość georeferencji.

Wyniki przedstawione zostały według najczęściej stosowanych składowych studiów wizualnych, które mogą zostać zastosowane w procedurze OOŚ. Są to: charakterystyka zasobów wizualnych krajobrazu, określenie zasięgu oddziaływania wizualnego projektu, wizualizacja i ocena przewidywanych zmian, opracowanie środków łagodzących oddziaływanie wizualne (Oberholzer 2005; Churchward i in. 2013).

### 3. Wyniki

#### 3.1. Charakterystyka zasobów wizualnych

Charakterystyka zasobów wizualnych obejmuje identyfikację zasobów wizualnych, ocenę ich jakości oraz wyodrębnienie charakterystycznych cech widoków wraz z ich waloryzacją.

Zaproponowana przez Palmera (2000) klasyfikacja różnych podejść do charakterystyki krajobrazu pozwala na odniesienie ich do rozpatrywanych w niniejszym artykule zagadnień, jakimi są: miarodajność ocen oraz możliwość ich wykonania za pomocą GIS (tabela 1). Mogą one w pełni zostać spełnione dla grupy charakterystyk fizycznych, charakterystyki znaczeniowe związane zaś są z dużą dozą subiektywności.

Opisanie mierzalnych cech badanego krajobrazu wydaje się najbardziej naturalnym sposobem postępowania z perspektywy GIS. W literaturze (np. Palmer 2004; Dramstad i in. 2006; Matsuoka, Kaplan 2008; Polat, Akay 2015) kilka cech krajobrazu jest szczególnie często wskazywanych jako powiązane z preferencjami człowieka w stosunku do jakości wizualnej krajobrazu. Należą do nich przede wszystkim: obecność wód powierzchniowych, zróżnicowanie rzeźby terenu, obecność i konfiguracja lasów widocznych w krajobrazie w towarzystwie innych klas pokrycia terenu, użytkowanie terenów objętych widokiem.

W tym kontekście do analiz przestrzennych często wykorzystywane są dane o pokryciu terenu, takie jak np. Corine Land Cover. Istnieją jednak wskazania, żeby oceny takie wykonywane były przy użyciu możliwie dokładnych danych, aby istniała możliwość odzwierciedlenia lokalnego zróżnicowania (Churchward 2013). Narzędziem najczęściej wykorzystywanym do ocen cech pokrycia terenu są wskaźniki konfiguracji i kompozycji krajobrazu (McGarigal, Marks 1995). Ocenę zbieżności wyników dostarczanych za ich pomocą z wynikami ankiet dotyczących jakości postrzeganego widoku przeprowadził Palmer (2004). Podaje on, że około 50% czynników odpowiedzialnych za ludzką percepcję krajobrazu może zostać wyjaśnionych za pomocą omawianej metody. Fizycznie mierzalne charakterystyki kompozycji krajobrazu są metodą obiektywną, pod warunkiem dobrego

zbadania preferencji związanych z określonym fragmentem terenu. Metoda jest wprost stosowana w GIS za pomocą narzędzi wykorzystujących zasadę działania pierwszego programu FRAGSTATS (McGarigal, Marks 1995). Spośród nich warto polecić następujące narzędzia: Patch Analyst (Rempel i in. 2003), vLATE (Lang, Tiede 2003) i ZonalMetrics (Adamczyk, Tiede 2016).

**Tabela 1.** Możliwości zastosowania technik GIS do wykonania charakterystyki krajobrazu (opracowanie własne na podstawie Palmer 2000, za Churchward 2013)

| Charakterystyki fizyczne krajobrazu                                                                                                                            |                                                                                                                          | Charakterystyki znaczeniowe krajobrazu                                                                           |                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bezpośrednio mierzone cechy fizyczne krajobrazu, np. udział pokrycia lasami, wodami, długość lub powierzchnia widoku, różnica wysokości, ukształtowanie terenu | Dosłowna charakterystyka krajobrazu wynikająca z cech fizycznych, np. naturalność, stopień zurbanizowania, przestronność | Elementy kompozycji krajobrazu, np. linie, formy, kolory, faktura, kontrast, sekwencja, osie widokowe, dominanty | Cechy uświadomione krajobrazu, np. tajemniczość, spójność, złożoność, czytelność, harmonia, dobre proporcje. |
| Obiektywne realizowane za pomocą GIS                                                                                                                           | Potencjalnie obiektywne i realizowane za pomocą GIS – wymagają operacjonalizacji                                         | Wymagają interpretacji, nie są bezpośrednio mierzalne – wymagają operacjonalizacji                               | Wymagają oceny eksperckiej oraz miarodajnego odniesienia do subiektywnych ocen i preferencji                 |

Charakterystyki opisowe krajobrazu mogą zostać przeprowadzone na podstawie mierzalnych cech fizycznych. Jednakże ich wybór przeprowadzany jest zazwyczaj metodą ekspercką i wymaga miarodajnej definicji kryteriów. Na przykład stopień naturalności krajobrazu może zostać oceniony na podstawie proporcji pokrycia terenu oraz obecności różnego rodzaju obiektów terenowych. Jednak interpretacja pojęcia naturalności może być różna w zależności od kontekstu oraz lokalizacji (Gobster i in. 2007). Dobrym przykładem narzędzia do charakterystyki opisowej krajobrazu jest wskaźnik przestronności krajobrazu zaproponowany przez Palmera (2000). Za pomocą tego wskaźnika możemy określić, jak duża jest przestrzeń w krajobrazie, po której można się poruszać np. żeby osiągnąć postrzegane krawędzie krajobrazu. Wskaźnik ten został opracowany na podstawie długości widoku i liczbę obiektów przesłaniających widok. Wskaźnik ten jest podobny do opisanych poniżej grup charakterystyk uświadomionych, jednakże jako jeden z nielicznych może zostać pomierzony na podstawie danych GIS.

Charakterystyki znaczeniowe obejmujące opis kompozycji dotyczą takich cech krajobrazu lub widoku, które nie mogą zostać bezpośrednio pomierzone, a ich stwierdzenie wymaga przeprowadzenia postępowania interpretacyjnego. Charakterystyka kompozycji jest wykonywana, opisując widok za pomocą jego składowych, takich jak np. kontrast, dominacja elementów, forma, kolor, tekstura. Ocena tych elementów jest częściowo obiektywna, jednak trudna do wykonania w sposób cyfrowy. Mimo to w literaturze można spotkać przykłady zastosowań cyfrowej analizy panoram widokowych. Jednym z nich jest równanie opisujące walory estetyczne krajobrazu, zaproponowane przez zespół Shafer i Mietz (1970). Postawili oni tezę, że istnieje możliwość zbudowania równania opisującego własności geometryczne konturów sfotografowanego wcześniej widoku (przedstawionego w modelu rastrowym), posiadającego korelację z ocenami ankietowymi percepcji jakości tego widoku. Innym przykładem jest współczynnik wrażliwości wizualnej widoku (Rygiel 2005) opracowany na podstawie cyfrowej oceny elementów jego struktury, takich jak krawędzie, kontrast, zaburzenia linii nieba.

Ozimek i in. (2013) proponują z kolei ocenę składników panoram na podstawie obrazu dwubarwnego (czarno-białego) przetworzonego z kompozycji RGB. Za pomocą tej metody możliwe jest wyróżnienie kontrastowych elementów krajobrazu, na przykład zabudowy lub innych istotnych obiektów. Następnie, za pomocą autorskiego programu Image Processing Toolbox, wykorzystującego środowisko MATLAB, obliczany jest udział powierzchni tych elementów w analizowanym widoku. Inne proponowane charakterystyki wykorzystujące tak przygotowane dane to: średnia jasność obrazu, kształty obiektów, analiza kolorystyczna w kanałach RGB – pozwalający również na rozpoznanie obiektów.

Inną propozycją tych autorów (Ozimek i in. 2012) jest zastosowanie wymiaru fraktalnego (pudełkowego), którego obliczenie jest zaimplementowane w autorskim algorytmie. Pozwala on na stwierdzenie stopnia rozdrobnienia form oraz zróżnicowania kształtów i rozmiarów elementów w panoramie.

Analizę widoku za pomocą udziału procentowego różnych barw proponuje Cox (2003), za pomocą narzędzia Bitmap Colour Counter, skryptu opracowanego do programu 3D Studio Max. Autor wyróżnia obiekty oraz proporcje zajmowane przez nie w analizowanym widoku na podstawie udziału barw w modelu RGB. Pozwala to na ocenę charakteru widoku np. określony procent obiektów widocznych w zieleni świadczy o jego przyjaznym charakterze.

Guney i in. (2012) przedstawiają analizę linii nieba wyznaczonej dla widoku o szczególnych wartościach (zabytkowy krajobraz miejski). Analiza przeprowadzona za pomocą ArcGIS 3D Analyst obejmowała utworzenie trójwymiarowego modelu wysokościowego miasta, nałożenie tekstury na najważniejsze budynki tworzące widok oraz wyznaczenie „linii nieba” za pomo-

cą specjalnie skonstruowanych zapytań. Przeprowadzona analiza pozwoliła ocenić zmiany w widoku oraz stwierdzić obniżenie jego jakości, wyrażające się we wprowadzeniu regularnych kształtów.

Charakterystyki znaczeniowe obejmujące cechy uświadomione widoku lub krajobrazu służą do całościowej oceny charakteru widoku, np. piękno, tajemniczość, spójność, złożoność, czytelność, harmonia, właściwe proporcje elementów. Przeprowadzane są one w sposób ekspercki na podstawie zależności pomiędzy stwierdzonymi cechami a preferencjami obiorców widoku (np. Kaplan, Kaplan 1982; Stamps 2004). Jedną z pierwszych prób operacjonalizacji takich ocen podjęli Daniel i Boster (1976) w odniesieniu do piękna krajobrazu. Zastosowali oni metodę ankietową polegającą na przedstawieniu badanym zdjęć widoków terenów leśnych, które zostały ocenione w systemie punktowym. Wynikowy wskaźnik SBE (Scenic Beauty Estimates) odniesiony został to ocenianych terenów poprzez wykonanie mapy izoliniowej piękna krajobrazu. Dobrym przykładem oceny jakości widoku związanej z zastosowaniem wskaźników znaczeniowych, wykazującej potencjał do przynajmniej częściowych analiz cyfrowych, jest praca Michalik-Śnieżek i Chmielewskiego (2012), w której autorzy prezentują ocenę porównawczą panoram widokowych na podstawie ich cech przewodnich. Interpretacja prowadzona jest dla poszczególnych planów panoramy i zawiera ocenę: występujących rodzajów pokrycia terenu, elementów stanowiących dominanty, charakteru występujących akcentów (naturalne, kulturowe, pozytywne, negatywne), linie występujące w widoku, obecność kulis i elementów urozmaicających widok, zasięg widoku.

Ozimek i in. (2013) sprawdzają natomiast, które czynniki podnoszące i/lub obniżające atrakcyjność widokową krajobrazu poddają się modelowaniu komputerowemu. Analiza prowadzona jest dla dużego obszaru studialnego widzianego z lotu ptaka. Jej wynikiem jest sporządzenie map atrakcyjności widokowej krajobrazu, zestawiających oba rodzaje czynników możliwych do modelowania

### 3.2. Zasięg oddziaływania wizualnego

Określenie zasięgu oddziaływania wizualnego projektu bazuje na numerycznym modelu terenu, a w miarę postępu możliwości technicznych (dostępność danych z lotniczego skanowania laserowego oraz moc obliczeniowa komputerów), coraz częściej uwzględniane są też numeryczne modele pokrycia terenu obrazujące zabudowę, roślinność i inne obiekty znajdujące się na powierzchni ziemi. Wielu autorów (np. Dudzińska i in. 2014; Tarajko-Kowalska 2015) zwraca uwagę, że w analizie należy również uwzględnić czynniki wpływające na percepcję obiektu, takie jak: odległość od obiektu, jego skalę i proporcje, pozycję obserwatora, czynniki atmosferyczne, pory roku czy warunki oświetlenia.

Typowym zastosowaniem GIS są mapy widoczności inwestycji, które są generowane na podstawie relacji wysokościowych pomiędzy ukształtowaniem i pokryciem terenu oraz pozycją i wysokością nowo powstałego obiektu. Dodatkowo zaleca się (Stryjecki, Mielniczuk 2011), aby tereny narażone na wpływ inwestycji, zostały podzielone na strefy potencjalnego wpływu, w ramach których istnieje możliwość zróżnicowania wpływu inwestycji przy uwzględnieniu odległości od obiektu. Jak podają Akincza and Mazur (2013), najczęściej wykorzystywaną metodą, a jednocześnie najbardziej uproszczoną, jest podział na cztery strefy widoczności określone dla terenu, bez uwzględnienia jego pokrycia (np. dla farm wiatrowych 0-2 km, 2-4,5 km, 4,5-7 km, powyżej 7 km). Autorzy podkreślają, że stosowanie typowych przedziałów odległości, w których analizowany jest wpływ farm wiatrowych, mogą nie być uniwersalne, ze względu na istnienie dodatkowych czynników wpływających na widoczność inwestycji, jak czynniki atmosferyczne, pory roku, warunki oświetlenia. Zdobywanie jednak tego typu danych stanowi duże wyzwanie.

Przykładem zastosowania takiego podejścia jest praca Visseringa i in. (2011), gdzie w prognozowanie widoczności biernej dla projektowanej farmy wiatrowej przeprowadzono w strefach odległości od projektowanej inwestycji. Stosując modele wysokościowe, rozróżniono trzy podstawowe typy pokrycia: tereny leśne, nie pokryte lasami i wody otwarte.

Identyfikacja obszarów, z których projekt będzie widoczny, jest jednym z najczęściej realizowanych za pomocą GIS etapów oceny (ArcGIS – viewshed, GlobalMapper – View Shed Calculation, GRASS – r.viewshed, QGIS – Viewshed Analysis). Warto też zwrócić uwagę na niestandardowy program oferujący analizy w ramach serwisu internetowego MOYSES (Manchado i in. 2013). W obecnej wersji 4.0, oprócz analizy zasięgu widoku oferuje on również możliwość obliczenia różnego rodzaju wskaźników (szczegółowo w dalszych rozdziałach).

W kontekście badań nad wpływem inwestycji na zmiany fizjonomiczne krajobrazu warto zwrócić uwagę na skumulowaną analizę widoczności (cumulative viewshed analysis) (Wheatley 1995), która służy do generowania map widoczności z wielu punktów jednocześnie (np. farma wiatrowa składająca się z wielu turbin rozmieszczonych na dużym obszarze), bądź dotyczących dużego obszaru nowej inwestycji (np. duży zbiornik wodny, zakład przemysłowy). Analiza taka jest dostępna w kilku popularnych pakietach oprogramowania GIS (np. ArcGIS – Observer Points, GRASS – r.cva, QGIS – Visibility Analysis Plugin (VAP)), jednak nie jest dostępna w specjalizowanym oprogramowaniu do analiz wizualnych np. WindPro. Pelen przegląd zastosowań skumulowanej analizy widoczności oraz zagadnień metodycznych przedstawia Seker (2010), autor ostatniego z narzędzi (VAP).

Modele widoczności wykonywane na bazie numerycznych modeli wysokościowych (terenu i pokrycia terenu) bywają poddawane krytyce ze wzglę-



du na ich dokładność (np. generalizacja kształtów), brak uwzględnienia istotnych czynników wpływających na widoczność, problemy z operatywnością dla inwestycji wielkopowierzchniowych, np. pojedyncza turbina a farma wiatrowa czy duży zbiornik wodny. Kompleksową analizę dokładności modeli widoczności przeprowadził Wood (2000), który podaje ocenę ilościową błędów uzyskiwanych przy użyciu metod GIS wraz ze wskazaniem przyczyn. Również Roth (2015) wskazuje, że różne programy GIS podają różne wyniki dla tych samych danych, np. istnieje różnica pomiędzy zasięgiem widoku utworzonym w ArcGIS w porównaniu z GRASS i apeluje o świadomy wybór narzędzi analiz, których wyniki pociągają za sobą podejmowanie ważnych decyzji inwestycyjnych. Inni autorzy jako rozwiązanie proponują uwzględnienie niepewności wyników analizy za pomocą na przykład rozmytych lub probabilistycznych stref widoczności (Palmer, Felleman 1991; Fisher 1993; Nackaerts i in. 1999).

Prognozowanie widoczności czynnej opiera się na podobnej zasadzie co wyznaczenie stref widoczności. Analiza prowadzona jest z pozycji obserwatora, która symulowana jest poprzez punkty widokowe i obiekty liniowe, np. ciągi komunikacyjne, linie zabudowy. Odnośnie do pierwszych istnieje możliwość zbadania częstotliwości obserwacji na podstawie, np. liczby i długości odcinków drogi eksponowanych na widok czy natężenia ruchu lub liczby mieszkańców danej miejscowości. Analizy te są standardowo obsługiwane przez narzędzia GIS.

W literaturze dostępne są również rozwiązania pozwalające na uszczegółowienie standardowej procedury. Na przykład Czyńska (2011) proponuje narzędzie opracowane odnośnie do programu AutoCad w języku AutoLisp pozwalające na wyznaczenie kątów widokowych z wykorzystaniem wysokościowego modelu miasta. Wynikiem analizy jest mapa kątów widokowych wobec określonego punktu widokowego, pozwalająca na uzupełnienie analizy zasięgu ekspozycji terenu.

Proponowane są też metody odniesienia odległości od inwestycji oraz jej rozmiarów do percepcji wpływu wizualnego (Shang, Bishop 2000; Iverson 1985), jednak w praktyce są one rzadko stosowane za pomocą GIS. Jednym z nielicznych przykładów wdrażających tę metodę jest *r.wind.sun*, narzędzie opracowane odnośnie do GRASS. Jest to rozwiązanie przeznaczone do wykorzystania w farmach wiatrowych oraz panelach fotowoltaicznych; umożliwia ono uwzględnienie wielu z wymienionych czynników.

### 3.3. Wizualizacja i ocena przewidywanych zmian

Symulacje obrazujące zmiany w krajobrazie w wyniku realizacji inwestycji najczęściej wykonywane są za pomocą fotomontaży (Landscape Institute 2013). Wykorzystywane są także techniki mieszane, łączące numeryczny mo-

del terenu z danymi fotograficznymi. Według Forczek-Brataniec, Nosalskiej (2011) stwarza to możliwości testowania działań przestrzennych w postaci wizualizacji wszelkich potencjalnych ingerencji w krajobraz. Przy wizualizacji zmian zastosować można także jeden z dostępnych programów do symulacji trójwymiarowych, do którego wprowadzane są dane o ukształtowaniu terenu i jego pokryciu oraz modelowane są realistyczne panoramy. Do tej grupy narzędzi należą rozwiązania ułatwiające przygotowanie zaawansowanej technicznie symulacji widoku po wprowadzeniu zmian, np. Visual Nature Studio. Inne programy są również wyposażone w podstawowe narzędzia analityczne. Na przykład WindPro pozwala też m.in. na ocenę zasięgu oddziaływania widoku. Możliwości prezentacyjne powodują, że narzędzia te są bardzo użyteczne do komunikowania wizualnych skutków inwestycji, jak również dobrze sprawdzają się w ocenie jakościowej. Jednak nie są one zwykle wyposażone w narzędzia do ilościowej oceny zmian.

Założenia metodyczne do ilościowej oceny zmian w widoku przedstawiono np. odnośnie do lasów w Kolumbii Brytyjskiej w Kanadzie (Ministry of Forests 2001). Analiza taka stała się podstawą oceny wpływu wycinki drzew na jakość widoku. Autorzy proponują kilkustopniową procedurę, której częścią jest opracowanie scenariuszy zmian. Wybór scenariuszy zależy od celów kształtowania widoku, którym podporządkowane są działania gospodarcze. Cele te odniesiono do udziału procentowego kluczowych elementów krajobrazu leśnego w zasięgu widoku. Na przykład jeżeli celem jest ochrona krajobrazu przed zmianą – nie powinny być widoczne żadne aktywności, jeżeli celem jest zachowanie charakteru krajobrazu – widoczne skutki aktywności nie powinny być dominujące. Ocenę stopnia wprowadzanej zmiany na poziomie lokalnym odniesiono do udziału procentowego zmiany w ramach jednostki krajobrazowej, np. udział: wyciętego drzewostanu, usuniętych gałęzi drzew, wprowadzonych elementów nienaturalnych, np. dróg dojazdowych. Co prawda w cytowanej publikacji metoda ta realizowana jest poprzez szkicowanie na fotografiach, ale posiada ona duży potencjał do wykonania cyfrowo.

Przykładem podobnego zastosowania, częściowo wdrażający powyższą metodykę, jest Visual Exposure Tool, oferujący połączenie zasięgu widoku wykonywanego z perspektywy lotu ptaka z trójwymiarową wizualizacją ekspozycji obiektów (Domingo-Santos *et al.* 2010). Narzędzie to pozwala na analizowanie i porównanie skutków różnych scenariuszy zmian w zagospodarowaniu przestrzennym.

Inną możliwością operacjonalizacji symulacji zmian są wcześniej cytowane cyfrowe metody opisu składowych widoku za pomocą wskaźników: Oziemek i in. (2013) – zastosowanie obrazów dwubarwnych służących do obliczenia wskaźników zmian (wymiar fraktalny, pudełkowy), udział powierzchni widoku zmienionej w określonym kierunku Guney i in. (2012) – wskaźniki

zmian w linii nieba Cox (2003) – Bitmap Colour Counter, wyróżniający składowe widoku, a co za tym idzie umożliwiające stwierdzenie zmian.

Identyfikacja obszarów szczególnie podatnych na zmiany związana jest określeniem wpływu inwestycji na tereny, w których mieszkańcy będą ekspozycyjni na zmiany. Dotyczy to terenów mieszkaniowych i wszelkiego rodzaju terenów publicznych (dróg, terenów zieleni, usług). Wyznaczenie takich obszarów może być przeprowadzone w GIS, co w połączeniu z zasięgiem widoku pozwala na uszczegółowienie analizy widoczności.

Przykładami narzędzi, które mogą być wykorzystane do określenia charakteru i intensywności oddziaływania inwestycji są: wskaźnik oddziaływania wizualnego (visual impact indicator) oraz wskaźnik jednoczesnego odtworzenia (rehabilitation simultaneity degree – RSD). Zostały one wskazane przez Komisję UE (EC 2002) oraz opisane w praktyce przez Radwanek-Bąk (2007) do oceny wpływu wizualnego wyrobisk odkrywkowych. Pierwszy z nich jest funkcją wysokości odsłoniętej powierzchni wyrobiska widzianej z kilku punktów pomiarowych i odległości obserwatora od obiektu. Drugi (RSD) jest rozumiany jako stosunek wielkości obszaru zmienionego w wyniku eksploatacji do wielkości obszaru objętego zezwoleniem na eksploatację. Zdaniem autorek wskaźnik taki może zostać wdrożony narzędziowo do wykorzystania w GIS, jak również potencjalnie przy określeniu zmian widoku innego rodzaju inwestycji, np. na skutek wprowadzenia nowej zabudowy.

Innym podejściem jest wyznaczenie obszarów o uznanej wartości widokowej oraz zbadanie wpływu inwestycji na zmiany w ich panoramach. Przykładem jest analiza możliwości lokalizacji obiektów wysokościowych w aspekcie ochrony panoramy miasta (BPP UMK 2009). Analiza widoczności przedpola i tła chronionej sylwety przeprowadzona została z głównych punktów widokowych w mieście, na podstawie informacji o lokalizacji linii widoku chronionego w numerycznym modelu wysokościowym zabudowy wygenerowanym z danych LIDAR. Wynikiem analizy jest wyznaczenie stref, w których inwestycje wysokościowe nie mogą być lokalizowane ze względu na możliwość zasłonięcia zabytkowej sylwety miasta lub konkurowania z nią w ramach tła. Analiza ta nie została co prawda zrealizowana metodą zautomatyzowaną, niemniej jednak stanowi ona potencjał do zastosowania w GIS.

Program MOYSES (Manchado i in. 2013), pozwala na obliczenie wskaźników wpływu wizualnego dla farm wiatrowych, oparte na tzw. metodzie hiszpańskiej (Hurtado i in. 2004): liczba turbin widoczna z wybranego terenu, powierzchnia terenów zabudowy z których widoczna jest farma, parametry geometryczne terenu na którym znajduje się farma, odległość pomiędzy wybranym poligonem a farmą, liczba ludności w wyznaczonym zasięgu.

Na potrzeby określenia zasięgu oddziaływania wykonywana jest także analiza zdolności widoku do absorpcji zmian (Visual Absorption Capacity). Rozumiana jest ona jako zdolność widoku do przyjęcia nowych elementów

zagospodarowania bez utraty cech charakterystycznych istniejącego widoku (Smardon i in. 1987). Przegląd metod związanych z określaniem współczynnika VAC (Visual Absorption Capacity) przedstawia Krajewski (2012). Ozimek i Ozimek (2009) przedstawiają metodę analizy VAC co do widoku chronionego w pełni wykorzystującą wsparcie GIS. Autorzy proponują wykresy chłonności widokowej terenu uzyskane poprzez uzupełnienie map widoczności z głównych punktów widokowych, bazujących na numerycznym modelu wysokościowym, o kurtyny widokowe, składające się z obecnej lub proponowanej roślinności. Na tej podstawie przeprowadzono wolumetryczną analizę cienia, która pozwoliła na uzyskanie maksymalnej wysokości zabudowy niekonkurującej z obecnym widokiem. Co prawda autorzy wskazują wiele wad zastosowania metod GIS przy omawianej analizie, jednak w czasach technologii LIDAR, opracowana przez nich metoda stanowi dobry przykład możliwości wprowadzenia podejścia do praktyki.

### 3.4. Określenie środków łagodzących oddziaływanie wizualne

Rozwiązania dotyczące środków łagodzących oddziaływanie wizualne inwestycji są związane najczęściej ze skalą szczegółową dotyczącą lokalizacji poszczególnych elementów infrastruktury technicznej oraz wspomagającej. Rozwiązania te zatem realizuje się na poziomie projektowym (np. OTAK 2007). Opracowanie szczegółowych rozwiązań, np. strategia lokalizacji infrastruktury w taki sposób, żeby była najmniej widoczna, realizowane jest najczęściej w programach służących do projektowania np. AutoCad. Ważne jest, żeby projekty takie zostały odniesione do powierzchni ziemi za pomocą układu współrzędnych.

Zastosowanie GIS może być w tym zakresie związane z optymalizacją lokalizacji inwestycji ze względu na czynniki ograniczające. Istnieje też zautomatyzowane rozwiązanie dostępne w ramach programu MOYSES (Manchado i in. 2013) który oferuje wyznaczenie stref w których lokalizacja inwestycji może zmniejszyć jej oddziaływanie. Program odnosi poszczególne warianty lokalizacji do wskaźników wpływu inwestycji.

Innym przykładem jest program VIRAMMS, którego możliwości obejmują identyfikację środków łagodzących oddziaływanie wizualne turbin wiatrowych, polegające m.in. na wyborze optymalnej lokalizacji inwestycji ze względu na możliwość jej ekranowania przez ukształtowanie terenu lub roślinność (Sullivan i in. 2012).

Do jakościowego określania środków łagodzenia skutków wizualnych, wykorzystywane są również programy do modelowania symulacji widoku po wprowadzeniu zmian, np. Visual Nature Studio. Zaletą ich wykorzystania jest możliwość oceny efektywności zastosowanych środków minimalizujących zmiany przed ich wdrożeniem.

#### 4. Dyskusja i wnioski

Na podstawie analizy różnych metodyk oceny oddziaływania wizualnego Churchward i in. (2013) sformułowali pożądane cechy, jakimi powinny się charakteryzować metody i procedury związane z oceną wizualnego wpływu przedsięwzięć. Są to m.in.: obiektywność, niezawodność, powtarzalność, precyzyjność, wszechstronność czy użyteczność.

Metodyka wykonywania analiz wizualnych za pomocą GIS znacząco wspomaga spełnienie wyżej wymienionych wymogów przy wykonywaniu ocen. Technologia ta bazuje bowiem na obiektywnej ocenie oraz wymaga precyzji wprowadzanych danych. Analizy przestrzenne, w których uwzględnia się kilka czynników, wykonywane są na podstawie danych ilościowych. Istnieje też możliwość wprowadzenia danych jakościowych oraz wykonania z nich map, ale ich analizowanie wymaga przejścia na dane ilościowe. Dwie kolejne cechy również wynikają z natury narzędzia, jakim jest GIS, są nimi powtarzalność procedury oraz możliwość skonstruowania jej w sposób uniwersalny. Forma dostarczania wyników w postaci map oraz statystyk sprawia, że są one zrozumiałe i bardziej użyteczne niż odpowiadające im dane w formie opisowej. Z natury GIS wynika też czytelność realizowanej procedury, która powinna być opisana schematem analizy, w związku z czym wyniki mogą być przekonywujące.

Metody GIS nie pozwalają obecnie na pełną automatyzację oceny wizualnego wpływu. Obecnie tylko dwa etapy, omawianej w niniejszym artykule, procedury są standardowo realizowane za pomocą narzędzi cyfrowych: charakterystyka inwestycji oraz określenie zasięgu oddziaływania wizualnego. Bardziej szczegółowe badania nadal najczęściej wykonywane są metodami eksperckimi: identyfikacja obszarów szczególnie podatnych na zmiany, identyfikacja zasobów wizualnych, ocena jakości wizualnej oraz określenie rozmiaru zmian. W literaturze obecne są propozycje rozwiązań ilościowych wobec niektórych zagadnień z tego zakresu. Mają one jednak charakter eksperymentalny lub nie zostały implementowane w standardowych narzędziach. Symulacja zmian również realizowana jest w sposób ekspercki, choć jest reprezentowana w dużej liczbie dostępnych na rynku narzędzi. Jednak oprócz dużych możliwości wizualizacyjnych nie oferują oceny ilościowej.

Narzędzia cyfrowe pokrewne do GIS tworzą możliwość wizualizacji relacji pomiędzy różnymi ocenianymi elementami w czasie i przestrzeni, a także znacznie ułatwiają kompleksowe wariantowanie rozwiązań. W powiązaniu z dużymi możliwościami prezentacyjnymi stanowią one bardzo dobre narzędzie do komunikowania wyników, np. prowadzenia konsultacji z zainteresowanymi stronami, jak współpracownicy w projekcie, samorządy, społeczeństwo.



Przedstawiony powyżej przegląd literatury wykazał, że obecnie istnieje potencjał techniczny umożliwiający włączenie szerszego zakresu ocen ilościowych do procedury oceny wizualnego wpływu przedsięwzięć na krajobraz. Szczególnie cyfrowe metody oceny jakości panoram stanowią obecnie bardzo przyszłościowy kierunek rozwoju narzędzi pozwalających na operacjonalizację sposobu obliczania charakterystyk określanych jako znaczeniowych. Jest to przesłanka do dalszych badań.

### Literatura

- ADAMCZYK J., TIEDE D. (in press CAGEO-D-15-00482). ZonalMetrics – a Python toolbox for zonal landscape structure analysis, *Computers & Geosciences*.
- AKINCZA M., MAZUR A. 2014. Wpływ elektrowni wiatrowych na krajobraz kulturowy Warmii, Mazur i Powiśla. *Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr. OL PAN IX/1*: 7-17.
- BOSTER R.S., DANIEL T. C. 1976. Measuring Landscape Esthetics: The Scenic Beauty Estimation Method. USDA Forest Service Research Paper RM-167.
- BPP UMK 2009. Możliwości lokalizacji obiektów wysokościowych w aspekcie ochrony panoramy miasta Krakowa – analiza. Biuro Planowania Przestrzennego, Urząd Miasta Krakowa.
- CHURCHWARD C., PALMER F.J., NASSAUER I.J., SWANWICK C.A. 2013. Evaluation of Methodologies for Visual Impact Assessments. NCHRP REPORT 741, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington.
- COX C. 2003. The use of computer graphics and virtual reality for visual impact assessments. PhD thesis, University of Nottingham.
- CZYŃSKA K. 2011. Panorama ze wzgórza Czwartek w Lublinie – analiza widoczności zabudowy metodą kątów widokowych, *Przestrzeń i Forma* 15: 303-310.
- DANESE M., LAS CASAS G., MURGANTE B. 2008. 3D Simulations in Environmental Impact Assessment, *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008*, Volume 5072 of the series *Lecture Notes in Computer Science*: 430-443.
- DOMINGO-SANTOS J.M., DE VILLARÁN R.F., RAPP-ARRARÁS I., CORRAL-PAZOS DE PROVENS E. 2011. The visual exposure in forest and rural landscapes: An algorithm and a GIS tool. *Landscape and Urban Planning*, 101 (15): 52-58. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.11.018.
- DRAMSTAD W.E., SUNDLI TVEIT M., FJELLSTAD W.J., FRY G.L.A. 2006. Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure, *Landscape and Urban Planning* 78: 465-474. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.12.006.
- DUDZIŃSKA A., ŚWIERK D., JELENIEWSKA M., URBAŃSKI P. 2014. Perception-Based Valuation of Landscape in the Area around Lake Rusałka in Poznań, Poland, using Wejchert's Impression Curve Method. *Barometr Regionalny* 12 (1): 79-88.
- EC 2002, Commission Decision 2002/272/EC of 25 March 2002 – Establishing the ecological criteria for the award of the Community eco-label to hard floor-coverings. *OJ No L* 94, 11.04.2002: 13-27.
- FISHER P.F. 1993. Algorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis. *International Journal of Geographical Information Systems* 7: 331-374. doi: 10.1080/02693799308901965.
- FORCZEK-BRATANIEC U., NOSALSKA P. 2011. Krajobraz widziany z bieszczadzkich dróg – studium i koncepcja ochrony walorów widokowych. *Roczniki Bieszczadzkie* 19: 359-374.



- GIEDYCH R. 2016. Ocena wizualnego wpływu przedsięwzięć na krajobraz – nowe wyzwania dla ocen środowiskowych. *Przestrzeń i Forma* 26: 105-114.
- GOBSTER P.H., NASSAUER J.I., DANIEL T.C., FRY G. 2007. The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology? *Landscape Ecology* 22: 959-972. doi:10.1007/s10980-007-9110-x.
- GUNEY C., GIRGINKAYA S.A., CAGDAS G., YAVUZ S. 2012. Tailoring a geomodel for analyzing an urban skyline. *Landscape and Urban Planning* 105: 160-173. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.12.016.
- HURTADO J., FERNÁNDEZ J., PARRONDO J., BLANCO D. 2004. Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8 (5): 483-491. doi:10.1016/j.rser.2003.12.009.
- IVERSON W. D. 1985. And that's about the size of it: Visual magnitude as a measurement of the physical landscape. *Landscape Journal* 4 (1): 14-22. doi: 10.3368/lj.4.1.14.
- KAPLAN, S., KAPLAN R. 1982. *Cognition and environment: Functioning in an uncertain world*. 287 pp. Praeger, New York.
- KRAJEWSKI P. 2012. Możliwości zastosowania oceny pojemności krajobrazu w planowaniu przestrzennym na obszarach podmiejskich. *Architektura Krajobrazu* 3: 22-29.
- LANDSCAPE INSTITUTE. 2013. *Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment*. 3rd Edition. 183 pp. Routledge, London.
- LANG S., TIEDE D. 2003. vLATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. *ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck*.
- MANCHADO C., OTERO C., GOMEZ-JAUREGUI V., ARIAS R., BRUSCHI V., CENDRERO A. 2013. Visibility analysis and visibility software for the optimisation of wind farm design. *Renewable Energy* 60: 388-401. doi:10.1016/j.renene.2013.05.026.
- MATSUOKA R.H., KAPLAN. R. 2008. People needs in the urban landscape: Analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and Urban Planning* 84 (1): 7-19. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.09.009.
- MCGARIGAL K., MARKS B.J. 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. General Technical Report, PNW-GTR-351, Portland, OR USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- MICHALIK-ŚNIEŻEK M., CHMIELEWSKI T. 2012. Analiza porównawcza kompozycji panoram widokowych Płaskowyżu Nałęczowskiego i Rostocza Zachodniego. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 33: 327-342.
- MINISTRY OF FORESTS. 2001. Ministry of Forests, Forest Practices Branch. 2001. *Visual Impact Assessment Guidebook*. 2nd ed. For. Prac. Br., Min. For., Victoria, B.C.
- NACKAERTS K., GOVERS G., VAN ORSHOVEN J. 1999. Accuracy assessment of probabilistic visibilities. *International Journal of Geographical Information Science* 13 (7): 709-721. doi:10.1080/136588199241076.
- NICHOLSON D.T. 1995. The visual impact of quarrying. *Quarry Management* 22/7: 39-42.
- OVERHOLZER B. 2005. Guidelines for involving visual, aesthetic specialists in EIA processes: Edition 1. CSIR Report No ENV-S-C 2005 053 F. Republic of South Africa, Provincial Government of the Western Cape, Department of Environmental Affairs, Development Planning, Cape Town.
- ORLAND B. 1994. Visualization techniques for incorporation in forest planning geographic information systems. *Landscape and Urban Planning* 30: 83-97. doi:10.1016/0169-2046(94)90069-8.
- OTAK 2007. *Visual Mitigation Guidelines for Oil and Gas Facilities in La Plata County, Colorado*.
- OZIMEK P., OZIMEK A. 2009. Badanie chłonności krajobrazowej przy użyciu przestrzennego modelu cyfrowego. *Nauka Przyroda Technologie*, 3 (1): 1-13.

- OZIMEK P., BŮHM A., OZIMEK A., WAŃKOWICZ W. 2013. Planowanie przestrzeni o wysokich wartościach krajobrazowych przy użyciu cyfrowych analiz terenu wraz z ocenę ekonomiczną, ss. 214. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- PALMER J.E. 2000. Reliability of rating visible landscape qualities. *Landscape Journal* 19 (1-2): 166-178. doi: 10.3368/lj.19.1-2.166.
- PALMER J.E. 2004. Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. *Landscape and Urban Planning* 69: 201-218. doi:10.1016/j.land-urbplan.2003.08.010.
- PALMER J.F., FELLEMAN J.P. 1991. The importance of topographic error in visibility modeling and its representation for decision making. W: L. BRINK (ed.). *Selected works: Council of educators in landscape architecture 90 conference*. Landscape Architecture Foundation.
- POLAT A.T., AKAY A. 2015. Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry, Urban Greening* 14 (3): 573-582. doi:10.1016/j.ufug.2015.05.009.
- RADWANEK-BAK B. 2007. Oddziaływanie wizualne wyrobisk odkrywkowych na przykładzie wybranych obiektów w Małopolsce. *Przegląd Geologiczny*, 55 (12/2): 1143-1148.
- REMPEL R.S., CARR A.P., ELKIE P., KUSHNERIUK R. 2003. Patch Analyst Extension for ArcView: Version 3.1. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.
- ROTH M., JUNKER S., TILK C., HAUBAUM A. 2015. Critical Investigation of Validity in Visibility Analysis of Energy Infrastructure. W: E. BUHMANN, S.M. ERVIN, M. PIETSCH (eds.). *Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2015 at Anhalt University of Applied Sciences..* Herbert Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach.
- RYGIEL P. 2005. Współczynnik wrażliwości wizualnej krajobrazu (visual sensitivity) i możliwości jego zastosowania w pracach planistycznych w mieście, Politechnika Krakowska [rozprawa doktorska].
- SCOTTISH NATURAL HERITAGE. 2002. Visual Assessment of Windfarms Best Practice. Scottish Natural Heritage Commissioned Report F01AA303A, Edinburgh, UK.
- SEKER C. 2010. Weighted multi-visibility analysis on directional paths. A thesis submitted to the Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12612843/index.pdf> (dostęp: styczeń 2016).
- SHAFFER E.L., MIETZ J. 1970. It Seems Possible to Quantify Scenic Beauty in Photographs, U.S.D.A. Forest Service Research Paper Ne-162.
- SHANG H., BISHOP I.D. 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings. *Journal of Environmental Psychology*, 20 (2): 125-140. doi:10.1006/jevp.1999.0153.
- SMARDON R.C. 1979. Prototype Visual Impact Assessment Manual. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California.
- SMARDON R.C., PALMER J.E., FELLEMAN J.P. 1987. *Foundations for visual project analysis*. 374 pp. Wiley, New York.
- STAMPS A.E. 2004. Mystery, complexity, legibility and coherence: A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 24 (1): 1-16. doi:10.1016/S0272-4944(03)00023-9.
- STRYJECKI M., MIELNICZUK K. 2011. Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- SULLIVAN R., COTHREN J., WILLIAMSON M., SMITH P., MCCARTHY J., KIRCHLER L. 2012. Visual Resource Impact Assessment and Mitigation Mapping System for Utility-scale Wind Energy Facilities. Argonne National Laboratory. <http://visualimpact.anl.gov/viramms/docs/VIRAMMS.pdf>.
- TARAJKO-KOWALSKA J. 2015. Factors affecting the visual perception of colour in rural architecture and landscape. *Technical Transactions. Architecture 1-A*: 131-164.

- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. 1988. Visual Resource Assessment Procedure, Washington D.C.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FOREST SERVICE. 1974. National forest landscape management vol.2. U.S.Gov. Printing Office, Washington D.C.
- U.S. DEPARTMENT OF INTERIOR. BUREAU OF LAND MANAGEMENT. 1975a. Bureau of Land Management Manual 6300s Visual Resource Management, U.S.D.I. Bureau of Land Management, Washington D.C.
- U.S. DEPARTMENT OF INTERIOR. BUREAU OF LAND MANAGEMENT. 1975b. Bureau of Land Management Manual 6320 Visual Resource Contrast Rating, U.S.D.I. Bureau of Land Management, Washington D.C.
- U.S. DEPARTMENT OF INTERIOR. BUREAU OF LAND MANAGEMENT. 2013. Reducing Visual Impact of Renewable Energy Facilities. First Edition. Wyoming State Office.
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1986. Visual Impact Assessment for Highway Projects FHWA-VIA, Office of Environmental Policy, Washington D.C.
- VISSERING, J., SINCLAIR M., MARGOLIS A. 2011. A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects. Clean Energy States Alliance.
- WHEATLEY D. 1995. Cumulative viewshed analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application. W: G. LOCK, Z. STANČIĆ (eds.). Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective, pp. 171-185. Taylor, Francis.
- WOOD G. 2000. Is what you see what you get?: Post-development auditing of methods used for predicting the zone of visual influence in EIA. Environmental Impact Assessment Review 20 (5): 537-556. doi:10.1016/S0195-9255(00)00055-X.

## **Opportunities and limitations of using GIS techniques in the visual impact assessment of projects**

### Summary

Visual Impact Assessment is one of the essential parts of the environmental impact assessment (EIA). In many countries, they were developed comprehensive guidelines for the preparation of such assessments, but few of them refer directly to the possibility of using digital spatial analysis.

The aim of the article is to present the state of the art in performing these assessments in the light of the possibility of their objectification as a result of the application of quantitative methods. We examined the use of geoinformation tools (including GIS) for the visual studies which are most commonly used in the EIA procedure.

The result revealed that the characteristics of the visual resources, the viewshed analysis, visualization and evaluation of anticipated changes and the development of mitigation measures of visual impact, are now possible to a certain extent to perform with the GIS tools. However, despite a high number of available tools, they do not offer a full quantitative assessment.

The study leads to the following conclusions: GIS methods cannot yet be a fully automated assessment of the visual impact. However, benefit from their use is the possibility to perform a multicriteria analysis and choose the best solution. GIS tools to facilitate the presentation of the results e.g. for purposes of public consultation.

**KEY WORDS:** GIS, spatial analysis, visual impact assessment

**SŁOWA KLUCZOWE:** GIS, analizy przestrzenne, ocena oddziaływania wizualnego

## **PROPOZYCJA NOWEJ METODY OCENY WIZUALNEGO ODDZIAŁYWANIA ELEKTROWNI WIATROWYCH NA KRAJOBRAZ**

### **Wstęp**

W ostatniej dekadzie sytuacja w energetyce wiatrowej w Polsce rozwijała się dynamicznie. Według Raportu pn. Energetyka Wiatrowa w Polsce 2015 moc farm wiatrowych na koniec czerwca 2015 r. wyniosła 4,1 GW, co stanowi około 10,8% całkowitej mocy zainstalowanej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym. Łączna liczba elektrowni wiatrowych w kraju wynosi 981 szt. Zgodnie z zapisami dyrektywy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, docelowy jej udział w Polsce w końcowym zużyciu w 2020 r. ma wynieść 15%. Biorąc pod uwagę ostatnie zmiany legislacyjne (ustawa z dn. 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych [Dz. U. z 2016 r. poz. 961]) należy się spodziewać zahamowania rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce.

Korzyści związane z pozyskiwaniem energii ze źródeł odnawialnych są powszechnie znane. Jednak obszar, na jaki oddziałują elektrownie wiatrowe, jest większy niż w przypadku lokalizowania konwencjonalnych elektrowni. Przed przystąpieniem do budowy elektrowni wiatrowej należy przeprowadzić szczegółowe analizy w zakresie ich potencjalnego oddziaływania na środowisko m.in. w zakresie emisji hałasu, oddziaływania na ptaki i nietoperze, oddziaływania na krajobraz. W zakresie metod obliczania hałasu zostały opracowane modele matematyczne i określone metody oceny. Powstały projekty wytycznych dotyczące oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki (Chylarecki i in. 2011) i nietoperze (Kepel i in. 2011). Ocena oddziaływania wizualnego elektrowni wiatrowych na krajobraz jest jednym z najbardziej subiektywnych czynników wpływających na decyzje o potencjalnej ich lokalizacji.

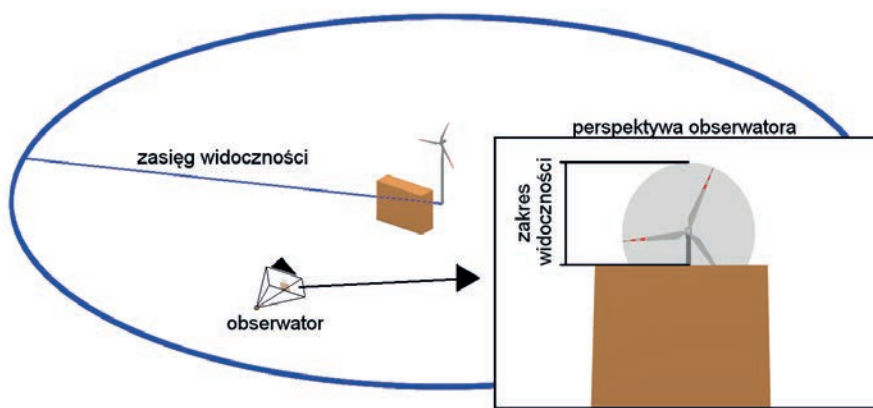
Dotychczas na świecie wypracowano kilka metod wizualnej oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz (Hurtado i in. 2004; Bishop i Miller 2007; Rodrigues i in. 2010; Molina-Ruiz i in. 2011; de Vries i in. 2012; Minelli i in. 2014; Manchado i in. 2015). Cały czas jednak poszukuje się metod, które pozwolą w jak największym stopniu zobiektywizować proces oceny wizualnego wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz.

Degórski i in. (Energetyka wiatrowa 2012) podkreślają, że wszystkie opracowane do tej pory metody nie pozwalają w prosty i obiektywny sposób ocenić wpływu elektrowni wiatrowych na estetykę krajobrazu, tak aby ocena taka mogła być podstawą unormowań prawnych. Myczkowski i in. (2012) informują, że brak instrukcji i procedur związanych z ocenami wpływu instalacji na krajobraz, stwarza dowolne możliwości interpretacji problemu. Natomiast Stryjecki i Mielniczuk (2011) podkreślają, że kwestie związane z oddziaływaniem elektrowni wiatrowych na krajobraz wymagają pilnie dalszych badań i prac, uszczegóławiających i poszerzających wiedzę z tego zakresu.

Widzialność elektrowni wiatrowej związana jest przede wszystkim z odległością obserwatora (Bishop i Miller 2007, de Vries i in., 2012), ale również zależna jest od rzeźby i pokrycia terenu, warunków jej oświetlenia, warunków atmosferycznych oraz od tego, czy elektrownia wiatrowa pracuje, czy znajduje się w spoczynku (Bishop i Miller 2007). Analiza widoczności elektrowni wiatrowych na terenie Europy prowadzona jest już od początku lat 90. ubiegłego stulecia. Maksymalny zasięg widoczności elektrowni wiatrowych o wysokości od 45 do 55 m wynosił maksymalnie do 20 km, natomiast elektrowni o wysokości od 70 do 95 m nawet do 30 km (Campaign for the Protection of Rural Wales 1999). Na przełomie wieków budowane były coraz wyższe elektrownie wiatrowe, a zasięg ich widoczności zdaniem Bishopa (2002) może przekraczać 30 km. Miller i in. (2010) sugerują, że maksymalny zasięg analizy powinien wynosić nie więcej niż 35 km. Natomiast Vissering i in. (2011) uważają, że analiza widoczności wysokich elektrowni wiatrowych położonych w otwartym terenie powinna wynosić około 40 km. Degórski i in. (Energetyka wiatrowa 2012), powołując się na badania Europejskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej, wyróżnili odnośnie do terenów nizinnych cztery strefy oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz. Strefa IV – najbardziej zewnętrzna, położona jest w odległości większej niż 7 km, jak pisze Degórski, w tej strefie elektrownie wiatrowe wydają się niewielkich rozmiarów i nie wyróżniają się znacząco w otaczającym je krajobrazie, a obrotowy ruch łopat wirnika z takiej odległości jest właściwie niedostrzegalny.

Celem pracy było opracowanie nowej kwantytatywnej metody oceny widoczności elektrowni wiatrowych, która integruje modelowanie w śro-

dowisku GIS z narzędziami grafiki 3D. Metoda pozwala na określenie zakresu i zasięgu widoczności elektrowni wiatrowej oraz pięciostopniową ocenę jej oddziaływania na krajobraz. Zasięg widoczności oznacza obszar, z którego elektrownia wiatrowa jest widoczna, natomiast zakres widoczności oznacza, jaka część elektrowni wiatrowej jest widziana przez obserwatora (ryc. 1).



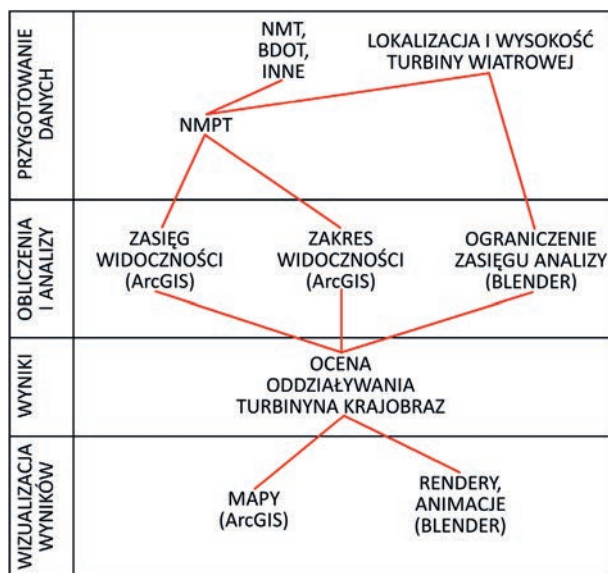
Ryc. 1. Zakres i zasięg widoczności elektrowni wiatrowej

## Materialy i metody

Ocenę oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz wykonano według schematu (ryc. 2). Wykorzystano dane pochodzące z bazy Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK). Na ich podstawie utworzono numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), który podzielono na dwa etapy. W pierwszym pozyskano dane dotyczące numerycznego modelu terenu w postaci zbioru punktów o interwale siatki wynoszącej co najmniej 100 m, które udostępniane są nieodpłatnie. Następnie na ich podstawie utworzono numeryczny model terenu (NMT) w postaci GRID, o rozdzielczości przestrzennej 10 m, za pomocą programu ArcGIS (ESRI) z rozszerzeniem 3D Analyst. W drugim etapie, NMT uzupełniono elementami pokrycia terenu, wykorzystując dane zawarte w Bazie Danych Obiektów Topograficznych (BDOT). Wysokości budynków określono w sposób uproszczony, mnożąc liczbę kondygnacji przez wysokość kondygnacji, za którą przyjęto 3 m. Wysokość natural-



nych form pokrycia terenu: lasów i zadrzewień, określono na podstawie informacji zawartych w Banku Danych o Lasach Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. W ten sposób utworzony NMPT był podstawą do dalszych obliczeń i analiz związanych z określeniem widoczności elektrowni wiatrowej.



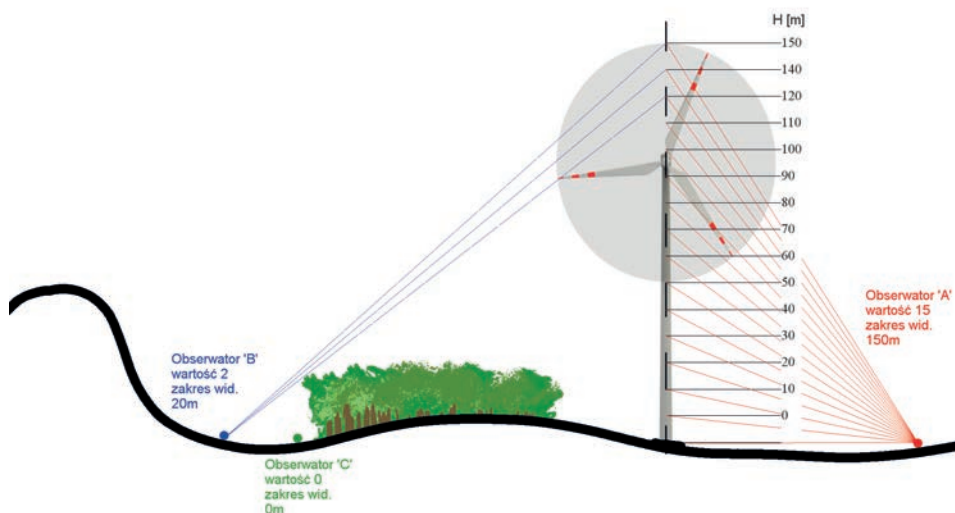
Ryc. 2. Schemat pracy

Następnie utworzono warstwę wektorową (shapefile), na której wskazano lokalizację elektrowni wiatrowej oraz określono jej wysokość. Przyjęto, że elektrownia zlokalizowana będzie w granicach Metropolii Poznań, a jej wysokość wynosić będzie 150 m.

Ocenę zasięgu widoczności elektrowni wiatrowej wykonano za pomocą narzędzia Viewshed dostępnego w programie ArcGIS z rozszerzeniem Spatial Analyst. Podczas analizy uwzględniono krzywiznę ziemi, wprowadzając współczynnik korygujący. Wynikiem analizy była rastrowa mapa o rozdzielczości 10 m, na której wartość 0 oznacza brak widoczności elektrowni wiatrowej, a 1 jej widoczność.

Ocena zakresu widoczności elektrowni wiatrowej polegała na 14-krotnym powtórzeniu analizy z wykorzystaniem narzędzia Viewshed. W kolejnych krokach, wysokość elektrowni obniżano o 10 m. Uzyskano w ten sposób łącznie 15 map rastrowych. W celu określenia zakresu widoczności elektrowni wiatrowej uzyskane wyniki zsumowano, wykorzystując narzędzie Raster Calculator, dostępne w programie ArcGIS. W wyniku takiego postępowania uzyskano mapę rastrową, na której wartości wynosiły od 0 do 15. Wartości te

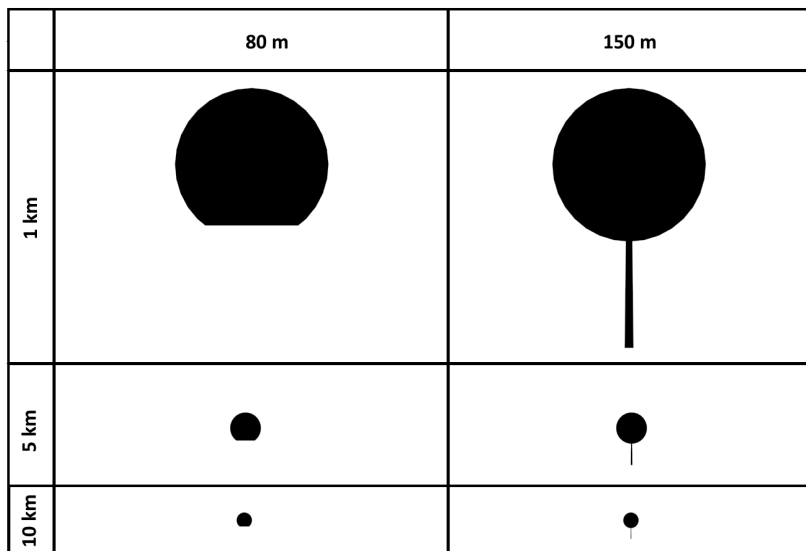
określają, ile 10-metrowych segmentów (licząc od góry) elektrowni wiatrowej jest widocznych dla obserwatora. Gdy wartość w komórce wynosi 15 – oznacza to, że cała elektrownia wiatrowa jest widoczna (obserwator A), 2 oznacza, że 20 m elektrowni jest widoczne, licząc od góry (obserwator B), 0 oznacza to, że elektrownia jest niewidoczna (obserwator C). Zastosowany sposób postępowania przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 3. Schemat wyznaczania zakresu widoczności elektrowni wiatrowej

Do ograniczenia zasięgu przestrzennego analizy oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz przeprowadzono symulacje 3D w programie Blender wersja 2.74. Blender jest profesjonalnym darmowym programem, pozwalającym na tworzenie wizualizacji i animacji 3D. Program Blender wykorzystano do symulacji widoczności elektrowni wiatrowej z perspektywy frontальной. Podczas symulacji założono najbardziej niekorzystny wariant pod względem widoczności: elektrownia wiatrowa ma kolor czarny, natomiast tło ma kolor biały. Łopaty wirnika elektrowni wiatrowej będą przedstawione jako koło na nich opisane (ryc. 4).

Do każdego z wariantów przygotowano rendery (zdjęcia wykonane w programie Blender) w zakresie od 1 km do 20 km, z krokiem co 1 km. Podczas symulacji uwzględniono pełną zmienność zakresu widoczności elektrowni wiatrowej w zakresie od 10 do 150 m. Rendery zostały przygotowane z rozdzielczością 1920 × 1080 pikseli przy założeniu wirtualnej kamery o rozmiarze matrycy odpowiadającej pełnej klatce (36 × 24 mm) i ogniskowej obiektywu równej 50 mm. Na podstawie renderów określono procentowo powierzchnię zajmowaną przez elektrownie wiatrową w odniesieniu do całkowitego pola widoku.



Ryc. 4. Widoczność elektrowni wiatrowej na renderach (zakres widoczności 80 i 150 m – odległość 1 km, 5 km, 10 km)

Za pomocą dostępnej wtyczki Blender GIS addon możliwe było zaimportowanie plików rastrowych i wektorowych ze środowiska GIS do środowiska Blender. Pozwoliło to na budowę trójwymiarowego realistycznego modelu analizowanego obszaru na podstawie NMT i plików shape oraz umieszczenie w nim modelu elektrowni wiatrowej (ryc. 5).



Ryc. 5. Model elektrowni wiatrowej opracowany w programie Blender

Weryfikację poprawności zbudowanego modelu elektrowni wiatrowej przeprowadzono, porównując model z fotografiami pracujących elektrowni wiatrowych – przykład dla obserwatora znajdującego się w odległości 3 km od elektrowni wiatrowej przedstawiono na rycinie 6. Fotografie wykonano za pomocą aparatu Canon EOS 50D z matrycą APS-C i obiektywem z ogniskową 31 mm. Ustawienia takie stanowią ekwiwalent ustawień aparatu, za pomocą którego w programie Blender wykonano render. Wynik porównania wskazuje, że ustawienia modelu w programie Blender odpowiadają rzeczywistości.



Ryc. 6. Porównanie istniejącej elektrowni wiatrowej z modelem zbudowany w programie Blender

Analiza fotorealistycznych renderów oraz animacji w odniesieniu do procentowej powierzchni zajmowanej przez elektrownię wiatrową w całkowitym polu widoku pozwoliła na ograniczenie zasięgu analizy. Założono, że gdy elektrownia na renderze zajmuje mniej niż 0,02%, to jej widoczność jest mocno ograniczona, co stanowi podstawę do zawężenia zasięgu analizy przestrzennej. W wyniku przyjętych wyżej opisanych założeń obliczono, że analiza zasięgu oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz powinna zostać ograniczona do 12 km w przypadku widoku frontalnego.

Aby zaproponowana metodyka mogła być wykorzystywana w praktyce do oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz, zaproponowano pięciostopniową skalę oceny. Skalę opracowano na podstawie analizy pól powierzchni zajmowanych przez elektrownię na renderach oraz wizualizacji przeprowadzonych w programie Blender (tabela 1).

**Tabela 1.** Skala oddziaływania elektrowni wiatrowych

| Procentowy udział elektrowni wiatrowej w odniesieniu do pola widoku (%) | Skala oceny | Oddziaływanie |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| > 1,02                                                                  | 5           | bardzo silne  |
| 0,27 – 1,01                                                             | 4           | silne         |
| 0,07 – 0,26                                                             | 3           | znaczące      |
| 0,04 – 0,06                                                             | 2           | umiarkowane   |
| 0,02 – 0,03                                                             | 1           | słabe         |

Zaproponowaną skalę oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz w zależności od zakresu jej widoczności, odległości i położenia obserwatora przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Skala ocen oddziaływania elektrowni wiatrowej o wysokości na 150 m na krajobraz

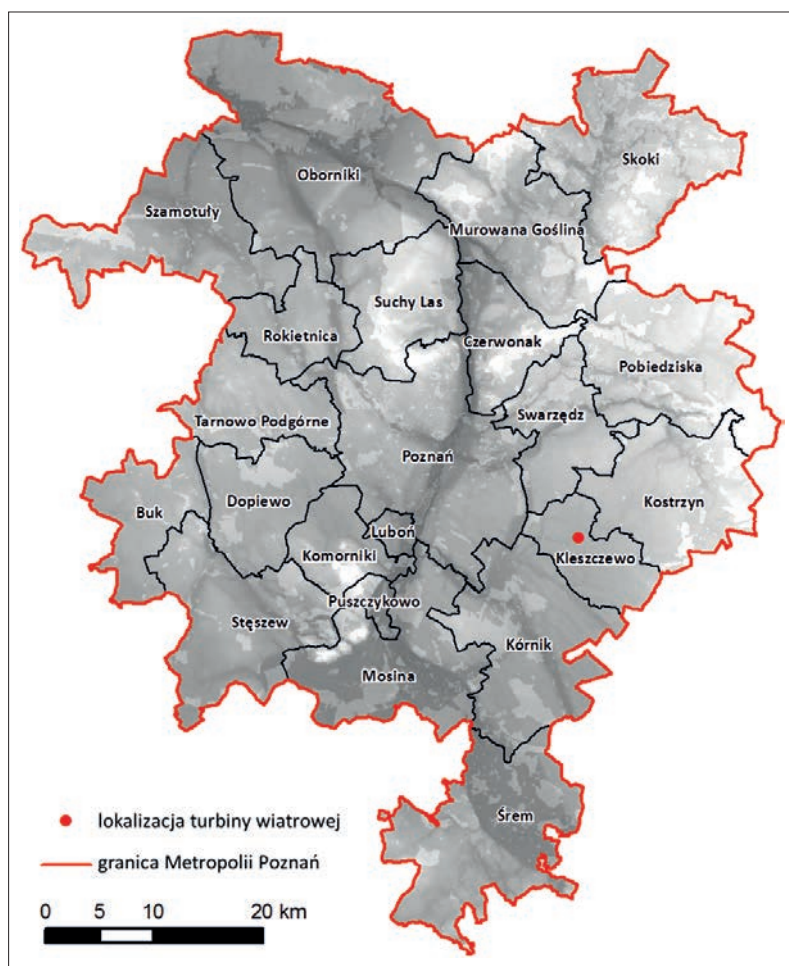
| Odległość [km] | Zakres widoczności elektrowni wiatrowej [m] |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|----------------|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                | 10                                          | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
| 1              | 3                                           | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
| 2              | 2                                           | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| 3              | 1                                           | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| 4              | 0                                           | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 5              | 0                                           | 0  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 6              | 0                                           | 0  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 7              | 0                                           | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 8              | 0                                           | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 9              | 0                                           | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 10             | 0                                           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 11             | 0                                           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 12             | 0                                           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |

## Wyniki

Użyteczność opracowanej metodyki przedstawiono na przykładzie obszaru Metropolii Poznań, w której rozważa się możliwości budowy instalacji do produkcji energii ze źródeł odnawialnych w tym elektrowni wiatrowych. Metropolia Poznań w granicach opisanych w Koncepcji Kierunków Rozwoju Metropolii Poznań (Kaczmarek 2016) zajmuje około 11% województwa wielkopolskiego, zamieszkuje ją około 1 mln osób, co stanowi około 30% mieszkań-

ców województwa wielkopolskiego. Metropolię tworzy miasto Poznań oraz 21 gmin (Buk, Czerwonak, Dopiewo, Kleszczewo, Komorniki, Kostrzyn, Kórnik, Luboń, Mosina, Murowana Goślina, Oborniki, Pobiedziska, Puszczykowo, Rokietnica, Skoki, Stęszew, Suchy Las, Swarzędz, Szamotuły, Śrem, Tarnowo Podgórne), które otaczają miasto w układzie dwóch pierścieni. Na podstawie wybranych kryteriów środowiskowych i prawnych w jej granicach wyznaczono potencjalne miejsca, w których możliwa byłaby budowa wież elektrowni wiatrowych (Pyszny i in. 2015).

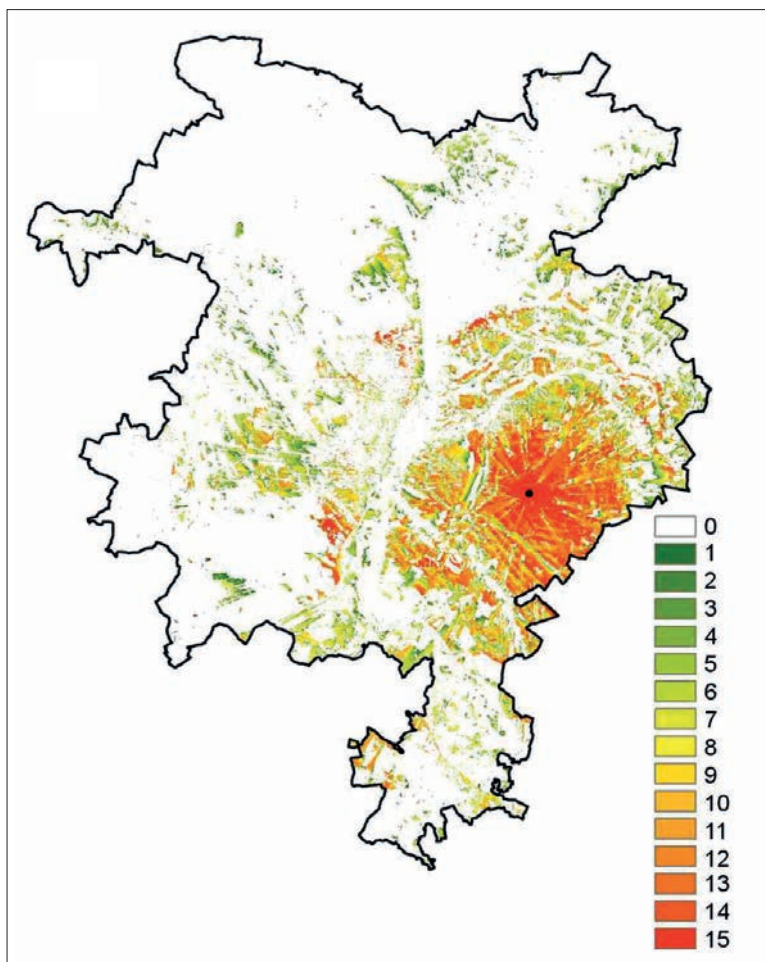
Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto, że w jednej z wyznaczonych lokalizacji (ryc. 7) powstanie elektrownia wiatrowa typu GE 2.5 MW firmy General Electric. Wysokość wieży wynosi 105 m, a rozpiętość łopat wirnika wynosi 90 m.



Ryc. 7. Położenie potencjalnej lokalizacji elektrowni wiatrowej w granicach Metropolii Poznań



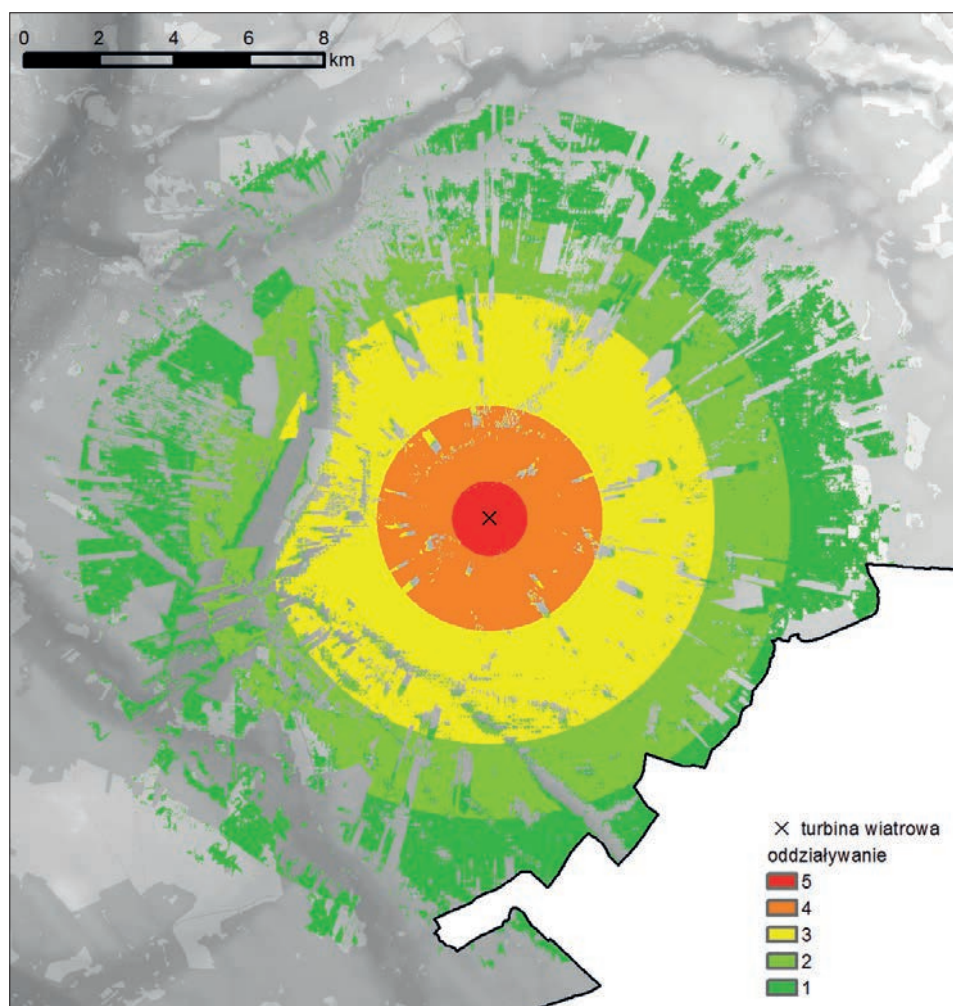
Dla całej Metropolii Poznań opracowano NMPT, który był podstawą przeprowadzenia analizy zasięgu i zakresu widoczności elektrowni wiatrowej w środowisku GIS. Przeprowadzone obliczenia za pomocą narzędzia Viewshed wykazały, że zasięg widoczności elektrowni wiatrowej przekracza 30 km, a obszar objęty oddziaływaniem ma powierzchnię 675 km<sup>2</sup>. Stanowi to około 22% powierzchni całej Metropolii Poznań. Zasięg i zakres widoczności przedstawiono na rycinie 8.



Ryc. 8. Zasięg i zakres widoczności elektrowni wiatrowej

Zgodnie z opracowaną metodyką przygotowano uproszczone rendery – czarna elektrownia wiatrowa na białym tle, z których obliczono procentowy udział elektrowni wiatrowej w całkowitym polu widoku. W metodzie założono, że z każdej pozycji wiatrak widoczny jest w pozycji frontalnej, a widzialność nie jest zakłócona warunkami atmosferycznymi, co

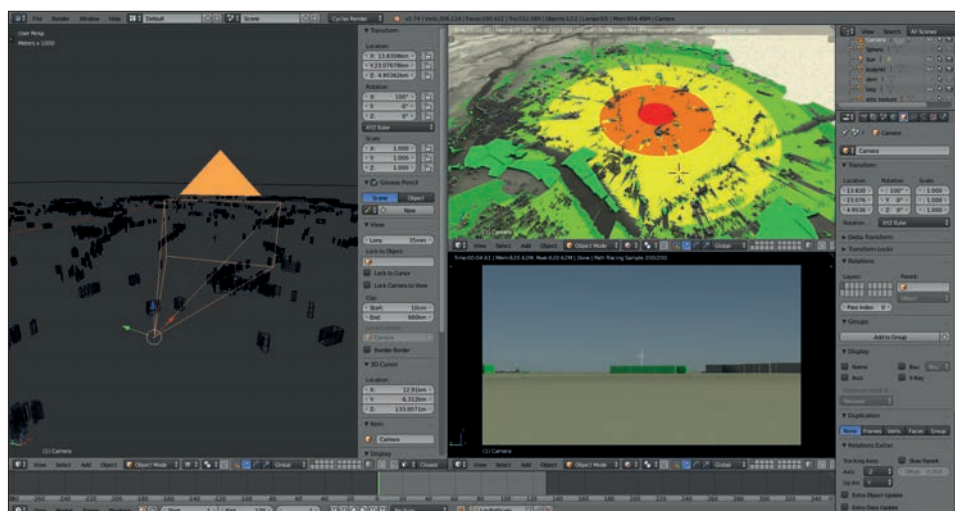
stanowi najbardziej niekorzystną sytuację widzialności elektrowni wiatrowej. Następnie korzystając z animacji i fotorealistycznych renderów, dokonano ograniczenia zasięgu analizy do 12 km. W ten sposób zakres analizy oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz został zmniejszony z 675 km<sup>2</sup> w przypadku zastosowania metody bazującej na Viewshed do 240,91 km<sup>2</sup>. Przyjęto, że poza tym zakresem elektrownia wiatrowa może być widoczna, ale jej oddziaływanie na krajobraz jest nieznaczące. Uzyskane wyniki pokazują, że zakres oddziaływania stopniowo zmniejsza się. Wynika to z odległości obserwatora od elektrowni wiatrowej oraz zakresu jej widoczności.



Ryc. 9. Ocena oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz

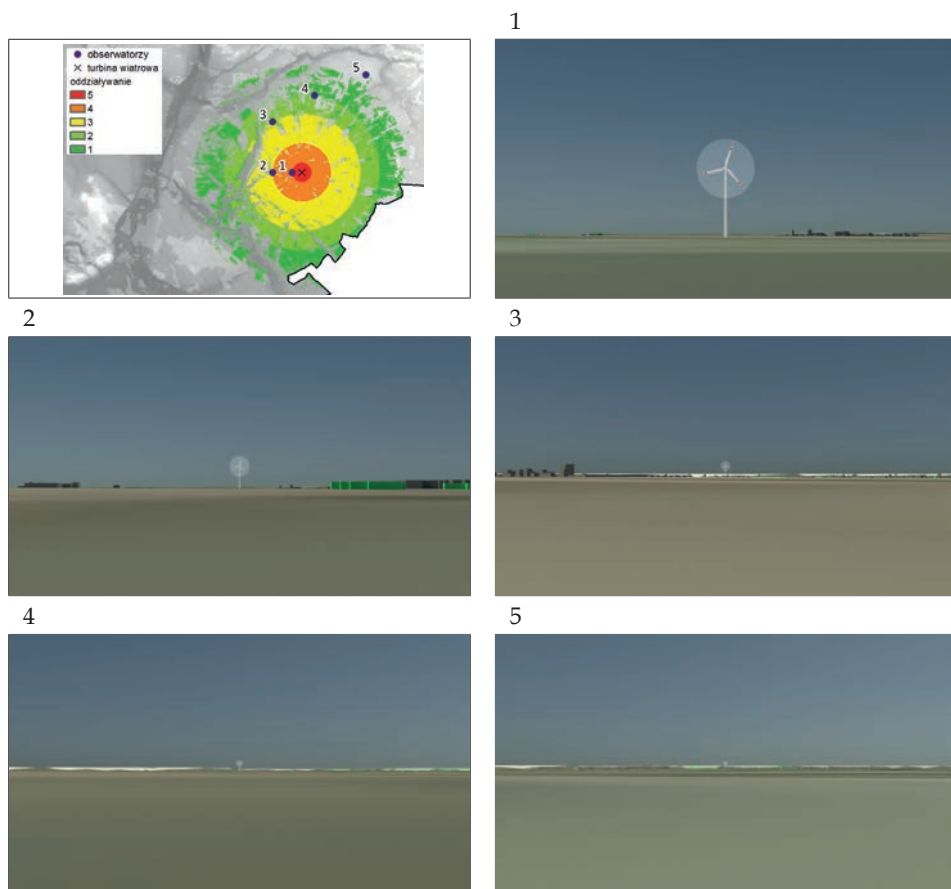
Analiza animacji i renderów w kontekście procentowych udziałów elektrowni wiatrowej w całkowitym polu widoku pozwoliła także na opracowanie pięciostopniowej skali oceny. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wykazano, że w zasięgu bardzo silnego (kolor czerwony) oddziaływania elektrowni wiatrowej znajdują się tereny o powierzchni 3,13 km<sup>2</sup> (ryc. 9). Najsilniejsze oddziaływanie występuje w zakresie do 1 km od wieży elektrowni wiatrowej. Zakres silnego oddziaływania elektrowni wiatrowej wynosi do 3 km. Łącznie w strefie silnego oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz znajduje się teren o powierzchni 23,55 km<sup>2</sup>. Zdecydowanie większa powierzchnia aglomeracji poznańskiej znajduje się w strefie istotnego oddziaływania około 68,78 km<sup>2</sup>. W przypadku stref umiarkowanego i słabego oddziaływania (oznaczonych na rysunku kolorami jasno i ciemno zielonym) obszar jest największy i wynosi łącznie 145,45 km<sup>2</sup>. Wyniki analizy pokazują, że w obrębie wyznaczonych stref oddziaływania elektrowni wiatrowych występują miejsca, w których elektrownia wiatrowa jest niewidoczna lub jej oddziaływanie jest nieznaczące. Wynika to z położenia obserwatora w stosunku do elektrowni wiatrowej oraz zakresu jej widoczności.

Połączenie narzędzi GIS z narzędziami modelowania trójwymiarowego (Blender) pozwala na tworzenie renderów i animacji z dowolnie wybranej lokalizacji, co jest niewątpliwie jedną z największych zalet przedstawionej metody (ryc. 10).



Ryc. 10. Interfejs programu Blender prezentujący widok z wirtualnej kamery

Przykładowo pokazano zakres widoczności elektrowni wiatrowej dla widoku frontального na granicy przedziałów przyjętej skali oceny (ryc. 11).



Ryc. 11. Wyniki wizualizacji 3D z programu Blender na granicy przyjętej skali oceny

## Dyskusja

Od początku XXI w. podejmowane są wysiłki w zakresie opracowania kwantytatywnych metod oceny oddziaływania turbin wiatrowych na krajobraz. Shang i Bishop (2000) określili, że minimalna wielkość obiektu, który może zostać rozpoznany przez człowieka, wynosi  $25 \text{ min}^2$ . Wielkość ta jednocześnie uznana została za wartość graniczną, którą należy przyjmować przy ograniczaniu zasięgu przestrzennego analizy przestrzennej elektrowni wiatrowych. W kolejnych latach obserwowany jest dynamiczny rozwój nowych metod oceny (Hurtado i in. 2004; Torres i in. 2007; Rodrigues i in. 2010; Molina-Ruiz i in. 2011; Minelli i in. 2014) wykorzystujących narzędzia GIS oraz wizualizacje 3D. Na podkreślenie zasługują metody opracowane przez Torresa i in. (2007), które pozwalają na ocenę oddziaływania turbiny na krajobraz za pomocą współczynnika, który przyjmuje wartości od 0 do 1. Wartość tego współczynnika jest łatwa do interpretacji podczas analizy wyników.

Kolejną kwantytatywną metodę opracował Rodrigues i in. (2010), w której ocena prowadzona jest na podstawie tzw. współczynnika percepcji; może on w przypadku pojedynczej turbiny przyjmować wartości z zakresu od 0,001 do 0,1. Stosunkowo duży zakres zmienności współczynnika percepcji utrudnia analizę uzyskanych wyników. Zaproponowana w pracy nowa metoda oceny oddziaływania turbin wiatrowych na krajobraz jako pierwsza pozwala na powiązanie zasięgu i zakresu widoczności. Przedstawione graniczne wartości procentowych udziałów powierzchni elektrowni wiatrowej w odniesieniu do pola powierzchni widoku pozwalają na wykorzystanie metody do oceny wizualnego oddziaływania elektrowni wiatrowych o różnej wysokości i długości łopat wirnika. Zastosowanie narzędzi modelowania 3D pozwala na przygotowanie fotorealistycznych wizualizacji i animacji, które mogą zostać wykorzystane na etapie konsultacji społecznych.

Należy podkreślić, że wiarygodność analiz widoczność elektrowni wiatrowych zależy od poziomu szczegółowości danych wejściowych (Kloucek i in. 2015). W związku z tym sugeruje się prowadzenie analiz na NMT i NMPT, opracowanych na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego.

Wobec coraz większej presji inwestycyjnej i coraz większym nasyceniu krajobrazu istniejącymi elektrowniami wiatrowymi decydenci najczęściej władze samorządowe, stoją przed dylematem pomiędzy uwzględnieniem elektrowni wiatrowych w regionalnych i lokalnych dokumentach planistycznych a problemem wpływu projektowanych elektrowni wiatrowych na środowisko, szczególnie w zakresie dotychczas niemierzalnych, subiektywnie ocenianych oddziaływań takich jak oddziaływanie wizualne elektrowni wiatrowych.

O istotności podjętego tematu świadczy m.in. ustawa z dnia 24 kwietnia 2015 r. o zmianie niektórych ustaw w związku ze wzmocnieniem narzędzi ochrony krajobrazu (Dz. U. z 2015 r. poz. 774). Ustawa wprowadza nowy dokument nazwany audytem krajobrazowy, który może stać się narzędziem służącym ochronie krajobrazu. Wyniki przedmiotowej pracy należy traktować jako głos w dyskusji nad zakresem i metodologią sporządzania audytu krajobrazowego, szczególnie na etapie wyznaczania krajobrazów priorytetowych, które należy objąć ochroną.

## Wnioski

1. Opracowana metoda umożliwia ilościową ocenę oddziaływania wizualnego elektrowni wiatrowej na krajobraz i może być wykorzystana jako element prognozy oddziaływania na środowisko i raportu o oddziaływaniu na środowisko.
2. Wskazane jest zweryfikowanie zaproponowanych stopni oceny opartych na ankietyzacji reprezentatywnej grupy osób z zastosowaniem renderów i animacji wykonanych za pomocą programu Blender.
3. Narzędzia wykorzystane na etapie opracowania metody wizualnego oddziaływania elektrowni wiatrowych stanowią użyteczny instrument, który z powodzeniem można wykorzystać na etapie szeroko rozumianych konsultacji społecznych.



4. Autorzy obecnie prowadzą badania mające na celu rozbudowę metody w taki sposób, by uwzględniała widok ukośny i boczny elektrowni wiatrowej oraz prawdopodobieństwo ustawienia łopat wirnika w kierunku, z jakiego najczęściej wieją wiatry.
5. Ponadto metodę oceny wizualnego oddziaływania elektrowni wiatrowej na krajobraz należy rozbudować w taki sposób, by umożliwiała ocenę nie tylko pojedynczej wieży, ale całej farmy wiatrowej.

Opisana w pracy metoda została rozbudowana (Wróżyński i in. 2016) i obecnie dodatkowo uwzględnia widoki boczne i ukośne wież elektrowni wiatrowych oraz dominujący kierunek wiatru.

## Literatura

- BISHOP I.D. 2002. Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines. *Environment and Planning B*, 29: 707-718.
- BISHOP I.D., MILLER D. 2007. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy*, 32(5): 814-31. doi:10.1016/j.renene.2006.03.009.
- CAMPAIGN FOR THE PROTECTION OF RURAL WALES. 1999. Annex 3: Memorandum by the Campaign for the Protection of Rural Wales (CPRW). House of Lords Select Committee on European Union, First Report. <http://www.parliament.the-stationeryoffice.co.uk/pa/ld199900/ldselect/ldeucom/18/18a04>.
- CHYLARECKI P., KAJZER K., POLAKOWSKI M., WYSOCKI D., TRYJANOWSKI P., WUCZYŃSKI A. 2011. Wytyczne dotyczące ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- ENERGETYKA WIATROWA 2012. Energetyka wiatrowa w kontekście ochrony krajobrazu przyrodniczego i kulturowego województwie kujawsko-pomorskim. Ekspertyza wykonana przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN w Warszawie na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego w Toruniu pod kierunkiem prof. dr. hab. Marka Degórskiego, Warszawa.
- HAISONG SHANG, BISHOP I.D. 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings. *Journal of Environmental Psychology*, 20(2): 125-140. doi:10.1006/jevp.1999.0153.
- HURTADO J.P., FERNANDEZ J., PARRONDO J., BLANCO E. 2004. Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8: 483-491. doi:10.1016/j.rser.2003.12.009.
- KACZMAREK T. 2016. Cel i zakres opracowania. W: T. Kaczmarek (red.), *Koncepcji Kierunków Rozwoju Przestrzennego Metropolii Poznań* [w druku]. Centrum Badań Metropolitalnych Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- KEPEL A., CIECHANOWSKI M., JAROS R. 2011. Wytyczne dotyczące ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych na nietoperze. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- KLOUCEK T., LAGNER O., SIMOVA P. 2015. How does data accuracy influence the reliability of digital viewshed models? A case study with wind turbines. *Applied Geography*, 64: 46-54. doi:10.1016/j.apgeog.2015.09.005.
- MANCHADO C., GOMEZ-JAUREGUI V., OTERO C. 2015. A review on the Spanish Method of visual impact assessment of wind farms: SPM2. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49: 756-767. doi:10.1016/j.rser.2015.04.067.



- MILLER D., BELL S., MCKEEN M., HORNE P.L., MORRICE J.G., DONNELLY D. 2010. Assessment of Landscape Sensitivity to Wind Turbine Development in Highland. Summary Report. Macaulay Land Use Research Institute.
- MINELLI A., MARCHESINI I., TAYLOR F.E., ROSA P DE., CASAGRANDE L., CENCI M. 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 49: 70–78. doi:10.1016/j.eiar.2014.07.002.
- MOLINA-RUIZ J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ M.J., PÉREZ-SIRVENT C., TUDELA-SERRANO M.L., GARCÍA M.L. 2011. Developing and applying a GIS-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms. *Renewable Energy*, 36(3): 1125–1132. doi:10.1016/j.renene.2010.08.041.
- MYCZKOWSKI Z., FROCEK-BRATANIEC H., NOSALSKA P. 2012. Zróżnicowanie uwarunkowań w zakresie ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz (na podstawie studium przypadku). W: Urbanistyczne aspekty lokalizowania farm wiatrowych ze szczególnym uwzględnieniem roli planu zagospodarowania przestrzennego województwa. Towarzystwo Urbanistów Polskich, Warszawa.
- PYSZNY K., BINDER M., WRÓŻYŃSKI R., WALDMANN K., BEDNAREK R., WÓJCICKI M. 2016. Energetyka odnawialna. W: T. Kaczmarek (red.). *Koncepcji Kierunków Rozwoju Przestrzennego Metropoli Poznań* [w druku]. Centrum Badań Metropolitalnych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- RODRIGUES M., MONTANÉS C., FUEYO R. 2010. A method for the assessment of the visual impact caused by the large-scale deployment of renewable-energy facilities. *Environmental Impact Assessment Review*, 30: 240–246. doi:10.1016/j.eiar.2009.10.004.
- STRYJECKI M., MIELNICZUK K. 2011. Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska. Warszawa.
- TORRES SIBILLE A.C., CLOQUELL-BALLESTER V.A., CLOQUELL-BALLESTER V.A., DARTON R. 2009. Development and validation of a multicriteria indicator for the assessment of objective aesthetic impact of wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1): 40–66. doi:10.1016/j.rser.2007.05.002.
- VISSERING. J. SINCLAIR. M. MARGOLIS. A. 2011. A visual impact assessment process for wind energy projects. Clean Energy States Alliance.
- VRIES S DE., GROOT M DE., BOERS J. 2012. Eyesores in sight: Quantifying the impact of man-made elements on the scenic beauty of Dutch landscapes: *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2): 118–127. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.12.005.
- WRÓŻYŃSKI R., SOJKA M., PYSZNY K. 2016. The application of GIS and 3D graphic software to visual impact assessment of wind turbines. *Renewable Energy*, 96 (part A): 625–635. doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.016.

## **Proposal for a new guidelines for landscape and visual impact assessment of wind turbines**

### **Summary**

A new method is presented for assessment of visual impact of wind turbines. The proposed five-point rating scale takes into account two factors: the distance of the observer from wind turbine (visible range) and the visible extent. An attempt to determine the threshold of the visual impact of wind turbine is made. The proposed method combine GIS tools and 3D graphic software Blender. The proposed method was tested on the example of the potential location of the wind turbine in the vicinity of the city of Poznań. The results showed that the maximum distance at which the visual impact of wind turbine should be assessed is not greater than 12 km.

KEY WORDS: Visual impact assessment, wind turbine, Blender, GIS

SŁOWA KLUCZOWE: Ocena wizualnego oddziaływania, elektrownia wiatrowa, Blender, GIS

# **GIS JAKO NARZĘDZIE OCENY STRAT W ŚRODOWISKU NA TERENACH CHRONIONYCH W SYSTEMIE OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO**

## **Wstęp**

Celem publikacji jest przedstawienie wykorzystania narzędzi GIS do oceny przekształceń w środowisku powstałych w wyniku działalności człowieka na terenach prawnie chronionych w systemie ocen oddziaływania na środowisko – prognozach oddziaływania, ocenach oddziaływania na środowisko oraz analizach porealizacyjnych.

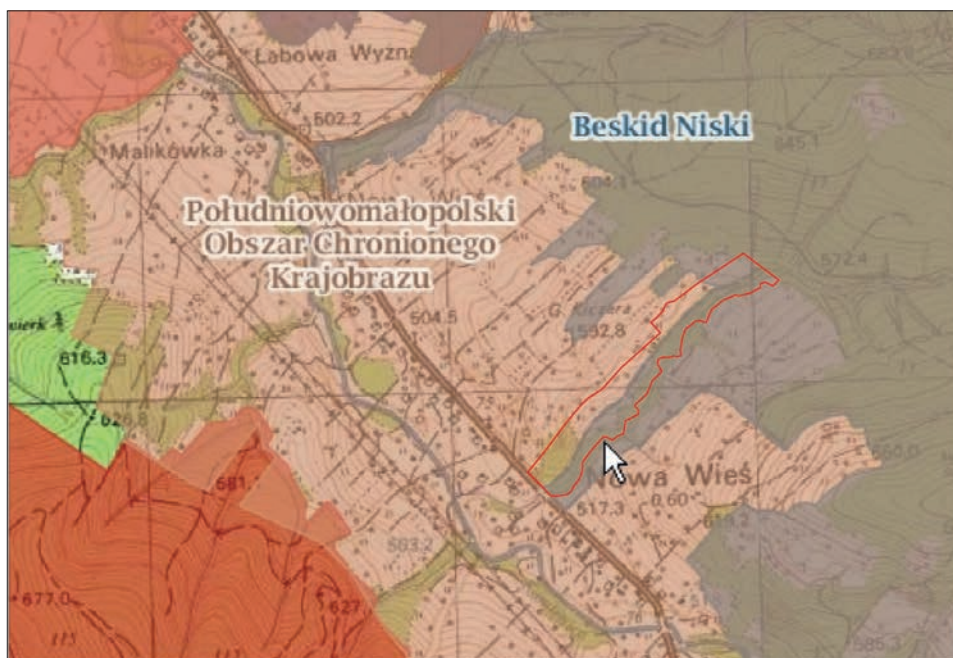
Zgodnie z Ustawą o ochronie przyrody na terenach prawnie chronionych zakazuje się między innymi: likwidowania i niszczenia zadrzewień śródpolnych, przydrożnych i nadwodnych, wykonywania prac ziemnych trwale zniekształcających rzeźbę terenu czy też dokonywania zmian stosunków wodnych. Niestety ustawodawca w żadnym przepisie wykonawczym (rozporządzeniu) nie zaproponował sposobu oceny tych zmian. O ile kwestia zniszczenia szaty roślinnej czy też ukształtowania terenu jest stosunkowo prosta do udowodnienia potencjalnemu sprawcy, o tyle ocena, czy prace ziemne trwale zniekształcają teren i czy też zmieniają stosunki wodne, jest sprawą bardziej skomplikowaną. W publikacji proponowano metody do szacowania tych zmian oraz oceny czy zmiany te były znaczące, na przykładzie analizy rzeczywistych przypadków, które wystąpiły na obszarze Beskidu Sądeckiego. W ocenach tych posłużono się między innymi technikami GIS oraz mapami NMT uzyskanymi z naltów lotniczych.

## PRZYPADEK 1

### Ocena skutków środowiskowych po „fakcie”, czyli na podstawie zmian dokonanych w środowisku – analiza porealizacyjna

Ocena dotyczy przypadku, gdy zmiany w środowisku nastąpiły w wyniku działalności właściciela nieruchomości dostosowującego ukształtowanie terenu do swojego wyobrażenia docelowego przeznaczenia terenu. Zmiany te dotyczyły przede wszystkim ukształtowania terenu poprzez zmiany w jego ukształtowaniu oraz pokrycia terenu poprzez dokonanie wycinki zadrzewienia na tym obszarze.

Omawiany obszar o powierzchni ponad 10 ha położony jest na północnym wschód od drogi krajowej 75 Nowy Sącz – Krynica, na północnym zboczu wzniesień Kościelniak i Jaworzynka. Swoim północnym obrzeżem teren opiera się o potok Wiśnicz, będącego prawostronnym dopływem Kamienicy Nawojowskiej. Rzeka ta dzieli pasma górskie Sądeckizyny na Beskid Sądecki i Beskid Niski (Środkowy).



Rys. 1. Obszar poddany analizie na tle obszarów chronionych

Teren będący przedmiotem niniejszej analizy znajduje się na obszarze podlegającym ochronie prawnej zgodnie z ustawą o ochronie przyrody. Znajduje się on na obszarze Południowomałopolskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu oraz częściowo w zachodniej części obszaru specjalnej ochrony Natura 2000 o nazwie PLB180002 Beskid Niski.

Południowomałopolski Obszar Chronionego Krajobrazu utworzony został na mocy Rozporządzenia Nr 92/06 Wojewody Małopolskiego z 2006 r. Funkcja ochronna obszaru wynika z wartości obiektów przyrodniczych, dla których OChK jest bezpośrednią otuliną lub dodatkową strefą ochronną (przejściową). Z zakazów obowiązujących na omawianym OChK istotne, z punktu widzenia niniejszego artykułu, są zapisy dotyczące czynnej ochrony ekosystemów nieleśnych, a mianowicie *„utrzymanie poziomu wód gruntowych odpowiedniego dla zachowania bioróżnorodności”* oraz ekosystemów wodnych *„utrzymanie i tworzenie stref buforowych wzdłuż cieków wodnych ... w postaci pasów szuwarów, zakrzewień i zadrzewień, jako naturalnej obudowy biologicznej”*.

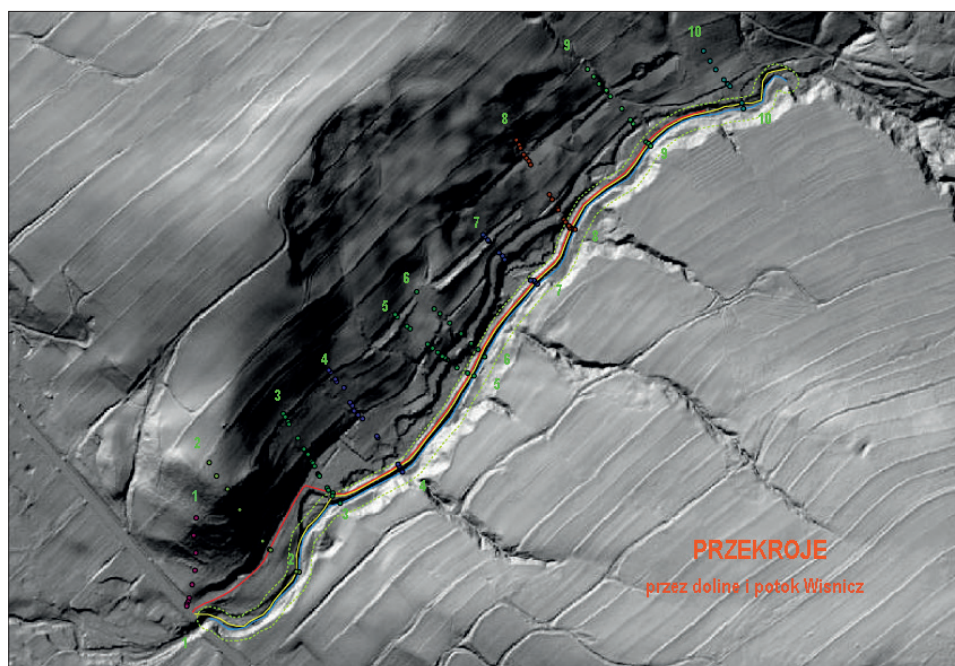
Obszar specjalnej ochrony PLB180002 Beskid Niski został utworzony w obrębie Beskidu Niskiego. Roślinność układa się w dwa piętra zajęte głównie przez pola uprawne, łąki, a tylko na niewielkich powierzchniach przez lasy grądowe – i piętro regła dolnego, porośnięte buczyną i nasadzeniami świerkowymi. Zgodnie z ustawą o ochronie przyrody na terenie obszaru Natura 2000 zabrania się podejmowania działań mogących znacząco negatywnie oddziaływać na cele ochrony obszaru Natura 2000, w tym w szczególności: pogorszyć stan siedlisk przyrodniczych, gatunków roślin i zwierząt, dla których ochrony wyznaczono obszar Natura 2000

## Metodyka

W celu oceny zmian dokonanych w środowisku wykonano prace terenowe i kameralne. Badania terenowe polegały na wykonaniu wizji lokalnej, wykonaniu inwentaryzacji przyrodniczej terenu popartej wykonanymi pomiarami geodezyjnymi i dokumentacją fotograficzną. Celem ww. prac było uzyskanie „obrazu” rzeczywistej rzeźby terenu (po dokonaniu w niej przekształceń). Jako materiał porównawczy, mający na celu określenie wyjściowego ukształtowania terenu, posłużono się mapami NMT uzyskanymi z nalogów samolotowych w technologii LIDAR. Utworzone w ten sposób mapy pozwalają na określenie rzędnych terenu w siatce 1,0 \* 1,0 [m] z dokładnością do kilkunastu

centymetrów, zależną od pokrycia terenu szatą roślinną. Mapy NMT zostały wykonane we wrześniu 2012 r. na podstawie nalołów dokonanych w miesiącach letnich tegoż roku.

W celu określenia zmian w ukształtowaniu terenu wykonano przekroje podłużne: w osi potoku Wiśnicz (kolor niebieski), wzdłuż prawej skarpy potoku (kolor żółty) oraz wzdłuż nowopowstałej drogi gminnej (kolor czerwony). Dodatkowo wykonano przekroje poprzeczne przez dolinę. Zakres wykonanych prac terenowych przedstawiono na załączniku graficznym nr 2: Zmiany w pokryciu terenu szatą roślinną, dokonano w analogiczny sposób porównując mapy NMT uzyskane z nalołów z inwentaryzacją terenu wykonaną we wrześniu 2014 r.



Rys. 2. Zakres prac terenowych na obszarze szkód w środowisku

## Analiza prac terenowych

### Potok Wiśnicz

Analiza uzyskanych materiałów i wykonany na jej podstawie podwójny profil cieku Wiśnicz wskazuje na niewielkie zmiany w jego profilu.



Zmiany te (pomiędzy pomiarami NMT z roku 2012 a pomiarami geodezyjnymi wykonanymi we wrześniu 2014 r.) zawierają się w przedziale  $\pm$  kilkunastu centymetrów i nie wskazują na ingerencję (prace budowlane) w dnie potoku. Również wizja terenowa nie wskazywała na „sztuczne” profilowanie dna koryta cieku. Różnice w profilach wykonanych metodą NMT (2012) i geodezyjną (2014), wynikają z naturalnych zmian w dnie potoku oraz z niedokładności metody NMT. Naloty i sporządzony na ich podstawie numeryczny model terenu wykonane zostały w okresie istnienia zalesienia brzegów potoku powodujące niedokładności w pomiarach.



**Fot. 1.** Dno i brzeg potoku bez „śladów” świadczących o ingerencji człowieka

### **Prawa skarpa potoku Wiśnicz**

Analiza uzyskanych materiałów i wykonany na jej podstawie podwójny obraz profilu skarpy potoku Wiśnicz wskazują na podniesienie jego brzegu dochodzące do dwóch metrów.

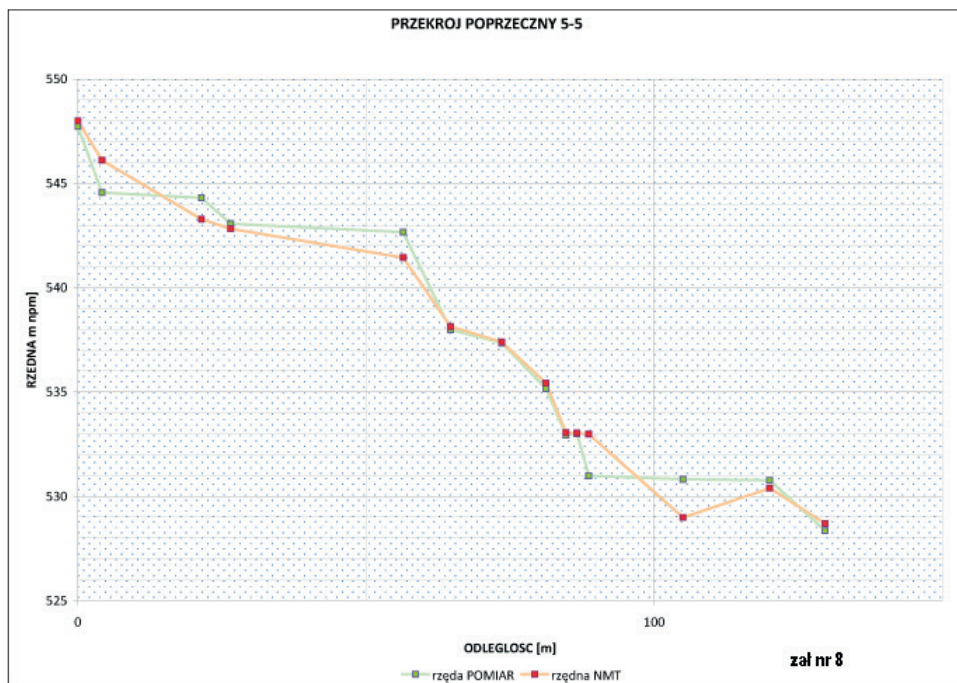




**Fot. 2.** Widok na podniesioną skarpe potoku

### **Przekroje poprzeczne**

Analiza uzyskanych materiałów i wykonane na ich podstawie podwójne przekroje poprzeczne przez zbocze oraz dolinę potoku wskazują na zmiany w niwelecie terenu w niektórych przekrojach dochodzących do kilku metrów. Zmiany te powodują, iż zostało zmienione ukształtowanie terenu na powierzchni kilku hektarów i co istotniejsze został zmieniony występujący poprzednio kierunek spływu wód w stronę potoku Wiśnicz. Poniżej jeden z przekrojów dolinowych.



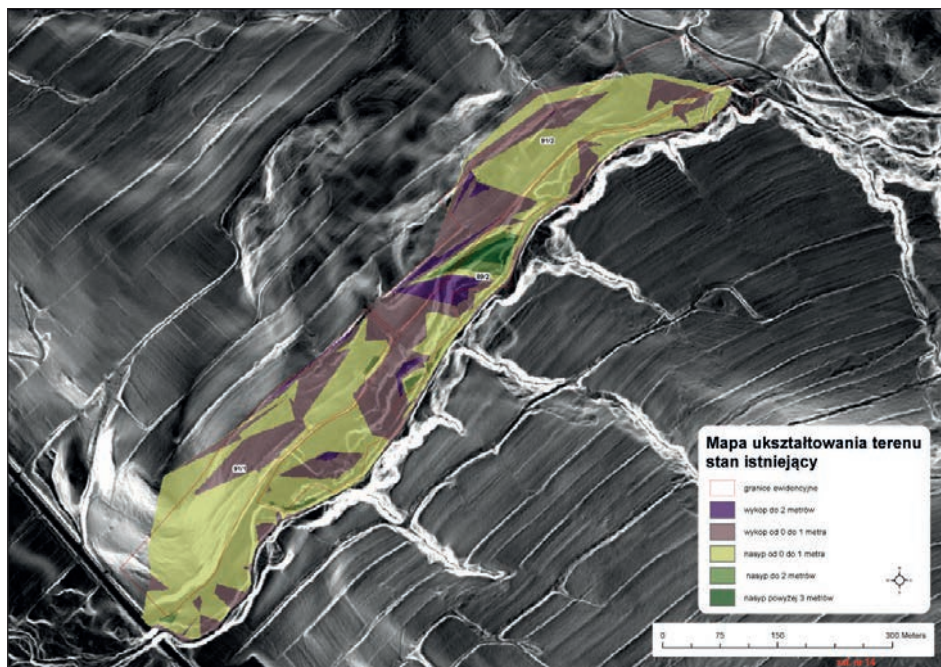
Rys. 3. Przekrój dolinowy – stan obecny i stan wyjściowy ukształtowania terenu



Fot. 3. Zdjęcie przekroju dolinowego po dokonanych zmianach w środowisku



Wykonane pomiary terenowe oraz mapa NMT posłużyły do wykonania zbiorczej mapy istniejącego ukształtowania terenu, na której graficznie przedstawiono zmiany w ukształtowaniu terenu (wykopy i nasypy). Mapa ta stanowi załącznik graficzny nr 4.



Rys. 4. Mapa ukształtowania terenu z naniesionymi na nim zmianami w ukształtowaniu terenu

### Zmiany terenów leśnych

Ocenę zmian w pokryciu terenu szatą roślinną dokonano w analogiczny sposób jak ocenę zmian w rzeźbie terenu, porównując mapy NMT uzyskane z nalotów dla dwóch okresów: roku 2012 i 2014. Dodatkowo uzyskane na tej podstawie wyniki były weryfikowane w terenie na podstawie wizji terenowej i wykonanej dokumentacji zdjęciowej.

Analiza wykonanych prac wskazuje na znaczący ubytek zadrzewienia, szczególnie na prawym brzegu potoku Wiśnicz. Brzeg ten całkowicie został pozbawiony szaty roślinnej. W miejscu zadrzewienia brzegu potoku w zamysle „pojawiła się” droga gminna. Wykonane w środowisku zmiany spowodowały całkowity zanik osłony biologicznej prawego brzegu potoku, co docelowo skutkowało będzie zanikiem korytarza ekologicznego, którym była dolina potoku Wiśnicz.



Rys. 5. Mapa terenów leśnych – stan wyjściowy



Rys. 6. Mapa terenów leśnych – stan po zmianach

## Wnioski

Wykonany na podstawie wizji terenowej (stan po dokonaniu zmian w środowisku) oraz jako materiał wyjściowy mapami NMT wskazuje, iż w wyniku prac dokonano następujących zmian w przestrzeni doliny:

- aktualny stan doliny potoku Wiśnicz odbiega od stanu przeszłego, zarówno w zakresie ukształtowania terenu, jak i jego pokrycia „szatą roślinną”;
- zmianie uległo pokrycie terenu – wycięto kilkaset drzew i znaczne ilości porostów i krzewów wzdłuż potoku Wiśnicz na odcinku kilkuset metrów;
- podniesiono skarpę potoku Wiśnicz i usytuowano na niej drogę gruntową, której granicą jest skarpa potoku;
- wyrównano powierzchnię obszaru w formie tarasów;
- wyprowadzono lokalne ciek i wysięki poza zasięg potoku Wiśnicz, zasypując przy tym nierówności i naturalne zagłębienia terenu.

## PRZYPADEK 2

### **Ocena skutków środowiskowych przed „faktem”, czyli na podstawie projektu zmian przewidzianych do wykonania w środowisku – ocena oddziaływania na środowisko**

Planowane przedsięwzięcie polega na budowie nowego odcinka trasy narciarskiej, wyciągu krzesełkowego z oświetleniem i zaśnieżaniem, w Krynicy Zdroju. Teren inwestycji położony jest w paśmie Beskidu Sądeckiego w obrębie zbocza górskiego o ekspozycji północno-wschodniej. Rozciąga się od ulicy Zamkowa po szczyt Góry Krzyżowej, czyli na odcinku ok. 750 m. Docelowo całość inwestycji ma swoim zasięgiem obejmować teren od potoku Kryniczanka po szczyt góry Krzyżowej o powierzchni około 8 ha.

Teren przewidziany do przekształcenia to zalesiony obszar o powierzchni ok. 3,7 ha, znajdujący się na obszarze podlegającym ochronie prawnej zgodnie z ustawą o ochronie przyrody tj. na obszarze Popradzkiego Parku Krajobrazowego (Dz. Urz. Woj. Małop. z 2005 r. Nr 309 poz. 2238) oraz na obszarze Natura 2000 „Ostoja Popradzka” PLH120019. Obszar przewidziany pod rozbudowę stoku i wyciągu narciarskiego pokryty jest siedliskami dolnoregłowego lasu jodłowego 9110 oraz żyznej buczyny górskiej 9130.

Zgodnie z ustawą o ochronie przyrody na terenie parku krajobrazowego zabronione jest między innymi dokonywanie zmian stosunków wodnych, jeżeli zmiany te nie służą ochronie przyrody. Analogicznie na obszarze Natura 2000 zabrania się podejmowania działań mogących znacząco negatywnie oddziaływać na cele ochrony obszaru Natura 2000, w tym w szczególności: pogorszyć stan siedlisk przyrodniczych, gatunków roślin i zwierząt, dla których ochrony wyznaczono obszar Natura 2000.





Rys. 7. Inwestycja na tle obszarów chronionych

## Metodyka

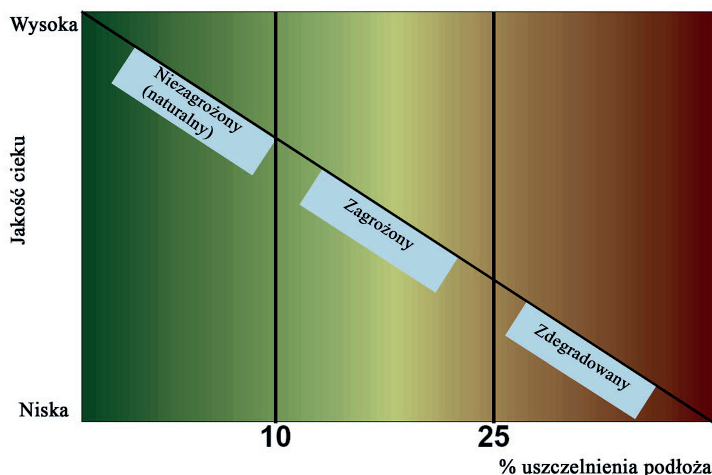
Podstawowym pytaniem, na które należało znaleźć odpowiedź brzmiało: czy realizacja inwestycji spowoduje w przyszłości zmiany stosunków wodnych, skutkujące zmianami w środowisku przyrodniczym.

W pierwszej kolejności poddano analizie pojęcie „zmiana stosunków wodnych” skutkująca zmianami w środowisku przyrodniczym. Na rzecz przedmiotowej analizy przedstawiono propozycję sformułowania zmiany stosunków wodnych nie może służyć innym celom niż ochrona przyrody na bardziej odpowiadające duchowi Ramowej Dyrektywy Wodnej, a mianowicie, że zmiana stosunków wodnych, to zmiana która skutkuje negatywnymi przekształceniami w ekosystemach wodnych lub w ekosystemach od wód zależnych.

W Europie, podobnie jak w Polsce, otwartym od lat zagadnieniem pozostaje ocena wpływu zagospodarowania przestrzennego na jakość ekosystemów wodnych, w tym również na morfologię zlewni i cieku. Jest to jedno z podstawowych zagadnień zlewniowego podejścia do gospodarowania wodami, ponieważ w sposób jednoznaczny wiąże sposób użytkowania obszaru zlewni ze stanem odbiornika. Zlewnia ta rozumiana jest jako ekosystem wodny – doliny rzek i potoków z całym bogactwem ich form przyrodniczych. Rodzaj i zakres powiązania użytkowania terenu zlewni z jakością ekosyste-



mu wodnego jest oczywiście złożony i uzależniony od szeregu czynników. Zmiany te objawiają się zarówno prostymi skutkami, jakimi jest pogorszenie stanu jakościowego cieku wodnego po zależności bardziej złożone, którymi są na przykład zmiany morfologiczne zarówno koryta cieku, jak i całej powierzchni jego zlewni.



Rys. 8. Zależność pomiędzy wielkością powierzchni nieprzepuszczalnej a jakością cieku

Jak dotychczas, jedyna dopracowana metoda takiej oceny powstała w Stanach Zjednoczonych. Metoda ta, zwana analizą podatności zlewni (Land Cover Method – LCM lub Impervious Cover Method – ICM), bazuje na kwantyfikacji użytkowania terenu przez wskaźnik stopnia uszczelnienia jego powierzchni, który przekłada się na stan ekologiczny zlewni rzecznej. Metoda oparta jest na tak zwanym współczynniku (wartości) pokrywy nieprzepuszczalnej, rozumianym jako stosunek powierzchni nieprzepuszczalnej (uszczelnionej) do całkowitej powierzchni zlewni. Inaczej mówiąc, metoda ta bazuje na prostej analizie przyczynowo-skutkowej – w jaki sposób zmiana stopnia uszczelnienia obszaru wpływa na stan ekologiczny zlewni rzecznej. Zlewnia cząstkowa (wody powierzchniowej) wybrana została w sposób świadomy do określenia powierzchni, bo definiuje przestrzeń nie administracyjnie (sołectwa, gminy), a w sposób wynikający z morfologii terenu.

Opracowana metoda zawiera techniki służące do definiowania zlewni cząstkowych, oszacowania istniejącej i przyszłej „pokrywy nieprzepuszczalnej”, a także dostarczenia wskazówek o czynnikach, które mogą zmienić początkową klasyfikację lub diagnozę poszczególnych zlewni cząstkowych.

Prowadzone analizy i badania dowiodły, iż degradacja biologiczna systemu wodnego oraz systemów od wód zależnych rozpoczyna się na poziomie 10% nieprzepuszczalności powierzchni zlewni. Gdy procentowy udział po-

krywy nieprzepuszczalnej zwiększa się, degradacja środowiska stopniowo narasta. Przy udziale pokrywy nieprzepuszczalnej sięgającej 25%-30% cały ekosystem traci swój pierwotny charakter i jest niezdolny do podtrzymywania swych naturalnych cech.

Elementem wiążącym większość prac badawczych jest fakt wykorzystania Geograficznego Systemu Informacji (GIS) jako narzędzia ułatwiającego prezentację uzyskanych danych, jak również stwarzającego możliwość generowania nowej lepszej jakościowo informacji.

### **Metoda przeprowadzania analizy podatności zlewni**

Jak już wspomniano, analiza podatności zlewni jest procesem kilku etapowym. Podsumowanie części etapów wymaga wykonania oceny i podjęcia decyzji częściowych mających w ostateczności prowadzić do sporządzenia planu działań niezbędnych do osiągnięcia założonych celów środowiskowych.

#### **Etap 1. Zebranie (przygotowanie) materiałów źródłowych i kartograficznych**

Celem tego etapu jest zebranie materiałów źródłowych koniecznych do zdefiniowania kluczowych zmiennych w procesie zagospodarowania zlewni, które zostaną oszacowane w kolejnych etapach prac. Podstawowymi danymi niezbędnymi do dalszych prac są: powierzchnia zlewni częściowej, określenie istniejącej pokrywy nieprzepuszczalnej, określenie sposobu zagospodarowania terenu według jego przeznaczenia w oparciu o plany rozwoju – plany zagospodarowania przestrzennego, określenie przyszłej pokrywy nieprzepuszczalnej opracowanej w oparciu o plany zagospodarowania terenu,

#### **Etap 2. Określenie granic zlewni częściowych**

Z metodologicznego punktu widzenia, zlewnie częściowe są definiowane jako całkowity obszar, z którego wody odprowadzane są do odbiornika. W rzeczywistości może być konieczne, aby w ramach prowadzonych prac przygotowawczych do analiz dokonywać podziału zlewni częściowych na mniejsze jednostki lub innych uzasadnionych wyborów w określaniu rzeczywistych granic zlewni częściowych.

#### **Etap 3. Określenie obecnego (inwentaryzacja) i planowanego zagospodarowania terenu.**

Przenosząc proponowaną metodykę na warunki polskie określenie istniejącego i przyszłego zagospodarowania terenu, powinno opierać się głównie na miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego wery-

fikowanych na podstawie planów zagospodarowania przestrzennego województw (inwestycje o znaczeniu regionalnym i krajowym).

#### Etap 4. Oszacowanie obecnej pokrywy nieprzepuszczalnej w zlewniach częściowych

Istnieje kilka metod obliczenia pokrywy nieprzepuszczalnej na poziomie zlewni częściowych. Decyzja, która metoda będzie najlepsza dla konkretnej zlewni częściowej zależy w dużej mierze od środków finansowych i dostępności danych pomiarowych. Jedną z najbardziej pracochłonnych, ale zarazem najdokładniejszych metod jest pomiar bezpośredni. Metoda ta polega na bezpośrednim pomiarze wszystkich komponentów pokrywy nieprzepuszczalnej. Do komponentów tych należą: różne rodzaje zabudowy terenu, drogi, podjazdy i chodniki, infrastruktura techniczna, tereny zielone (las, łąki, tereny rolne), tereny obsługi turystyki.

Jednym z najefektywniejszych sposobów pomiaru tych komponentów jest metoda GIS. Do danych GIS koniecznych do wyliczenia pokrywy nieprzepuszczalnej należą cyfrowo zdefiniowane dane planimetryczne – ortofotomapy dla każdego z komponentów pokrywy nieprzepuszczalnej. W warunkach polskich dostępnym i weryfikowalnym dokumentem są Topograficzne Bazy Danych [TBD] oparte na lotniczym pomiarze terenu oraz załączniki graficzne do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego weryfikowane w przypadku ich dezaktualizacji badaniami terenowymi.

#### Etap 5. Wnioski końcowe – klasyfikacja zlewni częściowych

Po zrealizowaniu pierwszych 4 etapów i określeniu istniejącej pokrywy nieprzepuszczalnej, można przystąpić do klasyfikacji zlewni częściowych. Na tym etapie, można wstępnie zaklasyfikować zlewnie częściowe do następujących kategorii zgodnie z przyjętą metodyką: naturalne (niezagrożone), zmienione (zagrożone) i zdegradowane – niezdolne do samoregeneracji. Wartości progowe odpowiadają opisanym powyżej wskaźnikom tj. 10% i 25% powierzchni uszczelnionej.

### **Zasady adaptacji metody LCM do warunków polskich**

Podstawowe znaczenie dla poprawności analizy ma określenie skali zlewni i podziału obszaru planowania na zlewnie częściowe, wynikającego z przyjętej skali (tabela 1). Jak wynika z tabeli, analiza podatności zlewni na zmiany ekologiczne powinna być prowadzona z uwzględnieniem podziału na małe obszary, w zależności od rodzaju zagospodarowania terenu. Skala zlewni, czyli powierzchniowy wymiar analizy, oznacza

wielkość obszaru wybranego do oceny zagospodarowania. Obszar, z którego wody odprowadzane są do danego odbiornika, może charakteryzować kilka sposobów zagospodarowania terenu, które należy uwzględnić w analizie.

**Tabela 1.** Skalowanie zlewni dla celów planowania dla warunków polskich

| Jednostka zlewniowa (drenażowa)  | Typowa powierzchnia (km <sup>2</sup> ) | Wpływ pokrywy nieprzepuszczalnej | Metody zagospodarowania                                                                              |
|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zlewnia cząstkowa (Catchment)    | do 1,5                                 | bardzo silny<br>bardzo znaczący  | zagospodarowanie spływów deszczowych – burzowych, projektowanie w skali działek (plany realizacyjne) |
| Zlewnia częściowa (Subwatershed) | 1,5-15                                 | silny – znaczący                 | klasyfikacja i zagospodarowanie cieków (planowanie gminne)                                           |
| Zlewnia (Watershed)              | 15-250                                 | średni – umiarkowany             | tworzenie stref w obrębie zlewni (części wód)                                                        |
| Część dorzecza (Subbasin)        | 250-5000                               | słaby                            | planowanie w skali części dorzecza (regionalne)                                                      |
| Dorzecze (Basin)                 | 5000-50 000                            | bardzo słaby                     | planowanie w skali dorzecza (regionalne i ponad regionalne)                                          |

W polskich warunkach podstawowym obszarem, dla którego prowadzone są analizy zagospodarowania terenu jest obszar lub fragment gminy, dla którego wykonywane są szczegółowe plany zagospodarowania przestrzennego. Ta jednostka będzie również podstawą podziału zlewni głównej (części dorzecza) na zlewnie cząstkowe. Wydaje się na podstawie przeprowadzonych już w warunkach polskich analiz, iż typową analizowaną powierzchnią powinny być zlewnie lub ich fragmenty o powierzchni do kilku kilometrów kwadratowych. Wynika to ze specyfiki uwarunkowań morfologicznych przebiegających na obszarze Polski.

Aby przewidzieć przyszłą pokrywę nieprzepuszczalną, w warunkach polskich zastosuje się prostą procedurę wykorzystującą ustaloną zależność wykorzystania terenu i związanym z tym wykorzystaniem procentowym udziałem powierzchni nieprzepuszczalnej, zgodnie z planami zagospodarowania przestrzennego. Zawierają one informacje o granicach działek i ich przeznaczeniu wynikającymi z planów zagospodarowania terenu. Dla polskich warunków na podstawie analizy miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego określono udział pokrywy nieprzepuszczalnej, dla różnych form użytkowania terenu tabela 2.

**Tabela 2.** Udział powierzchni uszczelnionej w różnych formach użytkowania terenu

| Forma zagospodarowania terenu             | Udział powierzchni uszczelnionej w [%] | Oznaczenie literowe zgodne z MPZP |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| Tereny zabudowy zagrodowej                | 40-60                                  | MR, MRN                           |
| Tereny zabudowy jednorodzinnej            | 50-70                                  | M, MN                             |
| Tereny mieszkaniowo-usługowe              | 50-70                                  | MU                                |
| Tereny usług                              | 50-75                                  | U                                 |
| Infrastruktura komunikacyjna drogi        | 95-98                                  | KD                                |
| Tereny przemysłowe                        | 60-75                                  | P                                 |
| Tereny obsługi turystyki                  | 20-80                                  | US                                |
| Tereny infrastruktury technicznej         | 70-80                                  | IT                                |
| Tereny zielone – łąki, lasy, tereny rolne | 0,5-1                                  | ZN, ZL                            |
| Tereny rolne                              | 2-3                                    | R, RU, RPO                        |
| Otwarte tereny miejskie (skwery, parki)   | 8-12                                   | -                                 |

## Wpływ realizacji i eksploatacji planowanego wyciągu narciarskiego na ewentualną zmianę i wielkość zmiany stosunków wodnych

W celu określenia zmian stosunków wodnych na obszarze poddanym analizie, czyli na terenie budowy nowego odcinka trasy narciarskiej przy ulicy Zamkowej i ulicy Zielonej w Krynicy posłużono się opisaną wcześniej analizą podatności zlewni, która dość precyzyjnie określa zmianę stosunków wodnych, skutkująca negatywnymi zmianami w ekosystemach wodnych lub w ekosystemach od wód zależnych.

### Etap 1. Przygotowanie materiałów źródłowych

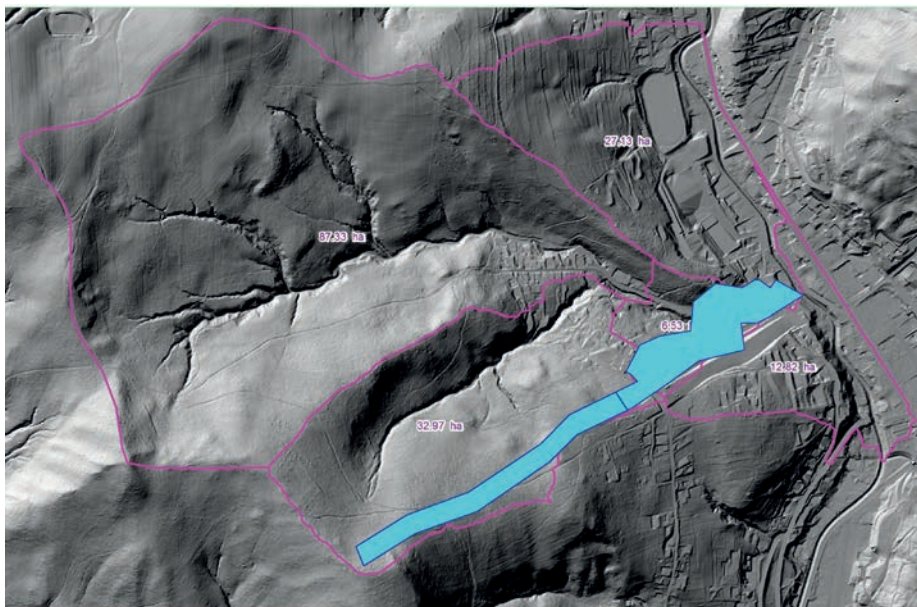
W celu określenia analizy podatności zlewni częściowych potoku Kryniczanka wykonano prace przygotowawcze polegające na: pozyskaniu mapy NMT w technologii Lidar mającej służyć do wyznaczenia zlewni częściowych, uzyskano informację o obecnym oraz docelowym sposobie zagospodarowania terenu na podstawie wizji terenowej w dokonanej w listopadzie br. oraz raportu o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia „Budowa nowego odcinka trasy narciarskiej (rozbudowa istniejącego Ośrodka Narciarskiego „HENRYK” wykonanego w 2012 r.

### Etap 2. Wyznaczenie zlewni częściowych potoku Kryniczanka

W celu określenia zlewni częściowych posłużono się mapami NMT uzyskanymi z nalołów samolotowych w technologii LIDAR. Utworzone w ten sposób mapy pozwalają na określenie rzędnych terenu w siatce 1,0 \* 1,0 [m]



z dokładnością do kilkunastu centymetrów, zależną od pokrycia terenu szatą roślinną. Mapy NMT zostały wykonane we wrześniu 2012 na podstawie nalotów dokonanych w miesiącach letnich tegoż roku. Wyznaczone zlewnie cząstkowe przedstawiono poniżej:



Rys. 9. Podział obszaru na zlewnie cząstkowe



zlewnia cząstkowa  
cieki wodne



planowany wyciąg  
istniejący wyciąg



Rys. 10. Parametry zlewni cząstkowych

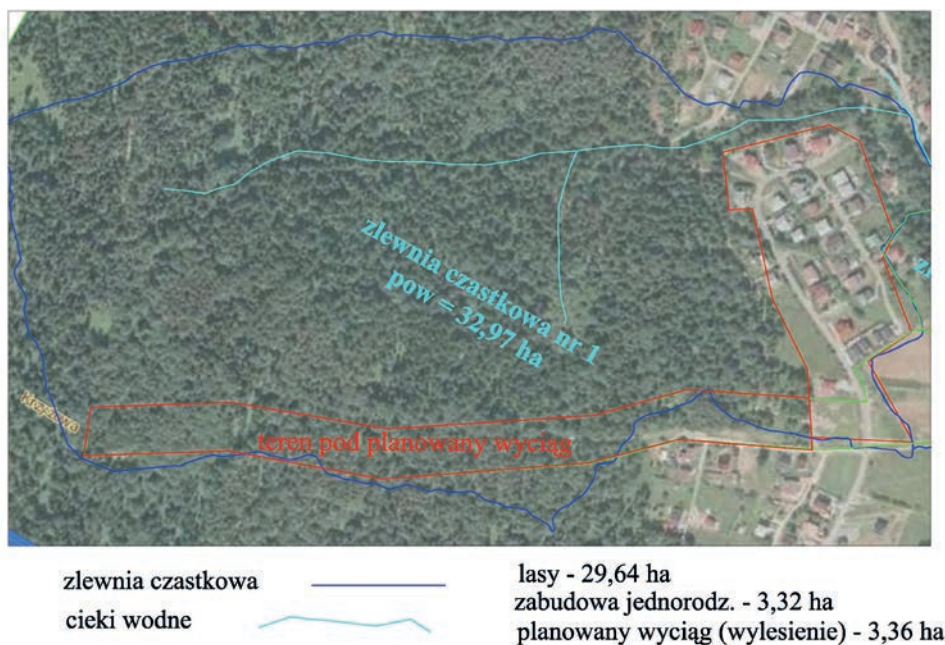


Wykonana mapa NMT posłużyła do korekty zlewni cząstkowych i do wyznaczenia skorygowanych zlewni cząstkowych (zlewnie nr 1 i 2). Zlewnia cząstkowa nr 1 obejmuje powierzchnię 32,97 ha, a zlewnia cząstkowa nr 2 powierzchnię 4,53 ha.

### Etap 3. Określenie obecnego i planowanego zagospodarowanie terenu

#### Stan istniejący

1. Zlewnia nr 1 potoku b.n. obejmuje powierzchnię 329676 m<sup>2</sup> – 32,97 ha. Zlewnia ta w swej znaczącej części porośnięta jest lasem (zadrzewienie wschodniej części zbocza wraz z osłoną biologiczną potoku b.n (pow. ok. 296 444 m<sup>2</sup> – 29,64 ha) oraz w części zabudową mieszkaniową jednorodzinną o powierzchni około 33 232 m<sup>2</sup> – 3,32 ha.



Rys. 11. Zlewnia cząstkowa nr 1

2. Zlewnia nr 2 – zlewnia bezpośrednia potoku b/n będącym dopływem potoku Kryniczanka obejmuje powierzchnię 45 288 m<sup>2</sup> – 4,53 ha. Zlewnia ta obejmuje teren istniejącej trasy narciarskiej o powierzchni około 32 642 m<sup>2</sup> – 3,26 ha oraz osłonę biologiczną potoku (zadrzewienia) o powierzchni około 12 646 m<sup>2</sup> – 1,26 ha.



Rys. 12. Zlewnia cząstkowa nr 2

#### Stan planowany

- W ramach działań inwestycyjnych inwestor planuje wylesienie części obszaru o powierzchni wylesienia około 33 652 m<sup>2</sup> – 3,36 ha.
- Współczynniki uszczelnienia zlewni dla różnych powierzchni wynoszą (zgodnie z tabelą 2): lasy – 0,5-1% – przyjęto 0,5%; tereny zabudowy jednorodzinnej 50%-70% przyjęto 50%; tereny obsługi turystyki (wyciągi narciarskie) 20%-80% – z uwagi na sposób przygotowania trasy narciarskiej (opisany w pkt 3) przyjęto 80%.

#### Etap 4. Oszacowanie obecnej pokrywy nieprzepuszczalnej w zlewniach cząstkowych

Do obliczeń pokrywy nieprzepuszczalnej posłużono się zestawem materiałów wyjściowych – powierzchnie zlewni, sposób zagospodarowania terenu, określenie współczynników uszczelnienia wyznaczonych powyżej w punktach 1 – 3.

### Stan istniejący

Zlewnia nr 1 – stok zbocza pokryty zielenią wysoką (lasem)

| Inwentaryzacja              |          |         |        |     |
|-----------------------------|----------|---------|--------|-----|
| zlewnia                     | Powierz. | ZL      | M      | UN  |
| zlewnia 1 [m <sup>2</sup> ] | 329 676  | 296 444 | 33 232 | 0   |
| uszczelnienie               |          | 0,005   | 0,4    | 0,8 |
| 4,48%                       | 14 775   | 1 482   | 13 293 | 0   |

Oznacza to, iż w chwili obecnej zlewnię nr 1 zgodnie z przyjętą metodyką określić można jak zlewnię **naturalną (niezagrożoną)**.

Zlewnia nr 2 – istniejąca trasą narciarską z otoczeniem

| Inwentaryzacja              |          |        |     |        |
|-----------------------------|----------|--------|-----|--------|
| zlewnia                     | Powierz. | ZL     | M   | UN     |
| zlewnia 2 [m <sup>2</sup> ] | 45 288   | 12 646 | 0   | 32 642 |
| uszczelnienie               |          | 0,005  | 0,4 | 0,8    |
| 57,80%                      | 26 177   | 63     | 0   | 26 114 |

Oznacza to, iż w chwili obecnej zlewnię nr 2 zgodnie z przyjętą metodyką określić można jak zlewnię **zdegradowaną – niezdolną do samoregeneracji**.

Zlewnia nr 2 to obecnie wykorzystywany teren pod stok narciarski. Istniejącą rzeźbę terenu i jego pokrycie szatą roślinną przedstawiono na zdjęciu 4.



**Fot. 4.** Widok na obecnie eksploatowany stok narciarski (zdjęcie z kwietnia 2015 r.)

## Stan projektowany

Zlewnia nr 1 – stok zbocza pokryty lasem z wytrasowaną trasą narciarską

| Projektowane  |          |         |        |        |
|---------------|----------|---------|--------|--------|
| zlewnia       | Powierz. | ZL      | M      | UN     |
| zlewnia 1     | 329 676  | 262 792 | 33 232 | 33 652 |
| uszczelnienie |          | 0,005   | 0,4    | 0,8    |
| 12,60%        | 41 528   | 1 314   | 13 293 | 26 922 |

Oznacza to, iż docelowo zlewnię nr 1 zgodnie z przyjętą metodyką określić można jak zlewnię **zmienioną (zagrożoną)**.

Zlewnia nr 2 – istniejąca trasą narciarską z otoczeniem

| Projektowane  |          |        |     |        |
|---------------|----------|--------|-----|--------|
| zlewnia       | Powierz. | ZL     | M   | UN     |
| zlewnia 2     | 45 288   | 12 646 | 0   | 32 642 |
| uszczelnienie |          | 0,005  | 0,4 | 0,8    |
| 57,80%        | 26 177   | 63     | 0   | 26 114 |

Oznacza to, iż docelowo zlewnię nr 2 zgodnie z przyjętą metodyką określić można jak zlewnię **zdegradowaną – niezdolną do samoregeneracji**.

## Etap 5. Wyniki

Zgodnie z zaproponowaną metodyką i przyjętą definicją „zmiana stosunków wodnych” – zlewnia nr 1 w ramach realizacji planowanych prac „stanie się zlewnią zagrożoną – zmienioną, a tym samym należy uznać, że nastąpiła na jej obszarze **zmiana stosunków wodnych**. Zlewnia nr 2 jest zlewnią zdegradowaną – niezdolną do samoregeneracji.

## Literatura

### Wykorzystane materiały

- BONENBERG J. i in. 2015. – Renaturyzacja terenu o powierzchni około 10 ha działki nr 87/1, 89/2, 91/1 i 91/3 Nowa Wieś gm. Łabowa woj. małopolskie – opinia 2014.
- BONENBERG J. 2015 – Analiza zmian stosunków wodnych w wyniku realizacji przedsięwzięcia „Budowa nowego odcinka trasy narciarskiej, wyciągu krzesikowego z oświetleniem i zaśnieżaniem, przeniesieniu dwóch wyciągów orczykowych, budowie budynku górnej stacji wyciągu z małą gastronomią przy ulicy Zamkowej i ulicy Zielonej w Krynicy Zdroju” – opinia 2015.

### Literatura w zakresie zastosowanej metodyki

- BONENBERG J. 2006. Zastosowanie kryteriów użytkowania gruntów w zlewni rzecznej w planowaniu gospodarowania wodami – Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej. [Rozprawa doktorska].



- CIVCO DANIEL L., Director; Chabaeva Anna A.; Prisloe Sandy, Geospatial Extension Specialist; "Development of a population density and land use based regression model to calculate the amount of Imperviousness"; ASPRS Annual Conference Proceedings; Denver, Colorado; May 2004 r.
- "GEORGIA STORMWATER MANAGEMENT MANUAL Volume 1: Stormwater Policy Guidebook"; Prepared by : AMEC Earth and Environmental Center for Watershed Protection, Debo and Associates, Jordan Jones and Goulding, Atlanta Regional Commission; First Edition; U.S., August 2001 r.
- „Indicators of Environment and Sustainable Development. Theories and Practical Experience”; Background Paper No. 89; Environmental Economics Series; World Bank; Washington 2002 r.
- Kauffman Gerald PE, Water Coordinator; Campagnini Jennifer; "Development of the University of Delaware Experimental Watershed Project"; March 31, 2001 r.
- KOEHN J.D., BRIERLEY G.J., CANT B.L., LUCAS A.M.; „River Restoration Framework”; Land & Water; Australia 2001 r.
- NACHLIK E., red., praca zbiorowa; „Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych na zasoby wodne dla wskazania części wód zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych”; Monografia PK; Kraków 2004.
- PHILLIPS N., BENNETT J., MOULTON D.; "Principles and Tools for Protecting Australian Rivers"; Land & Water Australia, Queensland Environmental Protection Agency; Canberra ACT 2601; Australia 2001 r.
- Pilot TMDL Applications using the Impervious Cover Method; ENSR Corporation, Project No.: 10598-001-002; United States Environmental Protection Agency, Region I; October 2005 r.
- RUTHERFURD IAN D., JERIE KATHRYN, MARSH NICHOLAS; "A Rehabilitation Manual for Australian Streams VOLUME 1"; Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Land and Water Resources Research and Development Corporation; Canberra ACT 2601 Monash University; Australia 2000 r.
- RUTHERFURD IAN D., JERIE KATHRYN, MARSH NICHOLAS; "A Rehabilitation Manual for Australian Streams VOLUME 2"; Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Land and Water Resources Research and Development Corporation; Canberra ACT 2601 Monash University; Australia 2000 r.
- ZIELINSKI JENNIFER; "Watershed Vulnerability Analysis"; Center for Watershed Protection; Ellicott City, MD 21043; www.cwp.org; the United States of America; January 2002 r.

## GIS as an evaluation tool of loss in the environment on protected areas

### Summary

The aim of this publication is to present the usage of GIS tools for assessment of modification in the environment ensuing from human activities on the legally protected sites in the EIA system. In accordance with Nature Protection Act on the legally protected sites it is prohibited to, among others: annihilate and devastate buffer strips, roadside shrubs and aquatic shrubs, execute earthwork that will permanently change the land form or to perform any changes in aquatic relations. Unfortunately, in none of the executive regulations (decrees) did the legislator propose the method of assessment of those changes. In as far as devastation of vegetation cover is relatively easy to prove to a potential perpetrator it is not the case with assessment whether earthworks have permanently deformed the site or whether the aquatic relations have been changed. In this publication the task has been undertaken to present proposition of a method estimating changes and assessing whether those changes were significant, on the example of the real cases that occurred in the Beskid Sądecki region. In those assessments were used, among others: GIS techniques and NMT maps acquired by aviation.

KEY WORDS: environmental impact assessment, legally protected areas, analysis after the realization, Geographic Information System (GIS)

SŁOWA KLUCZOWE: ocena oddziaływania na środowisko, tereny prawnie chronione, analiza porealizacyjna, System Informacji Geograficznej (GIS)

## **WYKORZYSTANIE MODELI OBLICZENIOWEJ MECHANIKI PŁYNÓW DO MODELOWANIA CIEKÓW NATURALNYCH**

### **Wstęp**

Model według jednej z najprostszych definicji, to przybliżona reprezentacja świata realnego (Sorooshian i in. 2008). Przy badaniu hydrosfery w powstających na początku XX w. instytutach europejskich – takich jak (Hughes, 1993): Franzius-Institut w Niemczech – 1914, Delft Hydraulics w Holandii – 1927, Danish Hydraulic Institute w Danii – 1964 – wykonywano modele fizyczne. Z powodu znacznych nakładów pracy potrzebnych na stworzenie modelu i wysokich kosztów, ich zastosowanie było ograniczone.

Modele numeryczne zaczęto wykonywać od lat 60. XX w. wraz z rozwojem informatyki (Garde, 1995). W pracy operacyjnej i codziennym użytku służb hydrometeorologicznych pojawiły się one kilka dekad później. Obecnie numeryczne modele hydrologiczne używane są do określania zagrożenia powodziowego i jakości wody, są stosowane coraz powszechniej w zarządzaniu ryzykiem oraz planowaniu inwestycji zarówno ze strony inwestorów jak i administracji publicznej. Przyglądając się dostępnej literaturze, funkcjonalności modeli oraz specjalistycznym usługom oferowanym na rynku, można wyróżnić następujące pola do zastosowania modeli hydrologicznych:

- zarządzanie środowiskiem i ryzykiem środowiskowym,
- rekultywacja i kształtowanie środowiska,
- dostosowanie do zmian klimatu,
- hydrotechnika,
- przemysł.

### **Modele wykorzystywane obecnie do analizy hydrosfery**

Z reguły do prac związanych z ogólnie pojętym środowiskiem wodnym stosuje się odpowiednie modele. Jest to specjalistyczne oprogramowanie, które zawiera najczęściej podstawowy człon odpowiedzialny za



wykonanie obliczeń hydraulicznych oraz szereg dodatkowych funkcjonalności, odpowiedzialnych między innymi za określenie jakości wody, depozycji osadów czy określenia miejsc zalewowych, a wszystko to powiązane z modułami GIS lub kompatybilne z Systemami Informacji Geograficznej. Często jest tak, że model ilościowy jest podstawą do wykonywania późniejszych analiz na bazie parametrów przepływu.

Szereg modeli komercyjnych (takich jak MIKE 11 duńskiego DHI, amerykański EFDC Explorer) oraz udostępnianych na zasadach *open source* (takich jak Delft3D holenderskiego Deltares, amerykański HEC-RAS) dość szczerze wypełnia rynek. Niniejsze opracowanie skupione jest na wykorzystaniu innego podejścia – analizie przepływu rzeki i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z wykorzystaniem modelu obliczeniowej mechaniki płynów – OpenFOAM. Artykuł ma za zadanie wskazanie wad i zalet poszczególnych rozwiązań i ułatwienie wyboru odpowiedniego narzędzia.

## Sposób opisu przestrzeni – modele jedno-, dwu-, i trójwymiarowe

Przy wyborze odpowiedniego narzędzia należy skupić się na aspekcie podstawowym – ile wymiarów trzeba wziąć pod uwagę, aby odpowiednio opisać badane zjawisko.

Powszechnie stosowane modele 1D oraz 2D dają szereg możliwości przewidywania obszarów zalewowych lub prognozowania jakości wody. Niektóre zagadnienia wymagają jednak podejścia pełnego i wykorzystania modeli trójwymiarowych. Czym tak naprawdę różni się model dwu- od trójwymiarowego i dlaczego stosując model jednowymiarowy, można wyznaczyć miejsca zagrożone zalaniem wraz z głębokością wody (co przecież rozgrywa się w przestrzeni geograficznej, trójwymiarowej)?

Modelowanie jednowymiarowe polega na potraktowaniu cieków jako jednolitego kanału, wzdłuż którego płynie woda. Można to sobie wyobrazić jako umiejscowioną w przestrzeni pojedynczą linię (wektor) o określonych parametrach. Wykorzystywane są uproszczone równania Naviera-Stokesa, opisujące przepływ, gdzie uwzględniana jest jedynie prędkość (ruch) wzdłuż cieków, i zerowana w poprzek i w profilu pionowym. Wykorzystując przekroje koryt cieków, dane o przepływie i numeryczny model terenu, można prognozować wysokość zwierciadła wody, a co za tym idzie, wyznaczyć tereny zagrożone zalaniem. Wykorzystując model 1D, uzyskuje się więc rozkład zjawiska w przestrzeni dwu-, a w zasadzie nawet trójwymiarowej, ponieważ można określić głębokość wody. Model 2D w równaniu przepływu uwzględnia dodatkowo składową  $Y$  (w poprzek cieków), może w dobrym stopniu przybliżyć więc zachowanie masy wody w jeziorach, szerokich rzekach lub rzekach silnie meandrujących. Zastosowanie tego typu modeli jest tańsze i szybsze niż modeli trójwymiarowych (Liu, 2008).

## Zastosowanie podejścia trójwymiarowego

Istnieją przypadki, do których analizy konieczne jest użycie modelu trójwymiarowego. Podstawowym i pierwotnym środowiskiem do zastosowania modeli 3D są rejon nabrzeży. Ważne zagadnienie stanowią także niewielkie rozmiary domen (model 3D wykorzystuje się w celu uzyskania wyników o większej rozdzielczości przestrzennej). Jeszcze innym zagadnieniem jest rozprzestrzenianie się różnego rodzaju substancji w środowisku wodnym. Chodzi tutaj o zanieczyszczenia przemieszczające się w nieco inny sposób niż domieszki pasywne. Stosowana przy wykonywaniu pomiarów na ciekach rodamina, nie zmienia swojej prędkości i masy w czasie. W przypadku natomiast węglowodorów istnieje konieczność zastosowania podejścia trójwymiarowego – ich stężenie w przekroju cieku jest mocno zróżnicowane – tworzy się film na powierzchni wody i nie następuje dokładne wymieszanie. Niezbędne jest więc zastosowanie modeli wykorzystujących równania Naviera-Stokesa bez uproszczeń charakterystycznych dla modeli innych niż trójwymiarowe.

Bardzo ważnym aspektem przy doborze „liczby wymiarów” modelu jest też skala zjawiska. Istnieją dwuwymiarowe (co do mechaniki działania) modele rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ropopochodnych na morzach (np. GNOME – General NOAA Operational Modeling Environment), odpowiednie do zastosowań dla dużych obszarów, takich jak morza (model potrafi rozpatrywać jednak kilka izolowanych wertykalnie warstw). Przy niewielkich obszarach badawczych, wielkości kilkudziesięciu czy kilkuset metrów, wskazane jest zastosowanie modelu 3D w celu lepszego zobrazowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Ponadto, przy niewielkim rozmiarze domeny, zastosowanie modelu 3D staje się technicznie możliwe (ograniczenia ze względu na moc obliczeniową komputerów), a wyniki osiągalne w akceptowalnym czasie (w zależności od wielu czynników, często do kilkudziesięciu godzin, nawet dla sprzętu dostępnego dla użytkowników domowych).

## Zastosowanie rozwiązań innych niż standardowe

Istnieją modele przeznaczone do analizy wód zarówno śródlądowych, jak i morskich, uwzględniające podejścia jedno-, dwu- i trójwymiarowe. Oznacza to, że wiele powszechnych problemów związanych z gospodarowaniem wodami może być rozwiązyanych za pomocą dość intuicyjnych, nie wymagających specjalnej wiedzy technicznej, fizycznej i programistycznej narzędzi. Można tu wyliczyć komercyjne oprogramowanie duńskiego instytutu DHI (np. modele MIKE) lub udostępniane w dużej mierze na zasadzie wolnej licencji modele holenderskiego Deltares (np. najnowszy, rozwijany Delft3d Flexible Mesh), amerykański (darmowy) HEC-RAS lub rozwiązania zintegrowane ze środowiskiem GIS (np. ArcGIS).

Co, jeżeli problem, który należy rozwiązać, nie mieści się w definicji przyjętej dla tych modeli, jeżeli w rozwiązaniach nie uwzględniono danego zagadnienia?

Z pomocą przychodzą rozwiązania niestandardowe. Jednym z nich jest wykorzystanie modeli stworzonych dla rozwiązywania problemów obliczeniowej mechaniki płynów CFD (ang. Computational Fluid Dynamics – obliczeniowa mechanika płynów). Opis zastosowania takiego modelu zostanie pokazany na przykładzie obliczeń wykonanych na rzece Brdzie.

## **Materiał i metody**

### **Przykład Czyżkówka i OpenFOAM, czyli CFD w 3D**

Ilustrując potrzebę wykorzystania trójwymiarowego modelu CFD, przybliżyć przykład ujęcia wody w Czyżkówku. Analizę przeprowadzono na zlecenie Wydziału Zarządzania Kryzysowego Miasta Bydgoszczy. Jej celem była ocena ryzyka odnośnie do powierzchniowego ujęcia wody „Czyżkówko” zlokalizowanego w 17 km rzeki Brdy w Bydgoszczy w sytuacji dopuszczenia do ruchu jednostek pływających o napędzie spalinowym, w jego strefie ochronnej wraz z propozycją rozwiązań zabezpieczających.

Do modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w rzece wykorzystano model OpenFOAM (Open source Field Operation And Manipulation). Jest on narzędziem z rodziny programów CFD i pozwala na symulowanie przepływów ośrodków ciągłych (powietrze, woda) z wyróżnieniem kilku odmiennych faz. Model OpenFOAM jest specyficznym narzędziem o bardzo szerokim spektrum zastosowań w różnej skali – od projektowania turbin powietrznych i wodnych, poprzez badanie aerodynamiczności pojazdów, do modelowania przepływu.

### **Jak wygląda proces modelowania?**

Cały proces modelowania (w każdej dziedzinie) podzielić można na kilka etapów obejmujących: przygotowanie danych i ustawień modelu (*pre-processing*), wykonanie symulacji, analizę wyników modelowania i ich wizualizację (*post-processing*).

W początkowym etapie przygotowania danych, na podstawie dostępnych przekrojów poprzecznych koryta wykonanych w ramach projektu Informatycznego Systemu Osłony Kraju przygotowano domenę odpowiadającą 700-metrowemu odcinkowi rzeki. W celu symulacji rozprzestrzeniania się substancji ropopochodnych w rzece, zamodelowano układ trójfazowy – powietrze (wypełniające górną część siatki obliczeniowej), fazę wodną (rzekę) oraz symulowany wyciek ropopochodnych na styku obu ośrodków (czyli na powierzchni wody).

Dla modelowania układu trójfazowego przyjęto następujące parametry dla symulowanych ośrodków:

- woda – gęstość  $1000 \text{ kg/m}^3$ , lepkość kinematyczna  $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  dla temperatury  $10^\circ\text{C}$
- substancja ropopochodna – gęstość  $780 \text{ kg/m}^3$ , lepkość kinematyczna  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

W celu modelowania układu trójfazowego (powietrze-woda-zanieczyszczenie) została zastosowana metoda zwana Volume Of Fluid (VOF). Polega to w uproszczeniu na określeniu, jaką część (od 0 do 1) stanowi dana faza w komórce obliczeniowej modelu. Inaczej mówiąc, obliczany jest stosunek objętości danej fazy w komórce obliczeniowej do objętości całej komórki.

Wykorzystując dane o parametrach przepływu i wysokościach zwierciadła wody (m.in. za pomocą pomiarów prowadzonych na potrzeby znajdujących się powyżej hydroelektrowni), przygotowano symulację. Początkowe symulacje dotyczyły jedynie aspektów hydrodynamicznych i przepływu, po wykonaniu modelu przepływu, uwzględniony został aspekt jakościowy.

Symulacje przeprowadzone zostały z różnym, dobieranym dynamicznie krokiem czasowym z zapisem co jedną sekundę. Dynamiczne dobieranie kroku czasowego to jedno z rozwiązań stosowanych w celu utrzymania stabilności symulacji. Związany z nią jest bezwymiarowy parametr zwany Liczbą Couranta (ang. Courant number), a dokładniej spełnienie warunku Couranta-Friedrichsa-Lewy’ego. Pozwala on ustalać i kontrolować długość kolejnych kroków czasowych dla których wykonywana jest symulacja. Proces modelowania polega na przybliżaniu rozwiązań równań różniczkowych, a po przekroczeniu pewnej granicznej wartości  $C$ , metoda numeryczna straci stabilność, a uzyskane za jej pomocą rozwiązanie będzie diametralnie odbiegać od rozwiązania rzeczywistego.

Substancje ropopochodne wprowadzane były punktowo, kolejno w różnych lokalizacjach powyżej ujęcia wody. Dało to możliwość analizy kilku wariantów wystąpienia zdarzeń niepożądanych.

Etap post-processingu obejmował kalibrację (uwzględniając analizę jakości wyników, korektę współczynników wejściowych i ponawianie symulacji ze zmienionymi parametrami), wizualizację i interpretację wyników. W celu zobrazowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, w opracowaniu zilustrowane zostały skrajne oraz wybrane pośrednie kroki czasowe dla przekrojów podłużnych na wybranych poziomach (głębokościach). W celu uwydatnienia rozkładu zanieczyszczeń w profilu pionowym zostały również przedstawione przekroje poprzeczne koryta.

## Wyniki

Symulacje wstępne wykonano i skalibrowano tak, że prędkość przepływu waha się od około  $0,5 \text{ m/s}$  w okolicach brzegów i dna, osiągając maksymalnie nieco poniżej powierzchni wody  $1$  do  $1,5 \text{ m/s}$ .

W przypadku uwolnienia substancji w pobliżu lewego brzegu widać wyraźnie, że zanieczyszczenie w głównej mierze transportowane jest wzdłuż niego, co ogranicza negatywny wpływ na ujęcie wody Czyżkówko. Zanieczyszczenia przemieszczają się stosunkowo wolno (odcinek około 330 metrów do czerpni pokonują w czasie większym niż 5 minut), a na modelowanym fragmencie rzeki nie następuje całkowite wymieszanie na szerokości koryta.

W przypadku uwolnienia substancji w okolicy prawego brzegu, na którym znajduje się ujęcie wody, widać, jak duże stężenia zanieczyszczeń zostają skierowane w jego stronę, a prędkość ich przemieszczania się jest niska i dopiero po ponad 5,5 minuty czoło zanieczyszczeń dociera w okolice czerpni. Maksymalny poziom zanieczyszczeń w okolicy ujęcia wody wynosić może  $190 \text{ mg/dm}^3$ .

W przypadku uwolnienia substancji w pobliżu środka rzeki można założyć, że zanieczyszczenie ściąga się na zewnętrzną stronę zakola rzeki w stronę ujęcia wody Czyżkówko. Zanieczyszczenia przemieszczają się nieco szybciej niż przy uwolnieniu w okolicy brzegu (odcinek około 330 m do czerpni pokonują w czasie nieco ponad 4 minut). Już na odcinku 300 m widać wyraźnie, że zanieczyszczenia płyną całą szerokością koryta, a największe stężenie kierowane jest w stronę ujęcia.

Przy niskich stanach wody zanieczyszczenia ulegają wolniejszemu wymieszaniu na szerokości koryta.

Poniższe ryciny (1-5) przedstawiają wyniki symulacji przy uwolnieniu substancji ropopochodnych w środkowej części koryta ( $T=0 \text{ s}$ ) i ich stężenia w czasie do 480 sekund od uwolnienia.

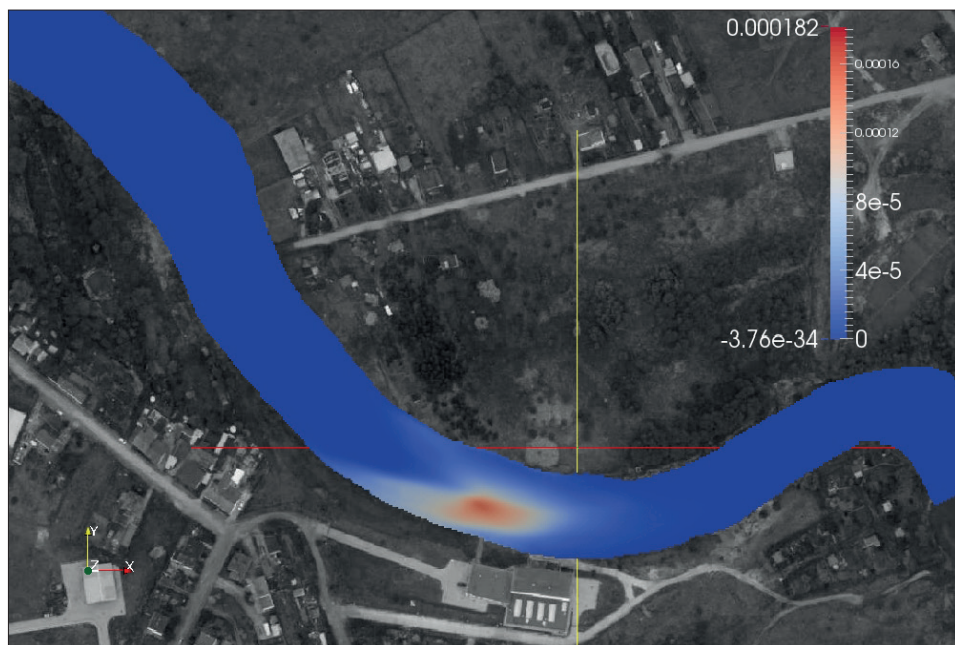


**Ryc. 1.** Uwolnienie paliwa w okolicach środka rzeki, stany wody średnie, czas symulacji: 0 s ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ )



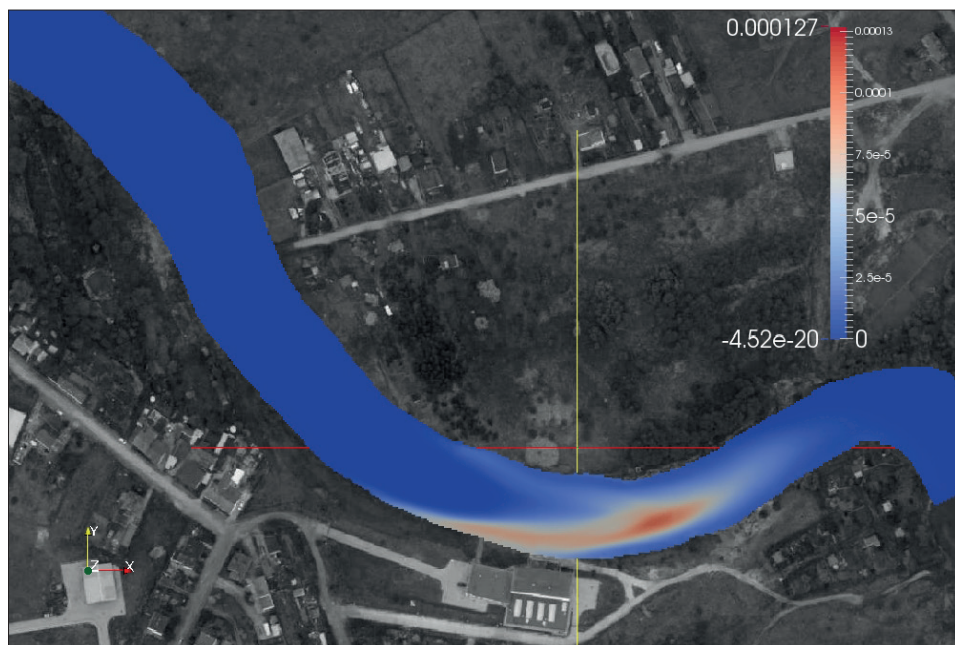


Ryc. 2. Uwolnienie paliwa w okolicach środka rzeki, stany wody średnie, czas symulacji: 160 s ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ )



Ryc. 3. Uwolnienie paliwa w okolicach środka rzeki, stany wody średnie, czas symulacji: 240 s ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ )





Ryc. 4. Uwolnienie paliwa w okolicach środka rzeki, stany wody średnie, czas symulacji: 320 s ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ )



Ryc. 5. Uwolnienie paliwa w okolicach środka rzeki, stany wody średnie, czas symulacji: 480 s ( $\text{dm}^3/\text{dm}^3$ )

## Dyskusja, czyli kiedy wybrać trzeci wymiar?

Analiza zagrożenia dla ujęcia wody nie mogła być przeprowadzona w modelu dwuwymiarowym ze względu na znaczne zróżnicowania stężenia zanieczyszczenia w profilu oraz konieczność dokładnego określenia zachowania modelowanej substancji w bezpośredniej okolicy czerpni ujęcia. Podczas przeprowadzania analizy największe trudności sprawiło oszacowanie wielkości emisji substancji ropopochodnych, w szczególności pochodzących z normalnego użytkowania jednostek pływających oraz trudności z dobraniem współczynników charakteryzujących przepływ, takich jak współczynnik turbulencji. W wyniku analizy stwierdzono, że istnieje nieakceptowalne ryzyko przedostania się substancji ropopochodnych do czerpni ujęcia w krótkim czasie oraz przygotowano sugerowane sposoby minimalizacji zagrożeń i zwiększenia czasu na reakcję (zatrzymania ujmowania wody, stosowania rozwiązań uniemożliwiających lub spowalniających przedostawanie się takich substancji do czerpni). Omówione podejście do modelowania charakteryzuje się dużym zapotrzebowaniem na zasoby obliczeniowe oraz koniecznością dostarczenia dokładnych danych wejściowych. Im dokładniejsze dane wejściowe na temat profilu przepływu, współczynników turbulencji i dyfuzji oraz morfologii koryta rzecznego, tym dokładniej można przewidzieć zachowanie modelowanej substancji. Ze względu na „zasobożerność” modelowanie 3D zalecane jest dla niewielkich rozmiarów domen.

Podsumowując: modelowanie przepływu z wykorzystaniem modeli 3D daje nowe możliwości planowania i analizy zagrożeń. Mając pełny obraz przepływu w trzech wymiarach, można modelować zarówno rozprzestrzenianie się różnego rodzaju zanieczyszczeń, jak i kształtowanie się samego koryta rzecznego i bezpieczeństwo budowli hydrotechnicznych. Przytoczony przykład z Bydgoszczy pokazuje potrzebę stosowania tego typu modeli do celów decyzyjnych.

Zasadność zastosowania modelu trójwymiarowego warunkowana jest specyficznym przypadkiem. Za niewątpliwy plus takiego podejścia można uznać dokładność bez uproszczeń oraz możliwość przeprowadzenia symulacji, których nie da się rozwiązać wykorzystując podejście jedno- ani dwuwymiarowe. Minusem jest duże zapotrzebowanie na zasoby i czasochłonność symulacji, a także często trudność w utrzymaniu jej stabilności.

**Plusy i minusy zastosowania modelu OpenFOAM do modelowania hydrologicznego:**

**Plusy:**

- darmowy;
- wykorzystanie „czystej” obliczeniowej Mechaniki Płynów (CFD) – w powszechnie stosowanych modelach matematyczny opis przepływu jest często uproszczony;

- otwarty kod i możliwość wprowadzania dowolnych zmian i rozwiązań, także nowych definicji procesów fizycznych i chemicznych, szerokie możliwości konfiguracji;
- możliwość modelowania 3D;
- możliwość tworzenia skomplikowanych układów przestrzennych w szerokim zakresie skal (lokalne zagęszczanie siatki obliczeniowej nawet do pojedynczych elementów hydrotechnicznych);
- współpraca z GRASS GIS – możliwy import danych geoprzestrzennych;
- modelowanie kilku faz (metoda Volume Of Fluid);
- zastosowania do wszelkich rodzajów przepływów, także przepływu powietrza.

### **Minusy:**

- trudność w konfiguracji i utrzymaniu stabilności symulacji;
- w wielu przypadkach konieczność definiowania własnych rozwiązań;
- trudność i czasochłonność budowania nowego modelu i domeny obliczeniowej;
- wymagane doświadczenie i fachowa wiedza przy tworzeniu symulacji
  - nieintuicyjna obsługa oraz brak GUI (obsługa z linii komend);
- „zasobożerność”, ograniczenia co do skali i obszaru modelowanego;
- brak współpracy z innymi modelami.

## **Literatura**

- GARDE R.J. 1995. History of Fluvial Hydraulics.
- HUGHES S. 1993. Physical Models and laboratory techniques in coastal engineering.
- LIU X. 2008. Numerical Models for Scour and Liquefaction around Object under Currents and Waves. Ph.D. thesis, University of Illinois at Urbana and Champaign.
- MOSSELMAN E. WL | Delft hydraulics: history, mission and models.
- OpenFOAM user guide: <http://cfd.direct/openfoam/user-guide/>.
- SAJJAD A. 1999. Comparison of One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Modeling Approaches For Red River Basin, Natural Resources Institute Facility for Intelligent Decision Support University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada.
- SHARMA D., SOROOSHIAN S., WHEATER H. 2008. Hydrological Modelling in Arid and Semi-Arid Areas. New York, Cambridge University.
- SINHA S., LIU X., GARCIA M.H. 2012. Three-dimensional Hydrodynamic Modeling of the Chicago River, Illinois, Environmental Fluid Mechanics, 12 (5): 471-494.
- SINHA S., LIU X., GARCIA M.H. 2013. A Three-dimensional Water Quality Model of Chicago Area Waterway System (CAWS), Environmental Modeling & Assessment, 18:567-592.

## The application of computational fluid dynamics models to natural river channels

### Summary

The Article deals with issues related to hydrological modelling using dedicated models and other approaches on the example of risk assessment for the surface water intake "Czyżkówko". The article focuses also on advantages and disadvantages different types of flow models.

The Open FOAM (Open Source Field Operation And Manipulation) model was used for the modelling of pollution dispersion in the river. It is a tool from the CFD (Computational Fluid Dynamics) software family. The model is based on Navier-Stokes equations (mass, drive and energy behaviour for fluids). Such models may be widely applied for modelling of continuous mediums, such as air and water.

In order to simulate the dispersion of petroleum substances in the river, a three-phase set was modelled – air (in the top part of the computational grid), water phase (river) and simulated leak of petroleum substances on the verge of both mediums (i.e. on the water surface). In order to simulate a few phases, the volume of fluid (VOF) method was applied. It consists in defining what part (from 0 to 1) a given phase constitutes the model's computational grid. In other words, the ratio between the volume of a given phase in the computational grid and the volume of the entire grid is calculated.

The simulation was ran after domain model preparation and establishing boundary and initial conditions on the basis on given data. After the simulation, the results for each time step may be analysed and visualised with the use of specialist software (e.g. ParaView). It makes it possible to analyse the time series of a selected point in the domain, visualisations, create intersections and other. Based on the conducted simulations and probability of the pollution reaching directly the water intake port, the authors of the report concluded, that without security devices protecting the intake, approving the diesel boat traffic will create unacceptable risk due to the safety of people and cost of possible water supply system repair.

In the Article was also described what is important in aspect of model choosing and when it is better to use 3D or CFD models.

**KEY WORDS:** Oil Spill, CFD, Computational Fluid Dynamics, Hydrological Modelling, OpenFOAM, water quality

**SŁOWA KLUCZOWE:** wyciek ropopochodnych, CFD, Obliczeniowa mechanika płynów, modelowanie hydrologiczne, OpenFOAM, jakość wody



## WALORYZACJA GEORÓŻNORODNOŚCI I BIORÓŻNORODNOŚCI NA POTRZEBY OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

### Wprowadzenie

Georóżnorodność i bioróżnorodność są pojęciami różnie definiowanymi i szeroko stosowanymi. Dotyczy to zwłaszcza bioróżnorodności, która jest analizowana na trzech podstawowych poziomach organizacji biosfery – populacyjnym, biocenotycznym i krajobrazowym, głównie w związku z jej ochroną poprzez zarządzanie środowiskiem (Loreau i in. 2001, Balvanera i in. 2006). Mimo istniejącej fundamentalnej zależności bioróżnorodności od georóżnorodności (Science..., 2015), współczesny system prawny w Polsce, jak i praktyczne działania w ramach zarządzania środowiskiem przyrodniczym, są skoncentrowane głównie na przyrodzie ożywionej (Kistowski 2012, Najwer i in. 2016). Druga składowa różnorodności przyrodniczej (Serrano i Ruiz-Flaño 2009), jaką jest georóżnorodność, sporadycznie pojawia się jako przedmiot tematem badań naukowych i analiz na potrzeby praktyki (Najwer i Zwoliński 2014, Najwer i in. 2016). Zważając na fakt, że w krajach Unii Europejskiej jednym z instrumentów zrównoważonego zarządzania środowiskiem są procedury związane z oceną oddziaływania na środowisko (OOŚ), w niniejszym artykule zaproponowano metodykę waloryzacji abiotycznych i biotycznych komponentów środowiska przyrodniczego przy wykonywaniu dokumentów na potrzeby OOŚ.

Zgodnie z Ustawą (2008) o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko są wykonywane dwa typy ocen oddziaływania na środowisko. Jednym z nich jest ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko (art. 3.1.8). W ramach tej procedury administracyjnej jest sporządzana karta informacyjna przedsięwzięcia lub raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko w zależności od decyzji organu przeprowadzającego postępowanie (art. 74.1). Drugi typ procedury administracyjnej to strategiczna ocena oddziaływania na środowisko (art. 46), odnosząca się do skutków realizacji polityk, strategii, planów lub programów, wyznaczających ramy dla późniejszej realizacji przedsięwzięć mogących znacząco oddziały-



wać na środowisko (w dziedzinie przemysłu, energetyki, transportu, telekomunikacji, gospodarki wodnej, gospodarki odpadami, leśnictwa, rolnictwa, rybołówstwa, turystyki i innych). Oceny strategiczne są wykorzystywane także przy wskazywaniu skutków ustaleń w projektach studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, a także planów zagospodarowania przestrzennego. Dla przeprowadzenia tej procedury jest sporządzana prognoza oddziaływania na środowisko. Merytoryczny zakres raportu (art. 66) i prognozy (art. 51) jest podobny. W każdym z nich ma być przedstawiony istniejący stan środowiska przyrodniczego dla obszaru objętego przewidywanym, znaczącym oddziaływaniem na abiotyczne (m.in. ukształtowanie powierzchni terenu z uwzględnieniem ruchów masowych ziemi, zasoby naturalne, a szczególnie zasoby mineralne, elementy hydrograficzne i warunki klimatyczne) oraz biotyczne (m.in. ludzi, rośliny, zwierzęta, grzyby i siedliska przyrodnicze, różnorodność biologiczną) komponenty środowiska, a także na krajobraz – rozumiany jako wzajemne, strukturalno-funkcjonalne i przestrzenne powiązania pomiędzy tymi komponentami.

Raporty i prognozy sporządzane w ramach obydwóch wymienionych procedur administracyjnych są gromadzone w bazie danych prowadzonej przez Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska. Baza jest systemem informatycznym służącym do zbierania, przetwarzania i udostępniania informacji o postępowaniach w zakresie ocen oddziaływania na środowisko. Na potrzeby niniejszego opracowania przejrano treść 50 raportów i 70 prognoz, wykonanych w ostatnich 10 latach. Żaden z dokumentów nie zawierał analizy stanu środowiska przyrodniczego w ujęciu krajobrazowym. Zamieszczano w nich jedynie opis wybranych przyrodniczych struktur środowiska objętych zakresem przewidywanego oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko, z reguły bez ujęcia kartograficznego, wymaganego wyżej wymienioną Ustawą (2008, art. 66.14).

W latach 2011-2014 zostały przeprowadzone badania nad georóżnorodnością i bioróżnorodnością obszaru zlewni Dębnicy na Pomorzu Zachodnim. Ich celem była ocena struktury i funkcjonowania krajobrazu dla różnych potrzeb planistycznych. Ocenę tą oparto na metodyce wykorzystującej badania terenowe oraz bazodanowe systemy informacji geograficznej. Opracowania procedury podjął się interdyscyplinarny zespół specjalistów w zakresie abiotycznych i biotycznych uwarunkowań środowiskowych oraz w zakresie geoinformacji. Może mieć ona zastosowanie przy wykonywaniu raportów i prognoz na potrzeby OOŚ. Procedura ta uwzględnia stan współczesnej wiedzy i metod badań oraz istniejące możliwości technologiczne i dostępność danych, w tym danych cyfrowych. Ważnym walorem tej procedury jest nie tylko przedstawianie zagadnień w formie kartograficznej (zgodnie z wymogiem cytowanej Ustawy 2008, art. 66.14), ale również bazodanowej, umożliwiającej wszechstronne przeprowadzenie analiz oddziaływania na środowisko. W niniejszym artykule zostały przedstawione podstawowe założenia tej procedury badawczej, dane źródłowe oraz syntetyczny wynik waloryzacji obszaru

badan z punktu widzenia georóżnorodności i bioróżnorodności, natomiast szczegółowo została ona scharakteryzowana i poparta materiałem referencyjnym w publikacji Najwer i in. (2016).

## Materiał i metody

Podstawowe etapy proponowanej metodyki waloryzacji georóżnorodności i bioróżnorodności, z użyciem narzędzi systemu informacji geograficznej, wpisują się w ogólny schemat postępowania badawczego przedstawionego przez Najwer i Zwolińskiego (2014) do oceny georóżnorodności. Założenia metodyczne, w tym kryteria oceny i szeregi bonitacyjne dla każdej z map czynnikowych zostały szczegółowo omówione w artykule Najwer i in. (2016). W związku z powyższym w niniejszej publikacji opisano jedynie główne założenia metodyczne.

Materiał dokumentacyjny stanowi zbiór analogowych oraz cyfrowych danych przestrzennych, które zostały zintegrowane na platformie geoinformacyjnej w oprogramowaniu ArcGIS. Przy waloryzacji georóżnorodności kluczowy okazał się cyfrowy model wysokościowy. Stanowił on dane wejściowe do wykonania map czynnikowych: energii rzeźby (różnorodności wysokości względnych), fragmentacji rzeźby oraz różnorodności mezoklimatycznej. Wykorzystano w tym celu jeden z modeli dostępnych dla obszaru całej Polski – Digital Terrain Elevation Data Level 2 (DTED 2, NGA 2015), który powstał poprzez wektoryzację wojskowych map topograficznych w skali 1 : 50 000. Model ten posiada rozdzielczość 1'' × 1'', co odpowiada oczku rastra o wymiarach ok. 30 m × ok. 30 m, a jego dokładność pozioma wynosi  $\pm 23$  m i pionowa  $\pm 18$  m (DoD 2000). Do utworzenia mapy czynnikowej różnorodności litologicznej wykorzystano 4 analogowe arkusze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (Dobrcka 2001, 2009, Popielski 2000, Lewandowski, Chybiorz 2003), które zostały poddane wektoryzacji. Do utworzenia ostatniej mapy czynnikowej elementów hydrograficznych posłużyły: Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 50 000 (IMGW 2007), hydrograficzne zdjęcie polowe w roku 2004 oraz geobaza DTED 2.

Wielkość komórki map rastrowych po uwzględnieniu rozdzielczości danych źródłowych, ich terenowemu uszczegółowieniu oraz charakterystyki morfologicznej obszaru badań, ustalono na 30 × 30 m (Najwer i in. 2016).

W przypadku waloryzacji georóżnorodności podstawą algorytmu analitycznego jest odpowiedni dobór kryteriów oceny w nawiązaniu do definicji georóżnorodności (Zwoliński 2004, Gray 2004, 2013) oraz ich ilościowa bądź jakościowa rekasyfikacja do 5-stopniowej skali różnorodności: bardzo mała, mała, średnia, duża i bardzo duża (Najwer i in. 2016). Rekasyfikacja ilościowa może wykorzystywać różne statystyczne metody grupowania danych, jednak praktyka wskazuje, że najdogodniejszą metodą jest metoda naturalnej przerwy zaproponowana przez Jenksa (1967). Rekasyfikacja jakościowa z kolei jest

oparta na stosowaniu systemów eksperckich (Rodriguez-Bachiller, Glasson 2004), których funkcjonalność jest zależna od specyfiki rozpatrywanego zagadnienia. Georóżnorodność zlewni Dębnicy (Najwer i in. 2016) została zwaloryzowana na podstawie pięciu kryteriów: litologii osadów, energii rzeźby, fragmentacji rzeźby, elementów hydrograficznych: jezior, cieków i źródeł oraz cech mezoklimatycznych. Uzyskano 5 map czynnikowych, które dalej poddano analizie wielokryterialnej z wariantem analizy procesów decyzyjnych (Saaty 1977, 1980, 1994). Dla poszczególnych map czynnikowych różnorodności abiotycznej wyliczono wagi z punktu widzenia ich potencjalnego wpływu na ogólną georóżnorodność obszaru badań. Mapy zintegrowano w analizie nakładania przy wykorzystaniu narzędzia Weighted Sum w ArcGIS.

Procedura badawcza dotycząca oceny bioróżnorodności składa się z pięciu kolejno wykonanych zadań badawczych, którymi są:

- weryfikacja danych dotyczących użytkowania ziemi i pokrycia terenu zaczerpniętych z bazy CORINE Land Cover 2006 wraz z ich uszczegółowieniem na podstawie autorskiego kartowania terenowego;
- analizy syntaksonomiczne i przestrzenne zróżnicowania roślinności rzeczywistej na poziomie fitocenotycznym, na obszarach testowych reprezentatywnych dla typów użytkowania ziemi i pokrycia terenu;
- analizy typologiczne i przestrzenne zróżnicowania potencjalnej roślinności naturalnej;
- ocena bioróżnorodności jednostek potencjalnej roślinności naturalnej na podstawie trofii siedlisk;
- ocena bioróżnorodności na podstawie hemerobii i syngenezy zespołów roślinnych tworzących roślinność rzeczywistą.

Dane dotyczące użytkowania ziemi i pokrycia terenu pozyskane z CORINE Land Cover 2006 (GIOŚ 2015) zostały zweryfikowane i uszczegółowione za pomocą kartowania terenowego w latach 2011-2014. Podczas kartowania równolegle były prowadzone studia nad syntaksonomicznym zróżnicowaniem roślinności rzeczywistej poszczególnych wydziałów użytkowania ziemi i pokrycia terenu, metodą fitosocjologiczną scharakteryzowaną przez Dzwonko (2007). W wyniku tych studiów zidentyfikowano zespoły roślinne tworzące roślinność rzeczywistą. W identyfikacji posłużono się kluczami Brzega i Wojterskiej (2001) oraz Matuszkiewicza (2012).

Wyniki studiów fitosocjologicznych były podstawą do kolejnego etapu badań, a mianowicie do typologicznego zróżnicowania potencjalnej roślinności naturalnej. Typy jednostek roślinności potencjalnej uzyskano poprzez pogrupowanie zidentyfikowanych zespołów roślinnych w szeregi homologiczne dynamicznych kręgów zespołów zastępczych, zgodnie z koncepcją Matuszkiewicza (1974). Jednostki zostały sklasyfikowane według legendy Matuszkiewicza i in. (1995).

Przestrzenne rozmieszczenie jednostek potencjalnej roślinności naturalnej dla obszarów leśnych opracowano na podstawie algorytmów Pawlaczyka

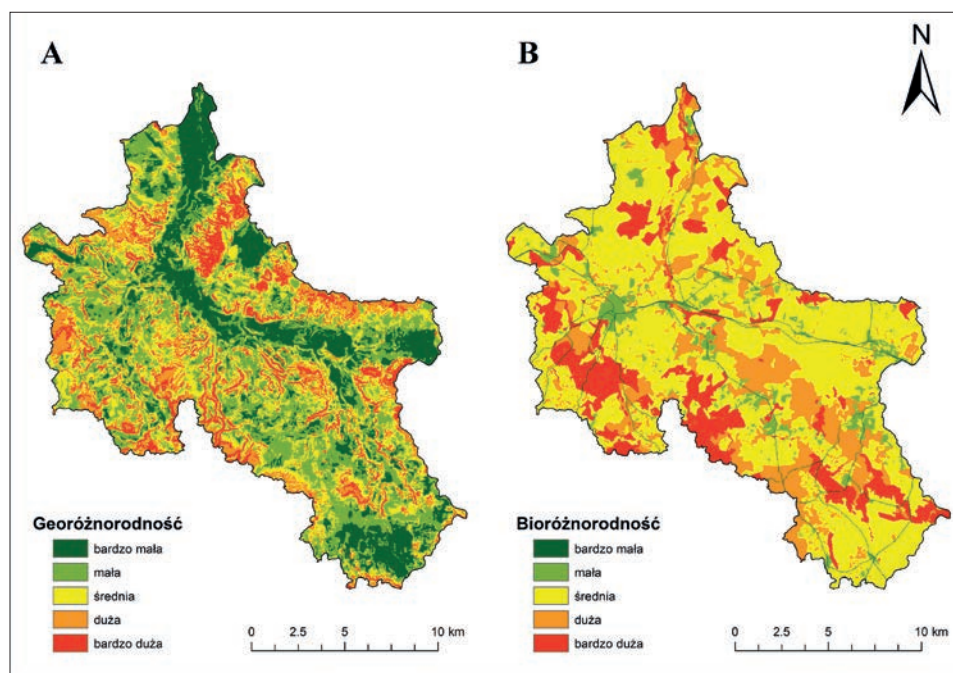
i in. (2003), opartych na opisie taksacyjnym drzewostanu oraz typie siedliskowym lasu, a dane taksacyjne i siedliskowe zaczerpnięto z operatów urzędzeniowych dla nadleśnictw. Dla obszarów nieleśnych przestrzenny rozkład jednostek potencjalnej roślinności naturalnej opracowano na podstawie map glebowo-rolniczych z Urzędu Marszałkowskiego (2015). Poszczególnym kompleksom przydatności rolniczej gleb, pozyskanych z map glebowo-rolniczych, przyporządkowano jednostki potencjalnej roślinności naturalnej, identycznie jak dla obszarów leśnych wyróżnione na podstawie studiów fytosocjologicznych i nad szeregami homologicznymi dynamicznych kręgów zespołów zastępczych.

Mapa potencjalnej roślinności naturalnej została wykorzystana w następnym etapie procedury badawczej, którym była ocena bioróżnorodności. Kryterium oceny była trofia siedlisk zajmowanych przez poszczególne jednostki potencjalnej roślinności naturalnej. W waloryzacji zastosowano 5-stopniową skalę odzwierciedlającą zasadę (powszechnie uznawaną, np. Falińska 2012) wzrostu różnorodności gatunkowej wraz z zasobnością siedliska. Najwyższą ocenę (5 pkt) przypisano jednostkom powiązanym z siedliskami skrajnie eutroficznymi (najżyźniejszymi), natomiast najniższą (1 pkt) z oligotroficznymi (najuboższymi). Dane dotyczące trofii siedlisk zaczerpnięto z prac Matuszkiewicza (2012) oraz Roo-Zielińskiej (2014). Zwarte tereny osadnicze, przemysłowe, infrastruktury technicznej i tym podobne zostały pominięte w diagnozie potencjalnej roślinności naturalnej, z uwagi na silne antropogeniczne przekształcenia krajobrazu. Ich bioróżnorodność, a także obszarów o pozostałych typach pokrycia terenu oceniono na podstawie hemerobii Sukoppa (1972). Typ hemerobii został określony na podstawie syngenezy zespołów roślinnych tworzących roślinność rzeczywistą, z zastosowaniem 5-stopniowej skali. Najniższą ocenę (1 pkt) przypisano obszarom z metahemerobią, powierzchniowo zdominowanym przez roślinność synantropijną o nieokreślonej syntaksonomii, natomiast najwyższą terenom z oligohemerobią, opanowanym przez autoogeniczną roślinność naturalną. Dane dotyczące syngenezy zespołów roślinnych zaczerpnięto z pracy Brzega i Wojterskiej (2001). Szczegóły dotyczące zastosowanych ocen waloryzacji bioróżnorodności zawiera tabela 2 w publikacji Najwer i in. (2016).

Wyniki waloryzacji bioróżnorodności zostały przedstawione na dwóch mapach czynnikowych: potencjalnej roślinności naturalnej oraz hemerobii wyrażonej syngenezą zbiorowisk roślinnych, które tworzyły roślinność rzeczywistą zlewni Dębnicy. W celu sumarycznej oceny bioróżnorodności, treść obu map czynnikowych została zintegrowana w analizie nakładania. Podobnie, jak w przypadku mapy georóżnorodności, zastosowano metodykę łączenia map czynnikowych za pomocą Weighted Sum w ArcGIS. Z uwagi na jedynie dwie mapy czynnikowe z oceną bioróżnorodności, wagowanie zostało przeprowadzone wedle wiedzy eksperckiej.

## Wyniki

Końcowy wynik waloryzacji georóżnorodności i bioróżnorodności zlewni Dębicy (Pomorze Zachodnie, lewobrzeżny dopływ Parsęty) przedstawia rycina 1. Bardzo szczegółowy obraz georóżnorodności tej zlewni wynika głównie z danych ciągłych pochodzących z cyfrowego modelu wysokościowego. Bardzo mała (20%) i mała georóżnorodność (32%) charakteryzuje ponad połowę powierzchni badanej zlewni. Jest to obszar obejmujący rozległą dolinę środkowego oraz dolnego biegu Dębicy, a także rozległe, zmeliorowane okolice Jeziora Radoniowieckiego. Do tej grupy należą także obszary zmienione antropogenicznie, w tym większe miejscowości, takie jak: Połczyn-Zdrój, Barwice i Polne. Bardzo dużą fragmentarycznością i znaczącym udziałem powierzchniowym charakteryzują się tereny o średniej georóżnorodności (25%). Duża (15%) i bardzo duża (9%) wartość georóżnorodności jest związana głównie z typowymi dla krajobrazu młodoglacjalnego formami rzeźby (wzniesienia morenowe, pagórki kemowe) stanowiącymi przez strefę marginalną fazy pomorskiej zlodowacenia wisły.



Ryc. 1. Mapy waloryzacji zlewni Dębicy: A – georóżnorodności, B – bioróżnorodności

Mapa waloryzacji bioróżnorodności powstała z danych jakościowych dyskretnych, co uwidocznia się w płatowym charakterze obrazu tej mapy. Ponad połowę obszaru badań (58%) cechuje średnia wartość bioróżnorodności. Jest to głównie obszar północnej i południowo-wschodniej części zlewni,



która jest zdominowana przez krajobraz rolniczo użytkowanej wysoczyzny moreny dennej. Obszary najwyżej zwaloryzowane (bardzo duża bioróżnorodność – 15,5%) wyraźnie koncentrują się w południowej oraz zachodniej części zlewni. Są to w większości zalesione obszary wzgórz morenowych pomorskiego garbu pojeziernego, które tworzą duże zwarte płaty z przylegającymi zazwyczaj terenami o dużej (19%) i średniej bioróżnorodności.

## Dyskusja

Przyjęta metodyka waloryzacji georóżnorodności i bioróżnorodności w sposób satysfakcjonujący odzwierciedla niezwykle urozmaicony abiotycznie i biotycznie krajobraz młodoglacjalny z retuszem holoceniowym (Zwoliński i in. 2008) i elementami krajobrazu kulturowego. Proponowana procedura może znaleźć zastosowanie w raportach o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, sporządzanych w ramach OOS, a w szczególności do:

- opisu krajobrazu, w którym dane przedsięwzięcie ma być zlokalizowane;
- określenia przewidywanego oddziaływania na środowisko analizowanych wariantów;
- uzasadnienia wyboru wariantu przedsięwzięcia do realizacji.

Wyniki oceny georóżnorodności i bioróżnorodności mogą także znaleźć praktyczne zastosowanie w drugiej z opisanych wyżej procedur, tj. strategicznej ocenie oddziaływania na środowisko w ramach sporządzania prognozy oddziaływania na środowisko, dla której punktem wyjścia jest analiza i ocena istniejącego stanu środowiska przyrodniczego przed wdrożeniem danego przedsięwzięcia. Zastosowanie praktyczne w obydwu typach dokumentów mogą znaleźć również mapy czynnikowe (mapy cząstkowej oceny wg przyjętych kryteriów), przedstawiające wartości różnorodności wymienionych w ustawie składowych abiotycznych oraz biotycznych:

- zasobów naturalnych – w tym przypadku przedstawione poprzez mapę różnorodności litologicznej osadów i skał budujących podoże;
- powierzchni ziemi – mapa różnorodności wysokości względnych (energii rzeźby) i fragmentacji rzeźby;
- stosunków wodnych – mapa różnorodności elementów hydrograficznych;
- stosunków klimatycznych – mapa różnorodności mezoklimatycznej;
- stanu formacji roślinnych – mapy potencjalnej roślinności naturalnej oraz hemerobii, zagrożonej syngenezą zbiorowisk roślinnych.

Identyfikacja obszarów charakteryzujących się najwyższymi wartościami (bardzo dużej i dużej) georóżnorodności oraz bioróżnorodności może posłużyć do delimitacji obszarów cennych przyrodniczo w celu ich ochrony i zachowania dla przyszłych pokoleń oraz prowadzenia polityki zrównoważonego rozwoju.



Proponowana procedura metodyczna pozwala przedstawić stan diagnostyczny środowiska przyrodniczego w postępowaniu oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko. Poza stwierdzeniem aktualnego stanu środowiska przyrodniczego zadaniem takich dokumentów, jak raport i prognoza jest przedstawienie działań zapobiegających, ograniczających (minimalizujących) lub kompensujących negatywne oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Oprócz tego zadaniem raportu jest wskazanie wariantu przedsięwzięcia, który jest najkorzystniejszy dla środowiska. Wymienione zadania mogą być zrealizowane na podstawie map czynnikowych oraz mapy syntetycznej opracowanych zgodnie z proponowaną procedurą metodyczną. Mapy przedstawiają zróżnicowanie przedmiotowego obszaru pod względem walorów georóżnorodności i bioróżnorodności, jak również przestrzenne relacje pomiędzy obszarami o różnych walorach abiotycznych i biotycznych. Z analizowanych, sformalizowanych kryteriów oceny wynika, jaka jakość środowiska kryje się pod każdym walorem.

Treść map czynnikowych i syntetycznych umożliwia opracowanie pochodnych map tematycznych, na przykład metodą metryk (wskaźników) krajobrazowych, pozwalających na uzyskanie informacji dotyczącej zarówno ilości i jakości zasobów ekologicznych, jak i stylów funkcjonowania krajobrazu oraz zagrożeń powodowanych działalnością człowieka. Dla wydzielonych obszarów o danym walorze odwzorowanych na mapach jest możliwe zastosowanie następujących grup wskaźników krajobrazowych: powierzchni, granic, kształtu, wielkości wnętrza, izolacji, różnorodności, przylegania, podziału, połączeń oraz kontrastu. Przegląd metryk krajobrazowych i ich zastosowania przedstawili m.in. Roo-Zielińska i in. (2007) oraz Pietrzak (2010), a ich dużą zaletą jest możliwość zintegrowania w systemach informacji geograficznej w oprogramowaniu Fragstats czy Patch Analyst w ArcGIS.

## Wnioski

Proponowana metodyka waloryzacji georóżnorodności i bioróżnorodności może być przydatna przy wykonywaniu ocen oddziaływania na środowisko, ale też do tworzenia kart identyfikacji i oceny krajobrazu, a także stanowić narzędzie ułatwiające prawidłowe zarządzanie zasobami środowiska przyrodniczego na różne potrzeby gospodarki, jak również rekreacji, turystyki tradycyjnej i geoturystyki. Przedstawiona procedura metodyczna winna stać się niezbędnym wymogiem przy ustalaniu krajowej listy krajobrazów objętych ochroną w oparciu o wytyczne Europejskiej Konwencji Krajobrazowej (Marcinek i in. 2009) i ustawę krajobrazową (Ustawa 2015), a także przy wyborze krajobrazów do Czerwonej Księgi Krajobrazu Polski (Baranowska-Janota i in. 2007). Utworzone zgodnie z podaną metodyką mapy georóżnorodności i bioróżnorodności mogą okazać się pomocne w określeniu kierunków zarządzania obszarami cennymi przyrodniczo i do delimitacji nowych

form ochrony przyrody. Stąd istnieje pilna potrzeba szybkiego sformalizowania reguł oceny georóżnorodności i bioróżnorodności w kontekście procedur ocen oddziaływania na środowisko.

**Podziękowania.** Autorzy bardzo dziękują Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku za udostępnienie map numerycznych dla lasów nadleśnictw leżących na obszarze zlewni Dębnicy. Składamy również podziękowanie Urzędowi Marszałkowskiemu Województwa Zachodniopomorskiego za udostępnienie map glebowo-rolniczych. Badania terenowe zostały częściowo sfinansowane przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

### Literatura

- BALVANERA P., PFISTERER A.B., BUCHMANN N., HE J.-S., NAKASHIZUKA T., RAFFAELLI D., SCHMID B. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9: 1146-1156.
- BARANOWSKA-JANOTA M. 2007. Turystyka w planach zagospodarowania przestrzennego i planie ochrony Tatrzańskiego Parku Narodowego. W: J. Pociask-Karteczka, A. Matuszyk, P. Skawiński (red.), Stan i perspektywy rozwoju turystyki w Tatrzańskim Parku Narodowym. Studia i monografie. Kraków-Zakopane: Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Tatrzański Park Narodowy.
- BRZEG A., WOJTERSKA M. 2001. Zespoły roślinne Wielkopolski, ich stan poznania i zagrożenie. W: M. Wojterska (ed.), Szata roślinna Wielkopolski i Pojezierza Południowopomorskiego Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 39-110.
- DoD [Department of Defense], 2000. Performance Specification Digital Terrain Elevation Data (DTED). MIL-PRF-89020B. [On-line] [https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/Documentation/MIL-PDF-89020B.pdf](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/MIL-PDF-89020B.pdf).
- DZWONKO Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Guidebook to phytosociological studies. Vademecum Geobotanicum. Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Wyd. Sorus, Poznań.
- FALIŃSKA K. 2012. Ekologia roślin. Bioróżnorodność, ochrona przyrody i ochrona środowiska. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa. Ss. 498.
- GIOŚ [Główny Inspektorat Środowiska Przyrodniczego], 2015. CORINE Land Cover - CLC. [On-line] <http://clc.gios.gov.pl/>.
- GRAY M. 2004. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. John Wiley and Sons, Chichester.
- GRAY M. 2013. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. 2nd Edition. John Wiley and Sons, Chichester.
- IMGW [Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej], 2007. Mapa Podziału Hydrograficznego Polski, 1:50 000. Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Ministerstwo Środowiska, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- JENKS G.F. 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* 7: 186-190.
- KISTOWSKI M. 2012. Prawne możliwości ochrony georóżnorodności i różnorodności krajobrazowej w warunkach polskich. *Annales UMCS* 67 (2): 45-62.

- LOREAU M., NAEEM S., INCHAUSTI P., BENGTSSON J., GRIME J.P., HECTOR A., HOOPER D.U., HUSTON M.A., RAFFAELLI D., SCHMID B., TILMAN D., WARDLE D.A. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294: 804-808.
- MARCINEK R., MYCZKOWSKI Z., SIWEK A. 2009. Możliwości wdrożenia Europejskiej Konwencji Krajobrazowej i problem zachowania dziedzictwa kulturowego poprzez kształtowanie krajowej polityki przestrzennej – rekomendacje do KZPK. W: *Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2008-2033*, Kraków-Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W. 1974. Teoretyczno-metodyczne podstawy badań roślinności jako elementu krajobrazu i obiektu użytkowania rekreacyjnego. *Wiad. Ekolog.* 20 (1): 3-13.
- MATUSZKIEWICZ W. 2012. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W., FALIŃSKI J.B., KOSTROWICKI A.S., MATUSZKIEWICZ J.M., OLACZEK R., WOJTERSKI T. 1995. Potencjalna roślinność naturalna Polski. Mapa przeglądowa 1:300 000. Arkusze 1-12, IGiPZ PAN, Warszawa.
- NAJWER A., BORYSIK J., GUDOWICZ J., MAZUREK M., ZWOLIŃSKI Z. 2016. The relationships between geodiversity and biodiversity of the postglacial landscape (Dębnica catchment, Poland). *Quaestiones Geographicae*, 35 (1): 5-28..
- NAJWER A., ZWOLIŃSKI Z. 2014. Semantyka i metodologia oceny georóżnorodności – przegląd i propozycja badawcza. *Landform Analysis* 26: 115-127.
- PAWLACZYK P., HERBICH J., HOLEKSA J., SZWAGRZYK J., ŚWIERKOSZ K. 2003. Rozpoznawanie siedlisk przyrodniczych na podstawie danych opisu taksacyjnego lasu. Ministerstwo Środowiska RP, Warszawa. Online: [http://www.kp.org.pl/n2k/files/algoritmy\\_lesne\\_n2k.pdf](http://www.kp.org.pl/n2k/files/algoritmy_lesne_n2k.pdf); [dostęp 15.05.2015].
- PIETRZAK M. 2010. Podstawy i zastosowania ekologii krajobrazu, Teoria i metodologia. PW-SZZ im. J.A.Komeńskiego, Leszno.
- RODRIGUEZ-BACHILLER A., GLASSON J. 2004. *Expert Systems and Geographical Information Systems for Impact Assessment*. Taylor & Francis, London – New York.
- ROO-ZIELIŃSKA E. 2014. Wskaźniki ekologiczne zespołów roślinnych Polski. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk i Wyd. Akademickie SEDNO, Warszawa.
- ROO-ZIELIŃSKA E., SOLON J., DEGÓRSKI M. 2007. Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych (Podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań). Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Monografie 9. Warszawa.
- SAATY T.L. 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-281.
- SAATY T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.
- SAATY T.L. 1994. *Fundamentals of Decision Making*. RSW Publications.
- Science for Environment Policy. 2015. *Ecosystem Services and the Environment*. In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. [On-line] <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.
- SERRANO E., RUIZ-FLAÑO P. 2009. Geomorphosites and Geodiversity. W: E. Reynard, P. Coratza, G. Regolini-Bissig (red.). *Geomorphosites*. Verlag Pfeil, Munich: 51-63.
- SUKOPP H. 1972. Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. *Ber. Landwirtsch.* 50 (1): 112-139.

- [Ustawa 2008] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. Dz. U. 2008, Nr 199, poz. 1227.
- [Ustawa 2015] Ustawa z dnia 24 kwietnia 2015 r. o zmianie niektórych ustaw w związku ze wzmocnieniem narzędzi ochrony krajobrazu. Dz. U. 2015, poz. 774.
- ZWOLIŃSKI ZB. 2004. Geodiversity. W: A.S. Goudie (red.). *Encyclopedia of Geomorphology*, Vol. 1, Routledge: 417-418.
- ZWOLIŃSKI ZB., KOSTRZEWSKI A., STACH A. 2008. Tło geograficzne współczesnej ewolucji rzeźby młodoglacjalnej. W: L. Starkel, A. Kostrzewski, A. Kotarba, K. Krzemień, (red.). *Współczesne przemiany rzeźby Polski. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, IGiP UJ, IGiPZ PAN, Kraków*: 271-276.

## Geodiversity and biodiversity valorisation for the purpose of environmental impact assessments

### Summary

This article proposed methods of a valorisation of abiotic and biotic components in the natural environment for a practical application in: 1) reports on environmental impact assessment and 2) the forecast environmental assessments. In the years 2011-2014 the research on geodiversity and biodiversity was carried out in the Dębica catchment area (Western Pomerania, Poland). An interdisciplinary team of the abiotic and biotic environmental conditions experts developed a methodological procedure of the natural diversity valorisation, using the analogue and digital source data, integrated in Geographical Information System (GIS). The analytical algorithm of geodiversity assessment is based on appropriate selection of the geographical environment features, which on the one hand characterize landforms synthetic way, and on the other offer the opportunity to indentify geomorphometrical and morphological differences of the catchment's relief. Biodiversity was assessed on the basis of real vegetation, potential natural vegetation and the extent of synatropisation of the natural vegetation. Finally, 7 factor maps were created, i.e.: 5 maps for diversity of abiotic components (lithology, relative heights, landform fragmentation, hydrographical elements and mesoclimate) and 2 maps for diversity of biotic elements, based on potential natural vegetation, hemeroby and real vegetation. Factor maps became the basis for the final map of geodiversity and biodiversity. The adopted methodology for the geodiversity and biodiversity assessment gave satisfactory results that reflected an extremely genetically varied postglacial landscape. It allows for a presentation of the current state of the natural environment for any susceptible area of a significant impact on the abiotic (i.e. relief of the earth, water relations, natural resources) and biotic (i.e. biodiversity) components of the landscape. Respective components of the valorisation (factor maps) as well as the final maps of the assessments have a cartographic representation, providing the ability to conduct complex environment impact studies. On the basis of the aforementioned maps, it is also possible to present actions preventing, restricting (minimizing) or offsetting the negative impact on the natural environment and especially on the recognized the most valuable fragments of the area.

KEY WORDS: geodiversity, biodiversity, landscape, valorisation, environmental impact assessment, EIA

SŁOWA KLUCZOWE: georóżnorodność, bioróżnorodność, krajobraz, waloryzacja, oceny oddziaływania na środowisko, OOS



## **METODYKA OPRACOWYWANIA SZCZEGÓŁOWYCH MAP POKRYCIA TERENU NA PODSTAWIE ISTNIEJĄCYCH ŹRÓDEŁ DANYCH**

### **Wstęp**

Mapy pokrycia i użytkowania terenu znajdują zastosowanie w badaniach różnych dyscyplin naukowych. Wykorzystywane są zarówno w naukach przyrodniczych, takich jak biologia, geografia, ekologia, jak i pozaprzyrodniczych, jak np. urbanistyka. O ich przydatności w przeprowadzanych analizach świadczy liczba publikacji wykorzystujących powszechnie dostępne zbiory danych – według bazy Google Scholar w 2015 r. opublikowano przeszło 45 tysięcy artykułów związanych tematycznie z hasłem „land cover”. W raportach oceny oddziaływania na środowisko przydają się do oceny bieżącego stanu środowiska, zachodzących w nim zmian oraz modelowania wpływu nowych inwestycji.

Obecnie wzorcowym opracowaniem map pokrycia terenu jest NLCD – National Landcover Data (Wickham, Stehman, Smith, Yang 2004), dostępny publicznie zbiór obejmujący kontynentalną część Stanów Zjednoczonych w rozdzielczości 30 m. W Polsce i w Europie udostępnione za darmo i powszechnie wykorzystywane są głównie dwa zbiory danych: Corine Land Cover (CLC), przygotowany przez Unię Europejską w ramach projektu „Coordination of information on the environment” (Heymann, Steenmans, Croisille, Bossard 1994) oraz Urban Atlas będący inicjatywą Komisji Europejskiej we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) oraz Europejską Agencją Środowiskową (EEA) (Meirich 2008). Charakteryzują się one niską rozdzielczością – nie większą niż 100 m dla zbioru Urban Atlas. Niedostatek wysokorozdzielczych map pokrycia terenu uwidacznia się, gdy spojrzeć na dostępność hiperspektralnych danych teledetekcyjnych o rozdzielczości poniżej 1 m, które skutecznie były już wykorzystywane do analiz zmian pokrycia terenu za granicą (Herold, Gardner, Hadley, Roberts 2002).



Elementami decydującymi o jakości map pokrycia i użytkowania terenu są: 1) zasięg przestrzenny – czyli zasięg geograficzny zbioru danych; 2) rozdzielczość, interpretowana jako poziom szczegółowości zbioru danych; 3) stopień szczegółowości klas względem rzeczywistego pokrycia terenu. Dostępne dla obszaru Unii Europejskiej zbiory danych wprawdzie obejmują porównywalny z NLCD teren, ale o zdecydowanie niższej rozdzielczości danych i szczegółowości wydzieleni.

Corine Land Cover pokrywa swoim zasięgiem obszar całej Unii Europejskiej w dwóch rozdzielczościach: 100 oraz 250 metrów i prezentuje 44 klasy użytkowania terenu w 5 kategoriach pokrycia terenu: powierzchni sztucznych (Artificial Surfaces), obszarach rolniczych (Agricultural areas), lasach i obszarach półnaturalnych (Forest and seminatural areas), otwartych przestrzeniach z niewielkim udziałem roślinności lub jej brakiem (Open spaces with little or no vegetation), obszarach podmokłych (Wetlands) oraz wodach (Water bodies) (Heymann i in. 1994).

Poza zbiorem Corine Land Cover, przygotowany został również Urban Atlas ukazujący użytkowanie terenu w tzw. Szerszych Strefach Miejskich (Larger Urban Zone) (Dijkstra, Poelman 2012), obejmujących obszary zurbanizowane powyżej 100 tysięcy mieszkańców. Jest on obecnie najdokładniejszym, dostępnym bez żadnych ograniczeń powszechnie wykorzystywanym w badaniach miejskich w granicach Unii Europejskiej, zbiorem danych. Prezentuje obszary nie mniejsze niż 0,25 ha dla obiektów i kategorii – powierzchni zantropogenizowanych i 1 ha dla pozostałych kategorii (Meirich 2008). W wyniku generalizacji zbiorów zawiera, w tych samych co w Corine Land Cover pięciu kategoriach pokrycia terenu, 20 klas użytkowania terenu.

Zdaniem autora, do prawidłowego zrozumienia funkcjonowania środowiska przyrodniczego potrzebne są mapy pokrycia terenu o wyższym poziomie szczegółowości, pozwalające analizować strukturę przestrzenną na niższym, bardziej szczegółowym poziomie hierarchicznym niż wspomniane Corine Land Cover oraz Urban Atlas, które przykładowo prezentują obszary „zabudowy luźnej o dużym zagęszczeniu” (Drzewiecki 2008) jako jedną kategorię, podczas gdy w celu lepszego zarządzania przestrzenią miejską konieczne jest ukazanie pełnej informacji: lokalizacji poszczególnych obiektów – budynków, drzew, placów, ich wzajemnych relacji przestrzennych czy stopnia wypełnienia przestrzeni. Jest to niezmiernie istotne m.in. podczas tworzenia raportów oceny oddziaływania na środowisko, gdzie konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy potencjalnych zagrożeń dla środowiska.

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja koncepcji i opis realizacji szczegółowego, rastrowego zbioru danych na temat pokrycia terenu o roz-

dzielczości 1 m, który został nazwany szczegółową mapą pokrycia terenu. Zaproponowana w niniejszej pracy metodyka pozwala uzyskać mapę tematyczną prezentującą 14 klas pokrycia terenu nawiązujących do klas wydzielonych w National Land Cover Database. W obu zbiorach danych wydzielone zostały: wody, nieużytki i grunty antropogeniczne, lasy, krzewy i obszary trawiaste oraz grunty orne (w NLCD podzielone na grunty orne i pastwiska). Obszary leśne w National Land Cover Data podzielone zostały dodatkowo na lasy iglaste, liściaste oraz mieszane. Ze względu na różnice rozdzielczości pomiędzy oboma zbiorami danych obszary zaklasyfikowane w NLCD jako zurbanizowane („developed”) nie znalazły swojego bezpośredniego odpowiednika w proponowanej koncepcji, natomiast wyszczególniono budynki niskie, średnie i wysokie nawiązujące bezpośrednio do tej klasy. NLCD posiada również obszary podmokłe, z których w przedstawionej koncepcji zrezygnowano ze względu na niewielki ich udział w powierzchni obszaru badań. Za pomocą wykorzystanej metody możliwe jest dostosowanie podziału na klasy tak, by uwzględniały indywidualne potrzeby, np. dzieląc budynki na dodatkowe klasy funkcjonalne: „mieszkalne”, „niemieszkalne”, itp.

Badania przeprowadzono na obszarze Wrocławia-miasta o powierzchni 293 km<sup>2</sup> i 634 487 mieszkańców (Bank Danych Lokalnych – stan na 31 XII 2014 r.). Charakteryzuje się on zróżnicowaną strukturą krajobrazu. Można w nim wyznaczyć obszary pełniące funkcje mieszkalne o zabudowie śródmiejskiej, jednorodzinnej i blokowej, luźno zabudowane przedmieścia, obszary magazynowo-przemysłowe oraz usługowo-handlowe, jak również tereny zielone czy obszary rekreacyjne. Z tego powodu miasto stanowi dobry przykład możliwości zastosowania zaproponowanej metodyki.

Pozostała część pracy zorganizowana jest w następujący sposób: w części pierwszej zostanie omówiona metoda tworzenia szczegółowej mapy pokrycia terenu z wyszczególnionymi źródłami danych, następnie opisany zostanie wynikowy zbiór danych, jego jakość oraz struktura; na koniec powstała mapa pokrycia terenu porównana zostanie z Urban Atlas.

## **Materiały i metody**

### **Definicje i źródła danych**

Użyteczność istniejących, powszechnie dostępnych opracowań pokrycia i użytkowania terenu maleje wraz ze wzrostem zróżnicowania struktury krajobrazu (Chen, Stow, Gong 2004). Obszary zurbanizowane będące silnie pofragmentowanym, heterogenicznym krajobrazem wymagają wyjątkowo

szczegółowych danych. To czyni je dobrym obszarem badań do opracowywania szczegółowych map pokrycia terenu.

Opisana w niniejszej pracy procedura tworzenia szczegółowej mapy pokrycia terenu korzysta z dwóch źródeł danych: 1) bazy danych obiektów topograficznych (BDOT10k); 2) chmury punktów ze skaningu laserowego LiDAR wykonanego na potrzeby krajowego projektu Informatycznego Systemu Osłony Kraju (ISOK).

Podstawą opracowania mapy jest Baza Danych Obiektów Topograficznych tworzona według istniejących danych z rejestrów państwowych (m.in. Ewidencji Gruntów i Budynków czy Leśnej Mapy Numerycznej) oraz inwentaryzację terenową. Szczegółowe zasady opracowywania BDOT znaleźć można w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych. Zasady te regulują następujące kwestie: rodzaje obiektów uwzględnianych w końcowej wersji, ich minimalne wielkości, odległości pomiędzy obiektami oraz rodzaje reprezentacji geometrycznych – co bezpośrednio wpływa na jakość danych oraz poziom szczegółowości. Pozytskane dane przedstawiają stan z roku 2013.

W związku z ograniczeniami związanymi ze skalą opracowania, jakim podlega BDOT10k, w celu poprawy jakości mapy wykorzystano chmurę punktów wysokościowych LiDAR. Dane te zostały utworzone dla niniejszego obszaru badań w 2012 r. Stanowią one zbiór punktów o średniej gęstości w miastach równej 12 pkt/m<sup>2</sup>. Każdy punkt oprócz wysokości nad poziomem morza posiada również klasę, do której został zaliczony na podstawie analizy wysokości oraz intensywności odbicia. Właśnie istniejąca w zbiorze danych klasyfikacja pozwoliła uszczegółowić mapę o dokładny zasięg roślinności wysokiej oraz budynków, które nie znalazły się w BDOT10k ze względu na niespełnione kryterium minimalnej wielkości 20 m<sup>2</sup>.

Utworzona mapa prezentuje następujące klasy pokrycia terenu: niski budynek, średni budynek, wysoki budynek, konstrukcje, grunt ubity, grunt utwardzony, torowisko, most, roślinność niska, roślinność średnia, roślinność wysoka, grunty orne, nieużytki i grunty antropogeniczne oraz woda.

Na potrzeby pracy wprowadzono następującą, autorską hierarchię pojęć: „obiekt”, „typ obiektu”, „klasa pokrycia terenu” oraz „kategoria pokrycia terenu”. Poszczególne obiekty, np. fizycznie istniejący budynek o określonym położeniu) przynależą do określonego typu (np. budynki jednorodzinne, mieszkalne), które przynależą do klasy pokrycia terenu „zabudowa niska”. Niektóre klasy pokrycia terenu składają się z kilku typów obiektów. Przykładowo klasa pokrycia terenu „konstrukcje” obejmuje m.in. zbiorniki techniczne, wiaty czy turbiny wiatrowe. Klasy pokrycia terenu przynależą do kategorii pokrycia terenu będącej nadrzędną, główną klasą pokrycia te-

renu – klasy pokrycia terenu roślinności niskiej, średniej i wysokiej przynależą do kategorii pokrycia terenu „roślinności”. Zaproponowana hierarchia pojęć pozwala łatwiej orientować się w pionowej strukturze tworzonego zbioru danych.

### Wstępne przygotowanie danych

Do osiągnięcia zamierzonego celu konieczne było przekształcanie wejściowych danych wektorowych Bazy Danych Obiektów Topograficznych oraz chmury punktów ze skaningu laserowego do spójnej, wektorowej, poligonomowej reprezentacji geometrycznej, a następnie do mapy rastrowej. Warstwy znajdujące się w BDOT posiadają reprezentację punktową, liniową oraz poligonową. W przypadku danych LiDAR wejściowe pliki są w formacie .las (LASer file format) zawierającym chmurę punktów wysokościowych zaklasyfikowanych odpowiednio do jednej z 8 kategorii: punkty przetwarzane, ale niesklasyfikowane; grunt; niska wegetacja; średnia wegetacja; wysoka wegetacja; budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie; szum; grunt pod wodami. Dane LiDAR dzięki klasyfikacji umożliwiły wzbogacenie wynikowej mapy o szczegółowy zakres budynków oraz roślinności.

Bazę Danych Obiektów Topograficznych należało sprowadzić do spójnej, poligonomowej reprezentacji geometrycznej. Dla części danych punktowych i liniowych jest to wykonalne za pomocą informacji na temat szerokości danego obiektu zawartej w tabeli atrybutowej. Szerokość pozostałych obiektów została przyjęta jako średnia z wykonanych pomiarów na wybranych, przykładowych obiektach. Szczegółowe wartości buforów zastosowanych do przekształcenia podane zostały w tabeli 1.

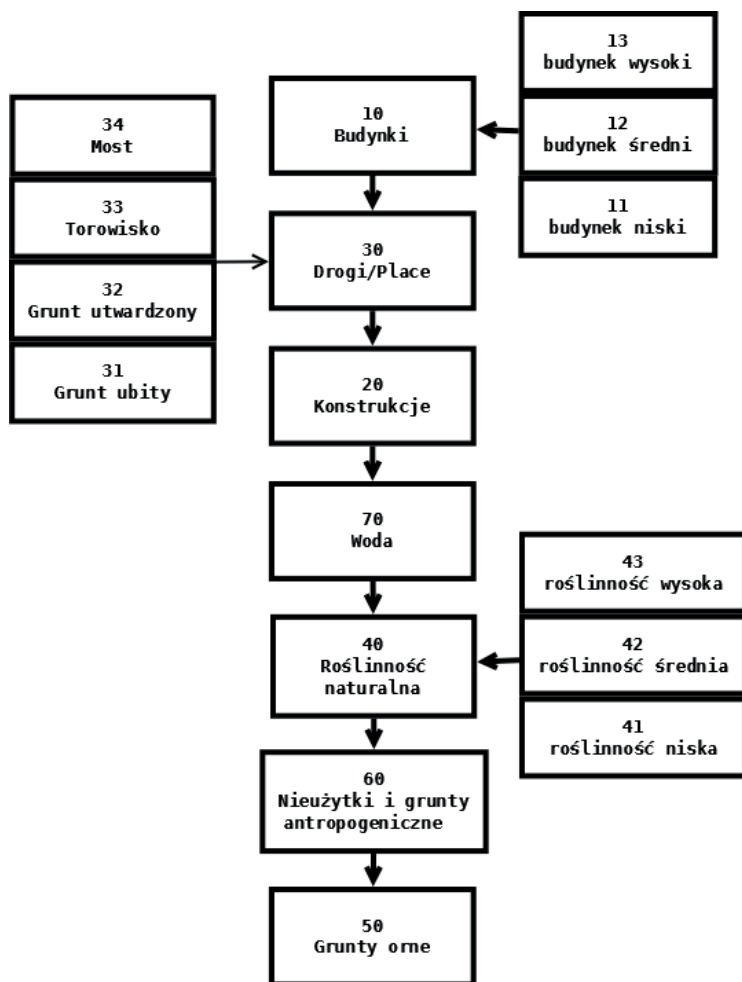
**Tabela 1.** Transformacje obiektów punktowych i liniowych do reprezentacji powierzchniowych

| Warstwa | Obiekty                                                                                                                   | Rodzaj reprezentacji | Bufor [m] | Docelowa warstwa |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|------------------|
| BUZT_P  | Zbiorniki techniczne (bez zespołu ścian oporowych oraz zbiorników będących basenami)                                      | Punktowa             | 1,5       | Konstrukcje      |
| BUWT_P  | Budowle wysokie techniczne (maszt telekomunikacyjny, słupy wysokiego napięcia, turbiny wiatrowe, wieża telekomunikacyjna) | Punktowa             | 1,5       | Konstrukcje      |

|                   |                                                                                                                                    |          |                                                                                                                                        |                           |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| BUIB_L            | Peron, estrada, rampa                                                                                                              | Liniowa  | 2,5                                                                                                                                    | Drogi / Place utwardzone  |
| BUIB_L            | Trybuna                                                                                                                            | Liniowa  | 2,5                                                                                                                                    | Konstrukcje               |
| OIPR_L            | Żywopłot                                                                                                                           | Liniowa  | 1                                                                                                                                      | Roślinność średnia        |
| OIKM_L            | Ekran akustyczny                                                                                                                   | Liniowa  | 1,5                                                                                                                                    | Konstrukcje               |
| SKTR_L            | Torowisko                                                                                                                          | Liniowa  | Tramwajowe<br>jednotorowe = 2<br>Kolejowe<br>jednotorowe = 2,5;<br>dwutorowe 5,<br>o większej liczbie<br>torów = liczba torów<br>* 2,5 | Torowisko                 |
| SKRP_L/<br>SKJZ_L | Drogi o nawierzchni:<br>masa bitumiczna,<br>kostka kamienna,<br>kostka prefabrykowana,<br>beton, bruk, klinkier,<br>płyty betonowe | Liniowa  | Bufor ustalony na<br>podstawie tabeli atry-<br>butowej: ½ szerokości<br>jezdni                                                         | Drogi/place<br>utwardzone |
| SKRP_L/<br>SKJZ_L | Drogi o nawierzchni:<br>gruntowej naturalnej,<br>gruntowej utwardzanej,<br>żwirowej, tłuczeń                                       | Liniowa  | Bufor ustalony na<br>podstawie tabeli atry-<br>butowej: ½ szerokości<br>jezdni                                                         | Drogi/place<br>ubite      |
| SWKN_L/<br>SWRS_L | Rzeki i kanały nie<br>posiadające reprezentacji<br>powierzchniowej                                                                 | Liniowa  | Bufor ustalony na<br>podstawie tabeli atry-<br>butowej: ½ szerokości                                                                   | Woda                      |
| OIPR_P            | Kępa krzewów,<br>kępą kosodrzewiny                                                                                                 | Punktowa | 8                                                                                                                                      | Roślinność<br>średnia     |
| BUSP_L            | Tor samochodowy,<br>tor saneczkowy,<br>tor żuźlowy, bieżnia                                                                        | Liniowa  | 3                                                                                                                                      | Drogi/place<br>utwardzone |
| BUIN_L            | Estakada, kładka,<br>wiadukt, most                                                                                                 | Linowa   | Bufor ustalony na<br>podstawie tabeli<br>atrybutowej: ½ sze-<br>rokości                                                                | Mosty                     |

Po poligonizacji warstw sprowadzono je do postaci rastrowej. Postępowanie takie znacząco przyspiesza kolejne kroki służące stworzeniu spójnego zbioru danych, gdyż obrazy rastrowe są traktowane przez komputer jako macierze danych, co ułatwia wykonywanie na nich operacji arytmetycznych, takich jak dodawanie (Peter, Weibel 1999).

Procedurę łączenia warstw ukazuje rycina 1. Najpierw wszystkie typy obiektów przynależące do określonej klasy pokrycia terenu zostały połączone. Uzyskano w ten sposób obrazy rastrowe reprezentujące 14 klas pokrycia terenu. Uzyskane w ten sposób warstwy połączono, tworząc jeden spójny obraz pokrycia terenu. Warstwy usytuowane na rycinie 1 wyżej mają wyższy priorytet nad warstwami leżącymi niżej, które stanowią dla nich tło. Ponieważ mapa oddaje konkretne klasy pokrycia terenu, a nie użytkowania, konieczne było podjęcie decyzji, które klasy pokrycia terenu mają istotniejsze znaczenie dla prawidłowego odzwierciedlenia krajobrazu, a więc która klasa ma być zaprezentowana w przypadku wystąpienia konfliktów, czyli równoczesnego występowania na tym samym obszarze dwóch i więcej klas pokrycia terenu (przykładowo most znajdujący się nad rzeką).



Ryc. 1. Kolejność łączenia warstw



Wygenerowana w ten sposób mapa posiada 7 rodzajów pokrycia terenu, które zawierają 14 klas (tabela 2).

**Tabela 2.** Klasy pokrycia terenu wynikowych map

| Numer klasy | Nazwa                                      | Procentowy udział pokrycia terenu we Wrocławiu |
|-------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 11          | Niski budynek                              | 2,91                                           |
| 12          | Średni budynek                             | 0,61                                           |
| 13          | Wysoki budynek                             | 0,13                                           |
| 20          | Konstrukcje                                | 0,02                                           |
| 31          | Drogi/place polne                          | 1,76                                           |
| 32          | Drogi/place asfaltowe                      | 4,64                                           |
| 33          | Torowiska                                  | 1,09                                           |
| 34          | Mosty                                      | 0,08                                           |
| 41          | Roślinność niska (trawa)                   | 31,45                                          |
| 42          | Roślinność średnia (krzewy i kosodrzewina) | 0,21                                           |
| 43          | Roślinność wysoka (Drzewa)                 | 22,58                                          |
| 50          | Grunty orne                                | 32,10                                          |
| 60          | Nieużytki i grunty antropogeniczne         | 0,16                                           |
| 70          | Woda                                       | 2,25                                           |

### Struktura wewnętrzna klas pokrycia terenu

#### Budynki

Budynki znajdujące się na opracowanej mapie podzielono na trzy klasy uwzględniające ich wysokość. Budynki niskie obejmują budowle do 3 kondygnacji (parter i dwa piętra), średnie od 4 do 6, natomiast wysokie powyżej 7. Baza Danych Obiektów Topograficznych uwzględnia budynki, których powierzchnia jest większa niż 20 m<sup>2</sup>. Po weryfikacji pierwszej wersji mapy uznano, że brak mniejszych budynków utrudnia rozpoznawanie niektórych krajobrazów śródmiejskich. W związku z powyższym warstwę budynków uzupełniono o obiekty sklasyfikowane odpowiednio w chmurze punktów LiDAR.

Warstwa konstrukcji jest warstwą złożoną z największej liczby typów obiektów. Znajdują się w niej zawarte w BDOT10k obiekty metalowe i drewniane o powierzchni większej niż 4 m<sup>2</sup> istotne w badaniach krajobrazowych. Należą do niej: zbiorniki techniczne (których konstrukcja nie jest zespołem ścian oporowych ani basenem), wiaty, altany, pomosty, trybuny, szyby nafetowe/gazowe, ekrany akustyczne, chłodnie kominowe, maszty telekomuni-

kacyjne, wieże ciśnień, wieże przeciwpożarowe, wieże szybu kopalnianego, wieże telekomunikacyjne, turbiny wiatrowe, wieże wysokiego napięcia, wieże obserwacyjne, bunkry, szklarnie (nie będące budynkami), wiatraki (nie będące budynkami) oraz zespoły transformatorów.

### Place i szlaki komunikacyjne

Trzecią kategorię pokrycia terenu stanowią place i szlaki komunikacyjne, które dzielą się na grunty ubite, grunty utwardzone, torowiska i mosty. Pierwsze dwie klasy różnią się rodzajem nawierzchni. Za grunt ubity uznane zostały place i drogi pokryte żwirem, tłuczniem, żużlem, gruntem naturalnym lub stabilizowanym żwirem. Pozostałe rodzaje nawierzchni wyszczególnione w BDOT10k (beton, bruk, masa bitumiczna, kostka kamienna, klinkier, kostka prefabrykowana i płyty betonowe) potraktowane zostały jako grunt utwardzony. Obie klasy poza warstwami PTPL (reprezentującymi place), SKJZ („szlak komunikacyjny – jezdnia”), SKRP („szlak komunikacyjny – ruch pieszych”) uwzględniają również tor żużlowy (jako grunty ubite) z warstwy BUSP („budowle sportowe”), obiekty reprezentujące estrady, perony i rampy z warstwy BUIB („inne budowle”), tereny pod drogą kołową, lotniskową oraz drogową i kołową z warstwy PTKM oraz warstwę PTNZ („pokrycie terenu – inny teren niezabudowany”). Wobec braku danych o rodzaju nawierzchni ostatniej z wymienionych warstw na potrzeby pracy przyjęto, że reprezentują grunt ubity, o czym więcej w części wniosków i dyskusji.

Szerokość torowisk, jako obszarów poruszania się pojazdów szynowych ustalono na podstawie pomiarów dokonanych na ortofotomapie (tab. 1). Istotną z punktu widzenia krajobrazu i zachowania ciągłości komunikacyjnej klasę pokrycia terenu stanowią mosty. W obecnym kształcie mosty posiadają najwyższy, poza budynkami, priorytet, zastępując wszystkie warstwy leżące pod nimi, a będące *de facto* bezpośrednim pokryciem terenu m.in. przerywają w ten sposób ciągłość rzek. Uznano jednak, że stanowią one istotny element krajobrazu, zaś stworzenie obrazu rastrowego o kilku poziomach wysokościowych utrudniłoby na nich prace i zmniejszyło możliwości wykorzystania tego zbioru danych. W kategorii mostów znalazły się nie tylko budowle inżynierskie nazywane mostami, ale również kładki, estakady oraz wiadukty.

### Roślinność

Roślinność została podzielona na klasy uwzględniające ich wysokość (niską, średnią oraz wysoką), co odpowiada roślinności trawiastej, krzewiastej oraz drzewom. Należy przyjąć, iż roślinność wyższa, posiadając wyższy priorytet, „zakrywa” rośliny rosnące poniżej. Klasa „roślinność niska” powstała

w wyniku połączenia informacji zawartej w warstwie PTTR – „pokrycie terenu, roślinność trawiasta i uprawy rolne” (obszary, których atrybut „rodzaj” wskazywał na roślinność trawiastą), BUCM („budowle cmentarne”) oraz BUSP („budowle sportowe” – place gier i zabaw, obszary stadionów, sztuczny stok oraz tor saneczkowy). Aby zapewnić ciągłość mapie, wykorzystano również obszary znajdujące się w warstwie PTZB („pokrycie terenu – tereny zabudowane”), których atrybut roślinności wskazywał na jej brak, lub roślinność trawiastą oraz obszary ogródków działkowych, plantacji oraz szkółki roślin ozdobnych należące do warstwy PTUT („pokrycie terenu – uprawy trwałe”).

Klasa „Roślinność średnia” powstała z warstw PTRK – „pokrycie terenu, roślinność krzewiasta”, wybranych obiektów z warstwy PTUT reprezentujących plantacje i szkółki leśne oraz wybranych obiektów z warstwy punktowej i liniowej OIPR – „obiekty przyrodnicze” obejmujących kępę krzewów, kępę kosodrzewiny, pas krzewów lub żywopłot.

Klasa „Roślinność wysoka” powstała z warstw PTLZ – „pokrycie terenu, teren leśny lub zadrzewiony”, sadów z warstwy PTUT oraz wybranych obiektów z warstwy punktowej i liniowej OIPR obejmujących drzewa (lub grupę drzew), mały las oraz rząd drzew. W przypadku dwóch wyższych klas roślinności zasady włączania obiektów do warstwy OIPR w Bazie Danych Obiektów Topograficznych są niestety bardzo rygorystyczne, co często nie pozwala na dokładne odwzorowanie rzeczywistości. Na przykład punkty reprezentujące poszczególne drzewa (lub grupy drzew) nie mogą być oddalone od siebie o mniej niż 30 m. Skutkuje to tworzeniem pojedynczych punktów, które mogą znajdować się między kilkoma drzewami, nie wskazując jednak dokładnej lokalizacji pojedynczych obiektów, uniemożliwiając ich zamianę na warstwę poligonową poprzez operację buforowania punktów. Podobne zasady dotyczą kęp krzewów czy rzędów drzew. Z tego powodu do uzupełnienia obszarów roślinności wysokiej wykorzystano chmurę punktów LiDAR. Klasyfikacja LiDAR-u za roślinność średnią uznaje każdy obszar wegetacji o wysokości od 40 cm do 2 m, co bardzo często błędnie ukazuje roślinność trawiastą (niską) jako roślinność średnią. W związku z powyższym zrezygnowano z wykorzystania chmury punktów LiDAR do uzupełnienia pokrycia terenu w zakresie roślinności średniej i wykorzystano ją wyłącznie do uzupełnienia warstwy roślinności wysokiej. Uzyskane w ten sposób obszary roślinności wysokiej należało następnie zweryfikować według ortofotomapy, tak jak to zrobiono w przypadku budynków. Ustalono w ten sposób, że szczególnie dużo obszarów uznanych za roślinność wysoką występowało na gruntach rolnych, gdzie niektóre uprawy mogły przekraczać wysokość 2 m.

## Grunty orne

Kategoria pokrycia terenu „grunty orne” zawiera obiekty z warstwy tematycznej PTTR, - „uprawy na gruntach ornych”.

## Nie użytki i grunty antropogeniczne

W proponowanej metodzie tworzenia mapy pokrycia terenu klasa „nie-użytki i grunty antropogeniczne” obejmuje warstwę tematyczną PTGN z Bazy Danych Obiektów Topograficznych („Pokrycie terenu, grunt nieużytkowany”), warstwę PTSO („składowisko odpadów”) oraz PTWZ („wyrobisko i zwałowisko”).

## Wody

Wodę w proponowanej mapie pokrycia terenu stanowią dowolne obiekty stale zapełnione wodą – rzeki, kanały, jeziora, stawy, oraz sztuczne zbiorniki wodne. W Bazie Danych Obiektów Topograficznych rzeki posiadają podwójną reprezentację geometryczną – powierzchniową (dla obiektów szerszych niż 5 m) oraz liniową (dla obiektów węższych niż 5 m). Jeżeli tylko była taka możliwość, w procesie ujednolicenia reprezentacji geometrycznej wykorzystywano istniejącą warstwę poligonową, natomiast w pozostałych przypadkach skorzystano z warstwy liniowej, przekształcając ją za pomocą buforu wykorzystującego jako parametr promienia połowę wartości szerokości z tabeli atrybutowej.

## Wyniki

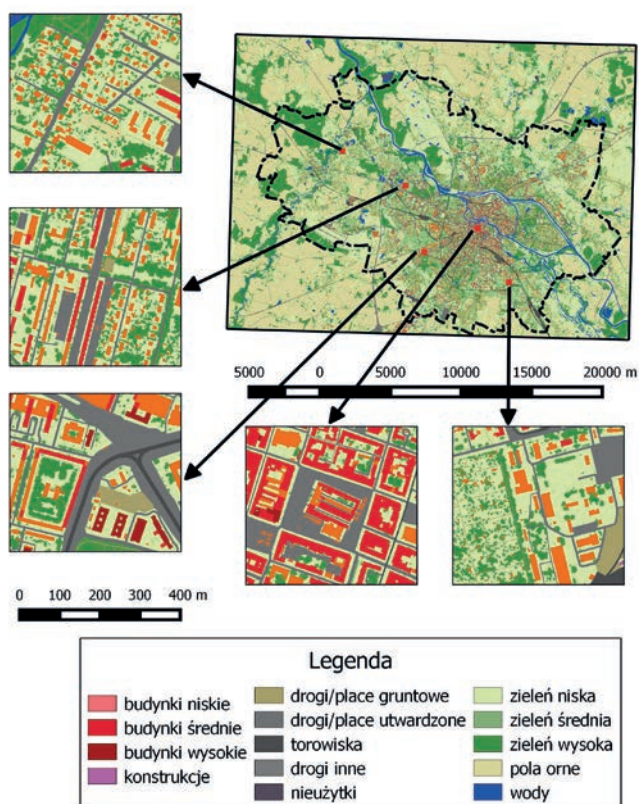
Uzyskana w efekcie mapa pokrycia terenu Wrocławia nazwana Szczegółową Mapą Pokrycia Terenu (SMPT) (ryc. 2) obejmuje powierzchnię 592,6 km<sup>2</sup>. Poszczególne klasy pokrycia terenu zajmują: budynki niskie (11) 2,91% powierzchni, budynki średnie (12) 0,61%, budynki wysokie (13) 0,13%, konstrukcje (20) 0,02%, grunty ubite (31) 1,76%, grunty utwardzone (32) 4,64%, torowiska (33) 1,09%, mosty (34) 0,08%, roślinność niska (41) 31,45%, roślinność średnia (42) 0,21%, roślinność wysoka (43) 22,58%, grunty orne (50) 32,10%, nieużytki i grunty antropogeniczne (60) 0,16%, woda (70) 2,25%.

Nie jest możliwe dokładne porównanie jakości wynikowej szczegółowej mapy pokrycia terenu z istniejącymi już zbiorami, ze względu na różnice w zastosowanej klasyfikacji pokrycia i użytkowania terenu, jak również ze względu na poziom szczegółowości utworzonego zbioru (Meirich 2008). Różnice pomiędzy utworzonym zbiorem a Urban Atlas ukazane zostały w tabeli 3 oraz na rycinie 3.

**Tabela 3.** Udział klas pokrycia terenu w powierzchni obszaru badań

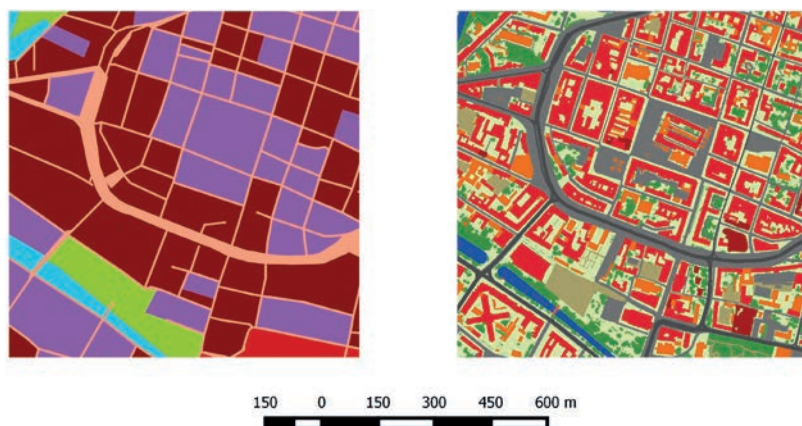
| <b>Klasa Urban Atlas</b>                                                                                                 | <b>Udział<br/>powierzchni<br/>[%]</b> | <b>Klasa Szczegółowej<br/>Mapy Pokrycia<br/>Terenu</b> | <b>Udział<br/>powierzchni<br/>[%]</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Obszary ciągłej zabudowy miejskiej<br>(Continuous Urban Fabric<br>(S.L. > 80%))                                          | 5,89                                  | Niski budynek                                          | 2,91                                  |
| Obszary nieciągłej, gęstej zabudowy miejskiej<br>(Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. 50% – 80%))                     | 6,05                                  | Średni budynek                                         | 0,61                                  |
| Obszary nieciągłej, zabudowy miejskiej średniej gęstości<br>(Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. 30% – 50%)) | 0,36                                  | Wysoki budynek                                         | 0,13                                  |
| Obszary zabudowy miejskiej o niskiej gęstości<br>(Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. 10% – 30%))               | 0,01                                  | Konstrukcje                                            | 0,02                                  |
| Obszary zabudowy miejskiej o bardzo niskiej gęstości<br>(Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%))       | 0,00                                  | Drogi i place ubite                                    | 1,76                                  |
| Konstrukcje<br>(Isolated structures)                                                                                     | 0,14                                  | Drogi i place utwardzone                               | 4,64                                  |
| Obszary przemysłowe, handlowe, publiczne oraz wojskowe<br>(Industrial, commercial, public, military and private units)   | 7,12                                  | Torowiska                                              | 1,09                                  |
| Drogi szybkiego ruchu<br>(Fast transit roads and associated land)                                                        | 0,06                                  | Mosty                                                  | 0,08                                  |
| Inne drogi<br>(Other roads and associated land)                                                                          | 2,80                                  | Roślinność niska                                       | 31,45                                 |
| Torowiska<br>(Railways and associated land)                                                                              | 0,71                                  | Roślinność średnia                                     | 0,21                                  |
| Porty wodne<br>(Port areas)                                                                                              | 0,09                                  | Roślinność wysoka                                      | 22,58                                 |
| Porty lotnicze<br>(Airports)                                                                                             | 0,86                                  | Grunty Orne                                            | 32,10                                 |
| Kopalnie oraz składowiska odpadów<br>(Mineral extraction and dump sites)                                                 | 0,18                                  | Grunty Antropogeniczne                                 | 0,16                                  |

|                                                                                                           |       |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|
| Obszar w trakcie zabudowy<br>(Construction sites)                                                         | 0,77  | Woda | 2,25 |
| Nieużytki<br>(Land without current use)                                                                   | 0,10  |      |      |
| Obszary zieleni miejskiej<br>(Green urban areas)                                                          | 1,79  |      |      |
| Obszary sportowo-rekreacyjne<br>(Sports and leisure facilities)                                           | 4,00  |      |      |
| Obszary rolne, pół-naturalne<br>oraz podmokłe<br>(Agricultural areas, semi-natural<br>areas and wetlands) | 56,16 |      |      |
| Lasy<br>(Forests)                                                                                         | 11,19 |      |      |
| Woda<br>(Water)                                                                                           | 1,72  |      |      |



Ryc. 2. Przykładowe fragmenty Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu Wrocławia w układzie geodezyjnym PUG1992





**Ryc. 3.** Porównanie poziomu szczegółowości Urban Atlas z nowo utworzoną szczegółową mapą pokrycia terenu

Urban Atlas ukazuje, że na terenie analizy obszary wodne stanowią 1,72% terenu, czyli o ponad 0,5% mniej niż SMPT. Grunty orne („Agricultural areas, semi-natural areas and wetlands”) – 56,16%, czyli o ponad 24% więcej. Roślinność wysoka („Forests”) zaledwie 11,19%, czyli o prawie 11,5% mniej niż SMPT. Za konstrukcje w zbiorze danych Urban Atlas uchodzi warstwa „Isolated Structures”, które stanowią 0,14% całkowitej powierzchni obszaru badań, czyli 7-krotnie więcej niż wykazuje SMPT. Pozostałe klasy pokrycia terenu nie posiadają bezpośrednich odpowiedników, przez co nie da się ich porównać bez uwzględnienia dużych błędów interpretacji.

## Dyskusja

Analiza wynikowej mapy wykazała, że błędy klasyfikacji są przede wszystkim efektem nakładania na siebie poszczególnych warstw oraz poziomu szczegółowości danych wejściowych.

Pierwsze sprawiają, że klasy pokrycia terenu o wyższym priorytecie zasłaniają te o niższym. Na przykład: aby uniknąć zniekształcenia geometrii szlaków komunikacyjnych przez korony przydrożnych drzew, roślinności nadano niższy priorytet niż drogom (ryc. 1). Przy tym podejściu utracone zostały drzewa i krzewy znajdujące się bezpośrednio na placach. Podobne sytuacje dotyczą m.in. mostów, które zasłaniają tereny leżące poniżej, np. wodę.

Dokładność danych wejściowych, np. brak informacji o nawierzchni czy szerokości obiektu, jak również nieuwzględnianie obiektów mniejszych niż przyjęte za minimum w BDOT przekłada się w istotny sposób na stopień szczegółowości SMPT.

Poziom szczegółowości danych wejściowych dotyczył szczególnie warstw bez informacji o nawierzchni i szerokości. Warstwa PTNZ użyta została do opracowania klasy pokrycia terenu gruntów ubitych w celu uzyskania

mapy dla całego obszaru badań. Brak zawartych w niej informacji na temat nawierzchni sprawił, że odgórnie nadana im została wartość gruntu utwardzonego, który nie zawsze może odpowiadać prawdzie. Powierzchnia warstwy PTNZ w obrębie obszaru badań wynosi 3,82 km<sup>2</sup>, co stanowi 0,64% powierzchni mapy, a więc nie wnosi dużego błędu w całym zbiorze danych.

Trudny do oszacowania jest poziom błędu związany z obiektami, które nie zostały włączone do BDOT z powodu niespełniania kryteriów wielkościowych. Mapa w znaczący sposób niedoszacowuje pokrycia terenu gruntów utwardzonych. Jedynym źródłem informacji o nich jest BDOT, które uwzględnia place o powierzchni większej niż 1000 m<sup>2</sup> i szerokości minimum 15 m. Ponadto drogi dojazdowe do prywatnych posiadłości, krótsze niż 50 m, również nie zostały w niej uwzględnione.

W wyniku powyższych zależności obszary cmentarzy w wynikowej mapie nie różnią się znacząco od obszarów parków, gdzie tereny zielone poprzedzielane są alejkami. Dodatkowo, do warstwy konstrukcji wykorzystano arbitralnie wybrane warstwy dostępne w BDOT. Przez takie podejście wiele obiektów, które można by świadomie zaliczyć do konstrukcji nie zostało uwzględnionych w mapie ze względu na brak dostępnych danych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zaprezentowana metoda tworzenia szczegółowych map pokrycia terenu jest przede wszystkim uzależniona od danych wejściowych – od reguł tworzenia Bazy Danych Obiektów Topograficznych, która jest ich głównym źródłem informacji o terenie. Jej zaletą jest znacznie wyższa od ogólnodostępnych danych dokładność klas pokrycia terenu. Ponadto przewagą wynikowych map jest niższy poziom hierarchiczny prezentowanych obiektów, które nie zostają poddane agregacji do wyższych jednostek strukturalnych, jak w Corine Land Cover czy Urban Atlas. Jednometrowa rozdzielczość pozwala precyzyjnie wskazywać granice między poszczególnymi klasami i umożliwia dodawanie nowych obiektów do już istniejącej mapy i przez to uaktualniać ją na bieżąco w miarę pozyskiwania nowych danych. Obecnie brak jest w Polsce opracowań posiadających zbliżoną dokładność, zaś sama metoda nie wymaga pracochłonnych badań terenowych i pozwala szybko uzyskać satysfakcjonujące wyniki.

**Podziękowania.** Praca została wykonana w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki DEC-2012/07/B/ ST6/01206: „Pozyskiwanie wiedzy z bardzo dużych geoprzestrzennych baz danych”.

This work has been prepared as a part of the project funded by the National Science Center DEC-2012/07/B/ST6/01206: „Acquiring knowledge from very large geospatial databases”.

## Literatura

- BRIGGS D.J., GULLIVER J., FECHT D., VIENNEAU D.M. 2007. Dasymetric modelling of small-area population distribution using land cover and light emissions data. *Remote Sensing of Environment*, 108(4), 451–466.

- CHEN D., STOW D.A., GONG P. 2004. Examining the effect of spatial resolution and texture window size on classification accuracy: an urban environment case. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (11): 2177-2192.
- CLAWSON M., STEWART C.L. 1965. Land use information. a critical survey of U.S. statistics including possibilities for greater uniformity. The Johns Hopkins Press for Resources for the Future: 402 p.
- DIJKSTRA L., POELMAN H. 2012. Cities in Europe The new OECD-EC Definition, 0-16.
- DRZEWIECKI W. 2008. Monitoring zmian pokrycia i użytkowania terenu na podstawie wielo-czasowych obrazów teledetekcyjnych. *Roczniki Geomatyki*, VI: 131-142.
- HEROLD M., GARDNER M., HADLEY B., ROBERTS D. 2002. The spectral dimension in urban land cover mapping from high-resolution optical remote sensing data. *Symposium a Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures*, 6 (June): 8 pp.
- HEYMANN Y., STEENMANS C., CROISILLE G., BOSSARD M. 1994. Corine Land Cover. Technical Guide. EUR12585 Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- KAGAN S., HAHN J. 2011. Creative Cities and (Un) Sustainability: From Creative Class to Sustainable Creative Cities. *Culture and Local Governance*, 3: 11-27.
- MEIRICH S. 2008. GSE Land – Mapping Guide for a European Urban Atlas, (1): 1-36.
- NIEMELA J. 2000. Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems*, 3 (1996): 57-65.
- PESARESI M., KEMPER T., GUEGUEN L., SOILLE P. 2010. Automatic information retrieval from meter and sub-meter resolution satellite image data in support to crisis management. In 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 1792–1795).
- PETER B., WEIBEL R. 1999. Using vector and raster-based techniques in categorical map generalization. In Third ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization pp. 12-14.
- Rozporządzenie ministra spraw wewnętrznych i administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych
- TAYLOR L., HOCHULI D.F. 2014. Creating better cities: how biodiversity and ecosystem functioning enhance urban residents' wellbeing. *Urban Ecosystems*.
- TRESMAN M., PÁŠHER E., MOLINARI F. 2007. Conversing cities: the way forward. *Journal of Knowledge Management*, 11 (5): 55-64.
- WICKHAM J., STEHMAN S., SMITH J., YANG L. 2010. Thematic accuracy of MRLC-NLCD land cover for the western United States. *Remote Sensing of Environment* 114.

### **The methodology for developing detailed land cover map based on existing data sources**

#### **Summary**

The goal of this paper is to show a new method of creating high-resolution land cover data by transforming existing digital topographic spatial datasets. An automatic procedure has been performed to process the Database of Topographic Objects (BDOT10k) and LiDAR (Light Detection and Ranging) data into a 1 meter resolution raster map. The results has been compared with the existing set of land use/land cover data – Urban Atlas. The work showed that the presented method for automatic land cover data generation can be a valuable source of information, and that their level of detail surpasses available in Poland land use/ land cover maps.

KEY WORDS: land use, land cover, urban landscape, GIS

SŁOWA KLUCZOWE: użytkowanie terenu, pokrycie terenu, krajobraz miejski, GIS

Roman Bednarek

---

INVEST-EKO s.c.

Przewodniczący Regionalnej Komisji ds. Ocen Oddziaływania na Środowisko  
przy Regionalnym Dyrektorie Ochrony Środowiska w Poznaniu  
bednarek@www.pl

## **DANE O ŚRODOWISKU I ŹRÓDŁA ICH POZYSKANIA NA POTRZEBY OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO**

### **Wstęp**

Zastosowanie technik komputerowych w tym GIS w ocenach oddziaływania na środowisko praktykowane jest od wielu (Antunes i in. 2001, Urbański 2008, Herrero-Jiménez 2012). Na potrzeby ocen oddziaływania powstały liczne modele komputerowe integrujące GIS z modelami matematycznymi służącymi do symulacji propagacji zanieczyszczeń do powietrza (Winther i in. 2006, Zhong i in. 2011), emisji hałasu (Lee i in. 2008, HeeKo i in. 2011, Garg, Maji 2014). Nieco rzadziej stosowane są modele umożliwiające prognozowanie związane z emisją zanieczyszczeń do środowiska gruntowo-wodnego (Foster, McDonald 2000), oddziaływania na bioróżnorodność (Gontier i in. 2006) czy oddziaływania na krajobraz (Kistowski 2005, Minelli i in. 2014). Systemy informacji geograficznej wykorzystywane są również do oceny oddziaływań skumulowanych (Atkinson, Canter 2011). Systemy informacji przestrzennej (SIP), rozumiane jako narzędzia wspierające procedury ocen oddziaływania na środowisko szeroko dyskutowane w literaturze przedmiotu, dotychczas nie zostały w pełni wdrożone do praktyki wykonywania ocen oddziaływania na środowisko. Zasadniczą kwestią stosowania SIP w ocenach oddziaływania na środowisko jest problem skali tych baz danych (João 2001). Większość dostępnych krajowych baz danych przestrzennych opracowanych jest w skalach 1 : 10 000 (Baza Danych Obiektów Topograficznych) i 1 : 50 000 (Mapa Hydrograficzna Polski, Mapa Sozologiczna Polski, Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, Geośrodowiskowa Mapa Polski i in.). Modelowanie zjawisk emisji zanieczyszczeń do powietrza czy propagacji hałasu dla konkretnych przedsięwzięć najczęściej wykonuje się w dużych skalach (1 : 500, 1 : 1 000). Wykorzystanie do tego

celu map w dostępnych skalach 1 : 10 000 czy 1 : 50 000 może prowadzić do powstania błędów lokalizacyjnych rozmieszczenia izolinii zanieczyszczeń, które mają potem swoje konsekwencje w realnym określeniu oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko. Obecnie w związku z implementacją przepisów dyrektywy INSPIRE dynamicznie powstają lokalne systemy informacji przestrzennej (gminne, powiatowe), które udostępniają dane w skalach pozwalających na ich wykorzystanie na poziomie pojedynczego przedsięwzięcia niejednokrotnie mającego powierzchnię kilku tysięcy m<sup>2</sup>.

### **Ocena oddziaływania na środowisko w polskim systemie prawnym**

Pojęcie „ocena oddziaływania na środowisko (OOŚ)” w polskim prawie zostało jednoznacznie określone. Definiuje je art. 3 pkt. 8 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (ustawa OOŚ) (Dz. U. z 2016 r., poz. 353 ze zmianami). Rozumie się je jako postępowanie administracyjne w sprawie oceny oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia, które obejmuje w szczególności:

- weryfikację raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko,
- uzyskanie wymaganych ustawą opinii i uzgodnień,
- zapewnienie możliwości udziału społeczeństwa w postępowaniu.

Ujmując rzecz historycznie, oceną oddziaływania na środowisko nazywano w latach 90. XX w. dokument, który określał oddziaływanie przedsięwzięcia na środowisko, a dzisiaj jest to postępowanie administracyjne planowanych przedsięwzięć obejmujące ww. czynności.

Działania wynikające z OOŚ są realizowane w toku procesu inwestycyjnego przed uzyskaniem warunków zabudowy lub pozwolenia na budowę, pomiędzy koncepcją inwestycji a konkretnymi rozwiązaniami technicznymi i technologicznymi. Postępowanie w sprawie OOŚ przeprowadza się tylko dla przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko wymienionych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2016 r., poz. 71). Dla przedsięwzięć nieklasyfikowanych w tym przepisie prawa ocenę oddziaływania na środowisko przeprowadza się tylko dla tych inwestycji, które mogą potencjalnie znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000. Zdecydowana większość z tych przedsięwzięć ma charakter miejscowy i wpływa lokalnie na środowisko i analizy związane z ich

oddziaływaniem na środowisko powinny być przeprowadzone w szczególnej skali.

Zakres merytoryczny analiz wynika z charakteru przedsięwzięcia oraz jego uwarunkowań lokalizacyjnych. Mówiąc o charakterze przedsięwzięcia, należy mieć na względzie planowane rozwiązania techniczne i technologiczne, które wpływają na środowisko. Z kolei uwarunkowania lokalizacyjne rozpatrywane są z podziałem na uwarunkowania formalne terenu, na którym będzie zlokalizowane przedsięwzięcie oraz uwarunkowania faktyczne wynikające ze stanu fizycznego terenu określające jego podatność (odporność) na degradację. Uwarunkowania formalne odnoszą się do określenia możliwości lub ograniczeń w realizacji inwestycji wynikających z przepisów szczegółowych i odnoszących się m.in. do:

- form ochrony przyrody,
- stref ochronnych ujęć wodnych,
- obszarów górniczych i terenów górniczych,
- lokalizacji Głównych Zbiorników Wód Podziemnych,
- zagrożeń powodziowych,
- obszarów wrażliwych na odpływ azotu ze źródeł rolniczych,
- obszarów ograniczonego użytkowania,
- ustaleń miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego,
- zabytków i dóbr kultury,
- stref ochrony uzdrowiskowej.

Uwarunkowania faktyczne związane są ze stanem i cechami fizycznymi terenu, na którym zlokalizowane będzie przedsięwzięcie i odnoszą m.in. do:

- aktualnego użytkowania i zagospodarowania terenu inwestycji,
- aktualnego użytkowania i zagospodarowania terenu w bliższym i dalszym sąsiedztwie planowanej inwestycji,
- stanu i rodzaju zieleni terenu inwestycji i jego otoczenia,
- stanu czystości i rodzaju gruntu, na którym będą posadowione obiekty,
- głębokości zalegania wód gruntowych,
- odległości inwestycji od obiektów chronionych akustycznie.

Ustawodawca określił zawartość raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, którą organ prowadzący postępowanie w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach może nałożyć na wnioskodawcę w jego pełnym zakresie lub części, kierując się specyfiką przedsięwzięcia oraz uwarunkowaniami lokalizacyjnymi.

Analizy związane z oddziaływaniem przedsięwzięcia na środowisko uwzględniają szczegółowe założenia techniczne oraz technologiczne i mogą dotyczyć wielu szczegółowych zagadnień związanych m.in. z oddziaływaniem akustycznym, emisją do powietrza, wpływem na grunt, wody gruntowe i na wody powierzchniowe, gospodarką wodno-ściekową, gospodarką



odpadami, oddziaływaniem na szeroko pojętą przyrodę czy dobra kultury. Wspomniane analizy wykonywane są poprzez:

- modelowanie propagacji ewentualnych zanieczyszczeń, głównie emisji hałasu i emisji do powietrza, przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania uwzględniającego procesy technologiczne ocenianego przedsięwzięcia,
- obliczenia matematyczne oraz ocenę opisową poszczególnych analizowanych zagadnień,
- przedstawianie zagadnień w formie graficznej, m.in. mapy propagacji zanieczyszczeń,
- przedstawianie zagadnień w formie kartograficznej w skali odpowiadającej przedmiotowi i szczegółowości analizowanych w raporcie zagadnień oraz umożliwiające kompleksowe przedstawienie przeprowadzonych analiz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.

Dla zidentyfikowanych problemów środowiskowych wynikających z planowanej technologii oraz potencjalnej lokalizacji należy wykorzystać materiały wyjściowe, które będą służyły ww. analizom:

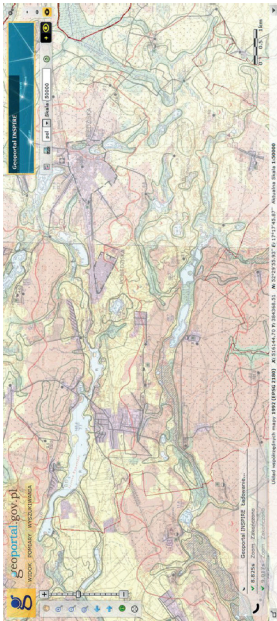
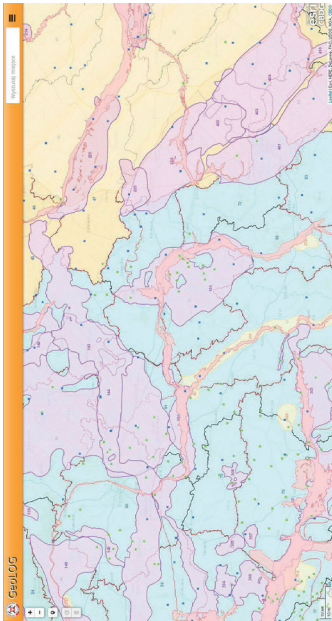
- dostępne materiały archiwalne, w tym względnie aktualne opracowania naukowe w zbliżonym stopniu szczegółowości do analiz wykonywanych w raporcie zawierające m.in. szeroko pojęte bazy geograficzne związane z potencjałem środowiskowym terenu,
- inwentaryzacje terenowe, w tym (zieleń, siedliska i gatunki chronione), pomiary hałasu na granicy funkcji chronionej, pomiary emisji gazów i pyłów do powietrza),
- informacje techniczne i technologiczne dotyczące inwestycji, które posłużą do modelowania oddziaływania planowanego przedsięwzięcia (analizy przestrzenne) przy wykorzystaniu oprogramowania branżowego.

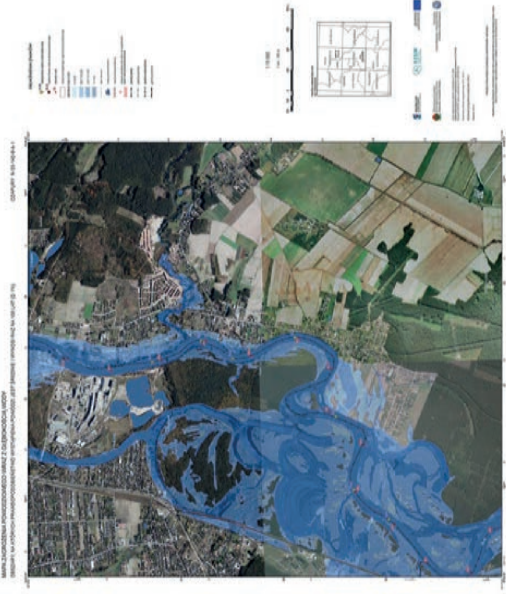
## Wybrane serwisy internetowe jako źródło danych o środowisku

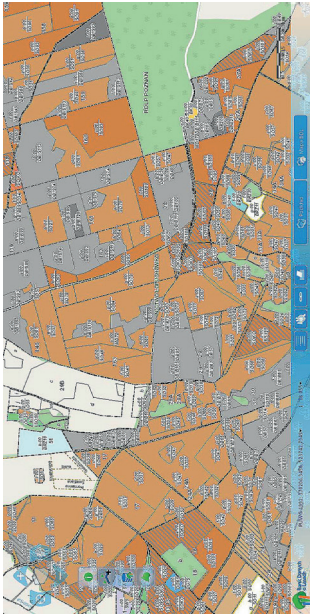
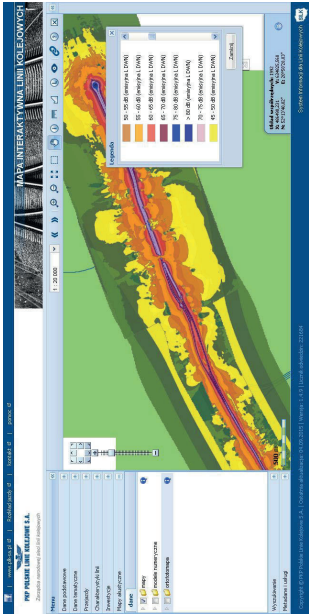
Coraz szerzej do analiz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko wykorzystywane są narzędzia GIS. Mając na względzie zasięg terytorialny baz przestrzennych, można wydzielić trzy poziomy gromadzenia danych wykorzystywanych w OOS:

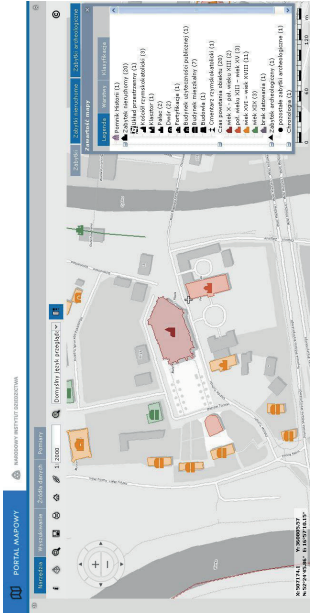
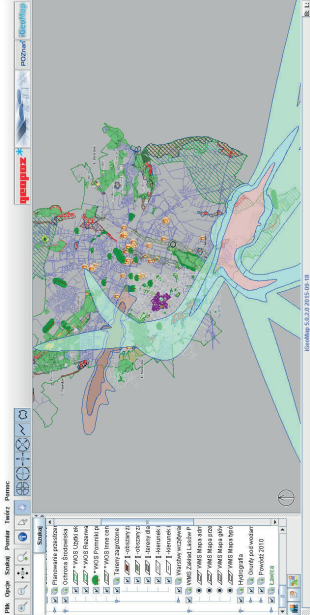
- 1) POZIOM KRAJOWY I REGIONALNY (kraj i województwo) (tabela 1),
- 2) POZIOM SUBREGIONALNY (powiat, gmina, miasto – Systemy Informacji Przestrzennej) (tabela 1b),
- 3) POZIOM LOKALNY (branżowe oprogramowania do modelowania propagacji zanieczyszczeń – hydrogeologia, akustyka, emisja pyłów i gazów do powietrza) (tabela 1c).

Tabela 1. Wybrane bazy informacyjne o środowisku w Polsce

| Baza informacyjna o środowisku      | Wybrana treść informacyjna bazy istotna z punktu widzenia OOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Przykład bazy informacyjnej                                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| A) POZIOM KRAJOWY I REGIONALNY      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                   |
| Geoportal                           | Mapy topograficzne<br>Ortofotomapa<br>Mapy hydrograficzne<br>Mapy sozologiczne<br>Ewidencja gruntów                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Centralna Baza Danych Geologicznych | Obszary górnictwa i tereny górnicze<br>Złóża<br>Główne otwory geologiczne<br>Szczegółowa Mapa Geologiczna<br>Mapa litogenetyczna<br>Mapa geosrodowiskowa Polski<br>Regiony fizyczno-geograficzne<br>Osuwiska i tereny zagrożone<br>Jednolite części wód podziemnych<br>Punkty monitoringu wód gruntowych<br>Główne Zbiorniki Wód Podziemnych<br>Obszary zagrożone podtopieniami<br>Monitoring wód podziemnych |  |

|                                                    |                                                                                                                                       |                                                                                               |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>Geoportal KZGW</div>                          | <div>Jednolite części wód powierzchniowych<br/>Mapa podziały hydrograficznego Polski<br/>Obszary chronione wód powierzchniowych</div> | <div></div>  |
| <div>ISOK Informatyczny System Ochrony Kraju</div> | <div>Mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego</div>                                                                    | <div></div> |

|                                                              |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>Bank Danych<br/>o Lasach</div>                          | <div>Regionalizacja przyrodniczo-leśna<br/>Leśne obszary funkcjonalne<br/>Opis taksacyjny drzewostanu<br/>Typy krajobrazów naturalnych<br/>Granice złóż<br/>Powierzchniowe utwory geologiczne</div> |   |
| <div>MILK – Mapa<br/>Interaktywna Linii<br/>Kolejowych</div> | <div>Mapy hałasu generowanego przez linie kolejowe</div>                                                                                                                                            |   |
| <div>GEOSERWIS</div>                                         | <div>Formy ochrony przyrody<br/>Korytarze ekologiczne<br/>Obszary wodno-błotne</div>                                                                                                                |  |

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>Geoportal<br/>Narodowego<br/>Instytutu<br/>Dziedzictwa</div>   | <div>Zabytki nieruchome i archeologiczne<br/>Pomniki Historii<br/>Lista Światowego dziedzictwa UNESCO</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <div></div> |
| <div>B) POZIOM SUBREGIONALNY</div>                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                              |
| <div>System Informacji<br/>Przestrzennej<br/>np. dla Poznania</div> | <div>Formy ochrony przyrody (istniejące, planowane, archiwalne)<br/>Tereny zagrożone ruchami masowymi ziemi<br/>Komunalne zasoby leśne (gatunki drzew i typy siedliskowe lasu)<br/>Grunty pod wodami oraz rowy melioracyjne<br/>Obszary ograniczonego użytkowania<br/>Obiekty i zespoły zabytkowe<br/>Wszystkie dokumenty planistyczne (obowiązujące i archiwalne)<br/>Ewidencja gruntów i budynków</div> | <div></div> |









Autorzy raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko korzystają z informacji zebranych na każdym poziomie szczegółowości, przy czym najbardziej znaczące jest modelowanie na poziomie lokalnym wspierane pozostałymi bazami danych.

Z uwagi na rozmiar typowego przedsięwzięcia analizy jego oddziaływania powinny być wykonywane w skalach szczegółowych i stąd zachodzi potrzeba wykorzystania oprogramowania branżowego do modelowania oddziaływania na poziomie lokalnym przy wsparciu informacyjnym pozostałych poziomów, głównie Systemów Informacji Przestrzennych opracowanych na poziomie gminy lub powiatu. Zawierają one m.in. informacje ewidencyjno-budowlane, dotyczące zagospodarowania przestrzennego oraz niekiedy związane z szeroko pojętą ochroną środowiska. Obecnie niewielka część gmin w Polsce ma swój własny SIP, ale obserwuje się tendencję wzrostową zainteresowania tworzenia lokalnych baz przestrzennych. Kilkanaście gmin (głównie miejskich) oraz powiatów opracowało serwisy iGeoMap, których treść wykorzystuje się w raportach o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. Na szczególną uwagę zasługuje taki serwis opracowany dla miasta Poznania z wieloma warstwami związanymi m.in. z planowaniem przestrzennym, ewidencją gruntów, lasami miejskimi, hydrografią, akustyką czy ochroną zabytków i dóbr kultury. System posiada możliwość podpinania innych danych z innych serwisów przestrzennych przy wykorzystaniu WMS.

### Informacje GIS wykorzystane w raporcie o oddziaływaniu na środowisko

Zakres raportu może być nałożony przez organ ochrony środowiska i może obejmować całość lub część informacji określonej w art. 66 ustawy OOS. Do analizy wybranych elementów raportu wykorzystywane są różne bazy danych przestrzennych, które przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Wykorzystanie przestrzennych źródeł danych o środowisku w raportach o oddziaływaniu na środowisko

| Elementy raportu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Źródło                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opis elementów przyrodniczych środowiska objętych zakresem przewidywanego oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko, w tym elementów środowiska objętych ochroną na podstawie ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, przy czym w przypadku gdy planowane przedsięwzięcie związane jest z działalnością polegającą na poszukiwaniu i rozpoznawaniu złoża węglowodorów metodą otworów wiertniczych lub wydobywaniu węglowodorów ze złoża tą metodą, opis tych elementów powinien zawierać się w obszarze określonym promieniem 500 m od zewnętrznej granicy przedsięwzięcia | <p><b>Geoportal (mapy hydrograficzne, sozologiczne, ewidencyjne)</b></p> <p><b>Centralna Baza Danych Geologicznych</b></p> <p><b>Geoportal KGZW</b></p> <p><b>GEOSERWIS</b></p> <p><b>Bank Danych o Lasach</b></p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opis istniejących w sąsiedztwie lub w bezpośrednim zasięgu oddziaływania planowanego przedsięwzięcia zabytków chronionych na podstawie przepisów o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Geoportal Narodowego Instytutu Dziedzictwa</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| Opis krajobrazu, w którym dane przedsięwzięcie ma być zlokalizowane                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Geoportal (mapy topograficzne i ortofotomapa)</b>                                                                                                                                                                                                                  |
| Opis analizowanych wariantów, w tym: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) wariantu proponowanego przez wnioskodawcę oraz racjonalnego wariantu alternatywnego,</li> <li>b) wariantu najkorzystniejszego dla środowiska wraz z uzasadnieniem ich wyboru</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Oprogramowanie branżowe modelujące propagację hałasu i zanieczyszczeń</b>                                                                                                                                                                                          |
| Określenie przewidywanego oddziaływania na środowisko analizowanych wariantów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>GEOSERWIS<br/>System Informacji Przestrzennej</b>                                                                                                                                                                                                                  |
| Uzasadnienie proponowanego przez wnioskodawcę wariantu, ze wskazaniem jego oddziaływania na środowisko, w szczególności na: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) ludzi, rośliny, zwierzęta, grzyby i siedliska przyrodnicze, wodę i powietrze,</li> <li>b) powierzchnię ziemi, z uwzględnieniem ruchów masowych ziemi, klimat i krajobraz,</li> <li>c) dobra materialne,</li> <li>d) zabytki i krajobraz kulturowy, objęte istniejącą dokumentacją, w szczególności rejestrem lub ewidencją zabytków,</li> <li>e) krajobraz.</li> </ul> | <b>Geoportal (mapy hydrograficzne, sozologiczne, topograficzne i ortofotomapa)</b><br><br><b>Centralna Baza Danych Geologicznych</b><br><b>Geoportal KGZW</b><br><b>GEOSERWIS</b><br><b>Bank Danych o Lasach</b><br><b>Geoportal Narodowego Instytutu Dziedzictwa</b> |
| Opis przewidywanych działań mających na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko, w szczególności na cele i przedmiot ochrony obszaru Natura 2000 oraz integralność tego obszaru                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>GEOSERWIS</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Przedstawienie zagadnień w formie kartograficznej w skali odpowiadającej przedmiotowi i szczegółowości analizowanych w raporcie zagadnień oraz umożliwiającej kompleksowe przedstawienie przeprowadzonych analiz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Geoportal (mapy topograficzne i ortofotomapa)</b><br><b>System Informacji Przestrzennej (mapy zasadnicze i mapy ewidencyjne)</b>                                                                                                                                   |
| Przedstawienie propozycji monitoringu oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na etapie jego budowy i eksploatacji lub użytkowania, w szczególności na cele i przedmiot ochrony obszaru Natura 2000 oraz integralność tego obszaru                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>GEOSERWIS</b><br><b>Geoportal (mapy topograficzne i ortofotomapa)</b>                                                                                                                                                                                              |

## Podsumowanie

Autorzy raportów o oddziaływaniu na środowisko coraz częściej wykorzystują przestrzenne bazy danych w swoich analizach wpływu inwestycji na środowisko. Różnorodność baz pod względem przedmiotowym, jak i ich szczegółowości czyni je wiarygodnym materiałem, który należy wykorzystywać na każdym poziomie przygotowania inwestycji. Ustawodawca dość liberalnie podchodzi do wykorzystywania danych przestrzennych w postępowaniu oceny oddziaływania na środowisko. Wskazuje jedynie obowiązek przedstawienia zagadnień w formie kartograficznej, który nie jest tożsamy z korzystaniem z danych przestrzennych. Należy spodziewać się, że w dalszym ciągu będą powstawały kolejne przestrzenne bazy danych, a te które już są, będą miały informację aktualizowaną i uszczegóławianą. Stąd zachodzi potrzeba doprecyzowania treści ustawy OOS w części dotyczącej „przedstawiania zagadnień w formie kartograficznej” tak, aby autorzy nie tylko dołączali do raportów kopie map topograficznych czy ewidencyjnych z lokalizacją przedsięwzięcia, ale również przedstawiali wyniki swoich analiz w korelacji z dostępnymi bazami przestrzennymi.

## Literatura

- ANTUNES P., SANTOS R., JOARDO L. 2001. Application of geographical information systems to determine environmental impact significance. *Environmental Impact Assessment Review*, 21 (6): 511-535.
- ATKINSON S.F., CANTER L.W. 2011. Assessing the cumulative effects of projects using geographic information systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 31: 457-464. doi:10.1016/j.eiar.2011.01.008.
- FOSTER J.A., MCDONALD A. T. 2000. Assessing pollution risks to water supply intakes using geographical information systems GIS. *Environmental Modelling and Software*, 15, 3: 225-234.
- GARG N., MAJI S. 2014. A critical review of principal traffic noise models: Strategies and implications. *Environmental Impact Assessment Review* 46: 68-81. doi:10.1016/j.eiar.2014.02.
- GONTIER M., BALFORS B., MORTBERG U. 2006. Biodiversity in environmental assessment – current practice and tools for prediction. *Environmental Impact Assessment Review* 26: 268-286.
- HEEKO J., IL CHANG S., CHAN LEE B. 2011. Noise impact assessment by utilizing noise map and GIS: A case study in the city of Chungju, Republic of Korea. *Applied Acoustics* 72: 544-550. doi:10.1016/j.apacoust.2007.02.009.
- HERRERO-JIMÉNEZ C.M. 2012. An expert system for the identification of environmental impact based on a geographic information system. *Expert Systems with Applications* 39: 6672-6682. doi:10.1016/j.eswa.2011.10.019.
- JOÃO E. 2001. How scale affects environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 22: 289-310.

- KISTOWSKI M. 2005, Przegląd wybranych podejść metodycznych w zakresie analizy i oceny wpływu człowieka na środowisko przyrodnicze. W: A. Szponar, S. Horska-Szwarc (red.) *Struktura funkcjonalno-przestrzenna krajobrazu, Problemy ekologii krajobrazu*, T. XVII, Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Wrocław: 60-70.
- LEE S., IL CHANG S., PARK Y. 2006. Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea. *Applied Acoustics* 69: 704-714. doi:10.1016/j.apacoust.2007.02.009.
- MINELLI A., MARCHESINI I., TAYLOR F.E., DE ROSA P., CASAGRANDE L., CENC M. 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 49: 70-78. doi:10.1016/j.eiar.2014.07.002.
- URBAŃSKI J. 2008. GIS w badaniach przyrodniczych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- WINTHER M., KOUSGAARD U., OXBOL A. 2006. Calculation of odour emissions from aircraft engines at Copenhagen Airport. *Science of the Total Environment* 366: 218-232. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.08.015.
- ZHONG S., ZHOU L., WANG Z. 2011. Software for Environmental Impact Assessment of Air Pollution Dispersion Based on ArcGIS. *Procedia Environmental Sciences* 10: 2792-2797. doi: 10.1016/j.proenv.2011.09.433.

### **Environmental data and their acquisition sources for the environmental impact assessments**

#### **Summary**

Project implementation takes place during environmental impact assessment proceedings. The aim of this procedure is to show during project stage the most credible and probable impact that can occur during its use. Impact analysis, in particular modeling of possible pollution propagation, is executed in environmental impact statement. For this purpose technical and technological data of the project is used as well as environmental conditions of area location. Modeling of project impact is done using professional software, mainly acoustics, pollutant emission and hydrogeology ones. The availability of spatial databases makes them a general source of information on environment and they are crucial for developing statement of environmental impact. All obtainable spatial data is used.

**KEY WORDS:** Environmental impact assessment, environmental impact statement, spatial database

**SŁOWA KLUCZOWE:** ocena oddziaływania na środowisko, raport o oddziaływaniu na środowisko, bazy danych przestrzennych

## **ZAKRES, INTEGRACJA ORAZ UŻYTECZNOŚĆ DANYCH PRZESTRZENNYCH DLA OÓŚ PRZEDSIĘWZIĘĆ ROLNICZYCH**

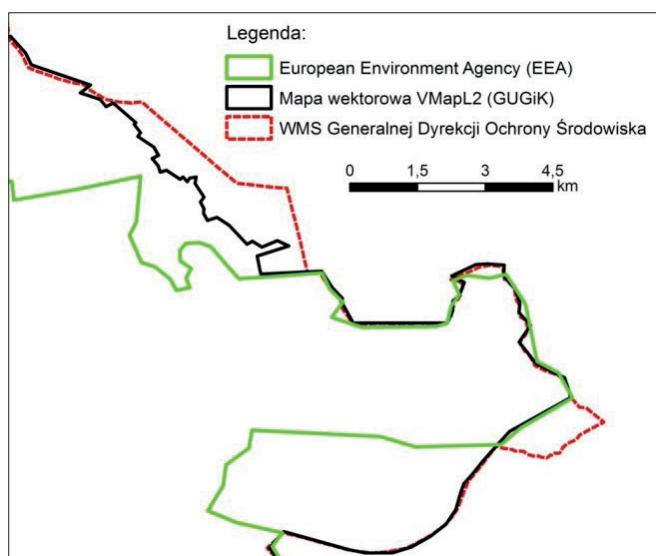
### **Wstęp**

Ilość i dostępność danych dotyczących środowiska przyrodniczego ciągle wzrasta, a tempo ich opracowania znacznie wzrosło po wejściu do Unii Europejskiej, kiedy to Polska zobowiązała się gromadzić, a następnie publicznie udostępniać informacje o środowisku przyrodniczym. Tworzenie infrastruktury informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej – INSPIRE; Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z 2007 r.) polega na zapewnieniu odpowiedniej koordynacji pomiędzy podmiotami dostarczającymi informacje i użytkownikami tych informacji tak, aby możliwe było połączenie informacji i wiedzy pochodzących z różnych sektorów. Transpozycją prawa unijnego na grunt polski jest Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz. U. z 2010 r. nr 76 poz. 489) wraz z powiązanymi z tą ustawą rozporządzeniami. Kładzie się nacisk na interoperacyjność danych przestrzennych i dotyczących ich usług na różnych szczeblach organów publicznych i w różnych sektorach. Prawidłowo implementowane zapisy Dyrektywy INSPIRE powinny być oparte na infrastrukturze informacji przestrzennej (IIP) tworzonej przez państwa członkowskie, co w przypadku Polski stanowi nadal spore wyzwanie, które dotyczy głównie stworzenia jednolitej bazy danych tematycznych o zasobach środowiska przyrodniczego (Olszewski 2006), z drugiej jednak strony pojawia się coraz więcej opracowań poruszających i wyjaśniających tę tematykę (Longley i in. 2005, Białousz 2013, Gaździcki 2010, Baranowski 2009, Baranowski 2012).

Zdaniem Kaczmarka (2010), urzędowe cyfrowe bazy danych przestrzennych stały się w ostatnich latach znakomitym źródłem informacji o środowisku przyrodniczym. Obejmują one znaczne powierzchnie, a dostęp do nich jest coraz łatwiejszy. Z drugiej strony, ciągle brakuje szeregu danych dotyczących stanu środowiska przyrodniczego na poziomie lokalnym, dlatego tak ważna



jest inwentaryzacja przyrodnicza, która stanowi nieodzowne źródło weryfikacji, aktualizacji i uzupełnienia zakresu danych przestrzennych. Jednak zdaniem Kistowskiego (2012), wzrastająca ilość danych oraz poziom ich rozproszenia są nadal znaczne, co stwarza coraz większe trudności w dokonywaniu analiz. Dostępne bazy danych przestrzennych są opracowywane w różnych układach odniesień przestrzennych, mają niejednolite podkłady topograficzne oraz odmienny stopień dokładności geometrycznej obiektów (ryc. 1). Wynika to z faktu, że szereg instytucji państwowych samodzielnie opracowuje mapy tematyczne (m.in. Główny Urząd Geodezji i Kartografii – GUGiK, Państwowy Instytut Geologiczny – PIG czy Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – IMiGW), bez wzajemnej współpracy i koordynacji (pomimo nałożonego obowiązku ustawowego, dotyczącego współdziałania w zakresie infrastruktury danych przestrzennych i koordynacyjnej roli właściwego ministra). Dodatkowo ich treści, częściowo pokrywają się w zakresie zasobu informacyjnego (Olszewski 2006).



**Ryc. 1.** Dokładność geometryczna danych wektorowych wyznaczających granicę Sierakowskiego Parku Krajobrazowego (Macias i Kubacka 2015)

Należy również podkreślić rolę Systemów Informacji Geograficznej (Geographical Information System – GIS) w kartowaniu terenowym i opracowywaniu baz danych przestrzennych. Do tej pory dane te przedstawiano pod postacią map analogowych i bogatych opisów, natomiast współczesne rozwiązania GIS pozwalają na nieporównywalnie sprawniejsze gromadzenie, przetwarzanie, aktualizowanie oraz prezentowanie ogromnej ilości danych przestrzennych. Zgromadzone i przetworzone dane mogą posłużyć do różnorodnych analiz przestrzennych (m.in. można ukazać tendencje zmian, prawidłowości oraz odpowiednio modelować krajobraz) i w zależności od potrzeb mogą przyjąć postać wybranych map tematycznych w różnych skalach opracowania.

## **Materiał zastosowany w analizie**

Celem opracowania jest charakterystyka danych przestrzennych, wykorzystywanych w procedurze oceny oddziaływania przedsięwzięć na środowisko, na przykładzie inwestycji branży rolnej, ocena ich przydatności oraz przedstawienie propozycji nowych warstw tematycznych (baz danych), wypełniających lukę w systemie informacji przestrzennej. Publikacja dotyczy problemu integracji danych przestrzennych, pochodzących z różnych źródeł. Metody badań opierają się na własnych doświadczeniach autora, wynikających z opracowania ok. 100 raportów o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko dla przedsiębiorstw z branży rolnej, przemysłowej i usługowej, ponadto przeprowadzono analizę unormowań prawnych, dostępnej literatury i praktyki postępowań administracyjnych w toku wydawania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Wyniki postępowania badawczego obejmują przedstawienie zarysu wybranych problemów, z jakimi spotykają się autorzy ocen oddziaływania przedsięwzięć oraz organy prowadzące postępowania, organy opiniujące i uzgadniające, na gruncie infrastruktury danych przestrzennych.

## **Zasoby danych przestrzennych dla OoŚ przedsięwzięć branży rolnej**

Weryfikacja danych przestrzennych, w odniesieniu do obowiązkowego zakresu raportu o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia, przeprowadzona została dla kilku, wytypowanych jako najczęściej wykorzystywane, funkcjonujących warstw tematycznych. Ocenie podlegały m.in. możliwość wykorzystania, kompilowania i edytowania tych danych, stopień szczegółowości i kompletności dostępnych opracowań, częstotliwość aktualizacji warstw informacyjnych, stopień rozproszenia danych, pokrycie terenu kraju, możliwość agregacji danych z rozproszonych baz w oprogramowaniu GIS (serwisy WMS, dane wektorowe).

Podstawowe znaczenie w przypadku jakiegokolwiek działalności, związanej z uwzględnianiem własności gruntów, mają dane o charakterze katastralnym. W procedurze OoŚ szczególną wartość ma kwestia aktualności tej warstwy – na podstawie tych danych określone są strony postępowania administracyjnego. Geoportal krajowy udostępnia dane, których źródłem jest system LPIS (System identyfikacji działek rolnych). Pokrycie powierzchni kraju tą warstwą wynosi 99%. Może ona być wykorzystywana jedynie w zakresie przybliżonej identyfikacji i lokalizacji działki oraz oszacowania jej powierzchni. Dane te nie są danymi ewidencji gruntów i budynków. Wobec braku aktualności tej warstwy tematycznej, należy podkreślić znaczenie danych ewidencji, udostępnianych przez starostwa powiatowe i często podłączanych

do gminnych portali mapowych. O ile jednak dane Geoportalu 2 można wykorzystać w formie usługi WMS, to dane portali gminnych już nie zawsze mają tę funkcjonalność.

Wobec częstego problemu z brakiem aktualności analogowych map topograficznych, wielokrotnie pomocnym narzędziem jest Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k). Na podstawie tych danych możliwa jest wstępna kwalifikacja terenów pod względem ochrony akustycznej czy określenie uzbrojenia terenu. Dane posiadają dużą szczegółowość (skala 1 : 10 000), są aktualizowane. Problem stanowi wysoki koszt pozyskania elementów bazy – w formie usług WMS udostępniane są jedynie dane o budynkach, w dodatku z aktualnością dla 2009 i 2010 r. Baza ma formę danych wektorowych, wobec czego możliwości wykorzystania i edycji są bardzo duże.

Inwestycje branży rolnej często sąsiadują z obszarami leśnymi. Określanie oddziaływania wspomagają w tym zakresie zbiory Banku Danych o Lasach (BDL). Warstwy zawierają obszerny zasób informacyjny, w tym opis taksacyjny lasu, aktualność danych jest odpowiednia (2014). Bank przechowuje jednak dane tylko w obrębie PGL LP. Problem stanowi funkcjonalność danych – brak możliwości kompilowania, problemy z udostępnianiem i funkcjonowaniem usług WMS.

Szczególne znaczenie z punktu widzenia inwestycji branży rolnej mają zbiory i usługi danych przestrzennych Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW). Wykorzystywane są one m.in. w ustalaniu wymagań gospodarki nawozowej, czy wielkości urządzeń do magazynowania nawozów naturalnych (OSN). Możliwa jest również identyfikacja zlewni elementarnych, udostępnione są dane o obszarach chronionych – np. wody przeznaczone do spożycia przez ludzi. Zasób tematyczny baz jest obszerny, istnieje możliwość wykorzystania warstw w formie usług WMS, jednak nadal pojawiają się problemy techniczne (np. z identyfikacją wydziałów dla JCWP). Dane są aktualne – OSN 2012 – 2016, JCW – 2013 r., baza posiada pełne pokrycie powierzchni kraju.

W związku z faktem, iż inwestycje rolnicze realizowane są często z dala od zwartej zabudowy i niosą ze sobą z reguły pewne zagrożenie sanitarne – zachodzi konieczność weryfikacji odporności tych przedsięwzięć na ekstremalne zjawiska pogodowe, w tym powódzie. Mapy Zagrożenia Powodziowego (MZP) i Mapy Ryzyka Powodziowego (MRP) udostępniane są w ramach usług Internetowego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Mapy wykonano w skali 1 : 10 000, ich aktualność jest wysoka (2012, 2013). Problem stanowi forma udostępniania w postaci plików .pdf, docelowo ma być dostępna usługa WMS. Mapy wykonano dla terenów położonych w pobliżu dużych rzek, natomiast inne obszary zagrożone podtopieniami dostępne są na portalu PIG-PIB (tu także problem z funkcjonowaniem usług WMS).

Szeroki zakres danych z zakresu geologii i hydrogeologii udostępnia PIG – PIB (np. portale Centralnej Bazy Danych Geologicznych – CBDG, czy Państwowej Służby Hydrogeologicznej). Z punktu widzenia oddziaływania bran-

ży rolnej, atrakcyjny jest dostęp do informacji na temat identyfikacji punktów monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych, czy możliwość ustalenia głębokości zalegania pierwszego użytkowego poziomu wód podziemnych. Duża część danych udostępniana jest w formie usług WMS, jednak występuje problem przesunięcia obiektów względem ich rzeczywistego położenia. Dane o stratygrafii obiektów hydrogeologicznych (ujęcia, piezometry) udostępniane są odpłatnie, na zamówienie, drogą pocztową. Bazy danych hydrogeologicznych wykazują pewne braki w aktualizacji i kompletności zasobów (konieczność uzupełnienia o zbiory geologów wojewódzkich).

Czynnością wykonywaną przed przystąpieniem do oceny środowiskowej powinna być każdorazowo identyfikacja uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego terenu, wynikających z gminnych dokumentów planistycznych. Na tym polu pojawia się problem dostępności do aktów prawa miejscowego. Rysunki miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego często dostępne są jedynie w dziennikach urzędowych, bez geodniesienia, jedynie nieliczne gminy udostępniają je na swoich portalach mapowych, jednak najczęściej w formie skanu. Możliwość kompilowania i wykorzystania tych danych w oprogramowaniu GIS jest niewielka, charakterystyczna dla grafiki rastrowej, brak usług WMS.

### **Propozycje nowych warstw tematycznych dla przedsięwzięć OOS branży rolnej**

Digitalizacja materiałów analogowych i opracowanie nowych baz danych przestrzennych powinny przebiegać na szczeblu gminnym. Na tym poziomie wydawana jest większość decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, z tego poziomu najkorzystniej przeprowadzić inwentaryzację zasobów i co najważniejsze – na tym poziomie powinien być prowadzony monitoring przestrzegania przez inwestorów zapisów wydanych decyzji. Rozwiązanie takie zapewnia również właściwą dla procedury OOS skalę (poziom generalizacji) opracowań GIS.

W pierwszej kolejności należy zaproponować warstwy tematyczne, wykorzystujące istniejące zasoby danych, zgromadzonych na poziomie różnych instytucji w formie analogowej. Mapy glebowe udostępnia w różnych skalach i zakresie treści kilka instytucji – starostwa powiatowe, wojewódzkie ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach (również analizy GIS). Opracowania wektorowe, udostępnianie odpłatnie przez IUNG wydawane są w skalach 1 : 25 000 i mniejszych, co dla celów OOS nie jest wystarczające. Wymagania rzetelnej oceny wpływu inwestycji na pedosferę w skali mikro spełniają mapy glebowo-rolnicze w skali 1 : 5000 – na ich podstawie można przeprowadzić analizę racjonalności zajmowania określonego terenu pod budowlę rolnicze,

wnioskować na temat warunków budowlanych podłoża (treść mapy obejmuje informacje o składzie mechanicznym gruntu), a przede wszystkim – w połączeniu z danymi klimatycznymi i morfometrycznymi – oceniać wpływ gospodarki nawozowej na środowisko, analizując absorpcję substancji przez określone typy gleb.

Podobne znaczenie ma digitalizacja map melioracyjnych, będących z zasady w dyspozycji właściwego miejscowo Wojewódzkiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych. Mapy takie, opracowane z reguły dla terenu jednej wsi podczas melioracji, są trudno dostępne (dane dostępne na wniosek, w większości w formie analogowej), a ich treść ma duże znaczenie w kontekście projektowania nowych budynków i budowli rolniczych na terenach użytków rolnych. Zachodzi wtedy konieczność przebudowania systemu melioracyjnego. Brak wiedzy o przebiegu elementów systemu drenarskiego prowadzić może do naruszenia stosunków wodnych na działkach sąsiednich, a ryzyko takie należy ocenić w procedurze OOŚ.

Konwencja ramsarska nałożyła na nasz kraj obowiązek ochrony i utrzymania w niezmienionym stanie obszarów określanych, jako „wodno-błotne”. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach – Zakład Ochrony Przyrody Obszarów Wiejskich realizował projekt System Informacji Przestrzennej o Mokradłach Polski. Celem tego zadania było opracowanie systemu informacji przestrzennej o mokradłach na obszarze całej Polski, w którym umieszczone zostały dane przestrzenne i opisowe na temat mokradeł zobrazowane w postaci wektorowych map tematycznych oraz bazy danych. Dane przestrzenne obejmują torfowiska, gytiowiska i mokradła, mapy opracowano jednak na podkładzie w skali 1 : 100 000 (Mapy Mokradeł i Użytków Zielonych Polski, Komputerowa Baza Danych o Torfowiskach Polski „TORF”). Nie ma wątpliwości co do skali oddziaływania branży rolnej na obszary wodno-błotne. Głównym zagrożeniem jest tutaj gospodarka nawozowa realizowanych przedsięwzięć, tudzież sposób odprowadzania ścieków z gospodarstw i metody ich oczyszczania. Przywołana baza danych nie obejmuje małych obszarów (poniżej 1 ha), jak również nie jest aktualizowana na podstawie badań terenowych. Praktyka mówi, iż to właśnie niewielkie mokradła są najbardziej podatne na eutrofizację w wyniku napływu pierwiastków biofilnych z nawozów naturalnych. Konieczne wydaje się więc stworzenie nowej bazy danych odnośnie do szczebla gminnego, obejmującej nawet najmniejsze obszary wrażliwe, podlegającej corocznej aktualizacji (zmieniające się warunki klimatyczne) i skorelowanej z danymi monitoringu jakości wody w mokradłach.

Przedsięwzięcia rolnicze, takie jak fermy drobiu, trzody chlewnej czy bydła wykazują bardzo duże zapotrzebowanie na wodę. Częstokroć właściwe instytucje, sprawujące nadzór nad systemem wodociągowo-kanalizacyjnym gminy, nie wyrażają zgody na pobór wód z ujęć komunalnych bądź też inwestycje realizowane są na terenach niezwodociągowanych, o wysokich kosztach budowy



przyłącza. Jedyną drogą zapewnienia zasobów wodnych staje się więc często budowa własnego ujęcia. W takiej sytuacji zachodzi konieczność kompleksowej oceny wpływu nowego ujęcia na istniejące studnie (oraz uprzedniej lokalizacji istniejących poborów). Poza możliwością zaspokojenia potrzeb inwestycji z nowego ujęcia, należy ocenić przede wszystkim możliwość wystąpienia leja depresyjnego. Analizy przeprowadza się na podstawie dokumentacji archiwalnych i nowych badań hydrogeologicznych. Informacja o miejscach poboru wód jest zawarta w treści kilku map – mapy zasadniczej (także studnie kopane), mapy topograficznej, mapy hydrograficznej i sozologicznej (także ujęcia powierzchniowe), mapy hydrogeologicznej czy na portalach mapowych Państwowej Służby Hydrogeologicznej (pobory, wody mineralne, obiekty hydrogeologiczne – np. piezometry, punkty monitoringu). Dane na temat ujęć, na których stworzenie wydano pozwolenia wodnoprawne, gromadzą organy podejmujące te decyzje (najczęściej starosta i marszałek województwa). Na wszystkich wymienionych powyżej mapach brakuje informacji o strefach ochrony pośredniej ujęć wód, ustanawianych przez dyrektorów właściwych miejscowo Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (w strefach tych często zabroniona jest lokalizacja przedsięwzięć związanych z rolnictwem, takich jak nowe fermy produkcji wielkotowarowej). Zachodzi więc potrzeba likwidacji rozproszenia danych o ujęciach wód i koordynacji bazy danych przez jeden podmiot (gmina), z uwzględnieniem studni kopanych i stref ochronnych (udostępnianych powszechnie w ramach portalu mapowego, nie natomiast na wniosek o udostępnienie danych z katastru wodnego), w połączeniu z regularnymi badaniami monitoringowymi poziomu i jakości wód.

Oddzielnym zagadnieniem jest opis elementów przyrodniczych środowiska objętych ochroną na podstawie ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2015 r. poz. 1651, ze zm.). Charakterystyka ta opiera się głównie na identyfikacji najbliższej położonych form ochrony przyrody i ich opisie. Określenie położenia powierzchniowych form ochrony przyrody, takich jak: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary natura 2000 i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, względem terenu przedsięwzięcia, umożliwia usługa WMS GDOŚ – Obszary chronione, uruchomiona przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska. Każdorazowo należy jednak weryfikować przebieg granic tych form ochrony przyrody z przedstawionymi w dokumentach, na podstawie których funkcjonują, mogą bowiem występować tu pewne rozbieżności. Zadanie komplikuje się w przypadku pomników przyrody, użytków ekologicznych i stanowisk dokumentacyjnych. O ile te ostatnie spotyka się relatywnie rzadko, to nie ma spójnej i aktualnej bazy danych o pomnikach przyrody i użytkach ekologicznych. Formy te zaznaczono na Mapie sozologicznej Polski w skali 1 : 50 000, lecz na skutek zmian ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2015 r. poz. 1651, ze zm.) część użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych (np. na terenie



Poznania) przestała istnieć, ponadto część pomników przyrody uległa fizycznemu zniszczeniu, jeszcze inne formy zostały zniesione uchwałami rad gmin. Wykazem tych form ochrony nie dysponują z reguły Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska, a Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody zawiera wybiórcze dane. Najbardziej wiarygodne informacje można pozyskać z właściwych miejscowo urzędów gmin i nadleśnictw, często zdarza się jednak, że dane te także nie są aktualizowane na podstawie inwentaryzacji terenowych, oznakowanie pomników przyrody uległo zniszczeniu, a nie są one opisane współrzędnymi geograficznymi. Przydatnym narzędziem byłaby więc aktualna warstwa form ochrony przyrody dla każdej z gmin, z rzeczywistą lokalizacją pomników przyrody (sygnatura pomnika przy nazwie miejscowości nie spełnia wymagań bazy danych przestrzennych) i powiązaniem z bazą danych aktów prawnych wraz z komentarzami.

Zakres opisu szaty roślinnej jest niewątpliwie uzależniony od charakteru przedsięwzięcia – przy przedsięwzięciach rolniczych należy opisywać nie tylko roślinność działki, na której powstaje inwestycja, ale również terenu, na który oddziałuje. Jeśli dla danego obszaru, najczęściej gminy, nie została sporządzona szczegółowa i aktualna waloryzacja przyrodnicza, na podstawie której można określić siedliska roślinne, stanowiska roślin chronionych i miejsca bytowania chronionych gatunków zwierząt, niezbędna w części przypadków okazuje się nowa inwentaryzacja przyrodnicza. Jeśli wstępna ocena siedlisk wskazuje na możliwość bytowania gatunków chronionych, rzetelna inwentaryzacja przyrodnicza powinna obejmować cały cykl fenologiczny. Dane z inwentaryzacji powinny być powszechnie dostępne na geoportalu gminnym. Szczególne znaczenie ma to przy ocenie siedlisk dla inwestycji polegających np. na zamianie lasu na użytek rolny czy innych wielkopowierzchniowych przekształceń terenów cennych przyrodniczo i seminaturalnych. Dla zachowania zasadności tworzenia bazy danych, taka warstwa tematyczna podlegać musi corocznej aktualizacji.

Opis istniejących w sąsiedztwie lub w bezpośrednim zasięgu oddziaływania planowanego przedsięwzięcia zabytków chronionych na podstawie przepisów o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami często jest w opracowaniach OOS pomijany. Na fakt ten należytej uwagi także nie zwracają organy prowadzące postępowanie oraz organy uzgadniające i opiniujące. Każdy raport powinien zawierać nie tylko określenie, ale także opis najbliższej położonych obiektów zabytkowych. Zgodnie z ustawą z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2014 poz. 1446), opis dotyczyć powinien obiektów ujętych w wojewódzkim rejestrze zabytków, ale także: ewentualnych pomników historii, parków kulturowych, obiektów chronionych np. na podstawie zapisów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, obiektów ujętych w wojewódzkiej ewidencji zabytków i gminnej ewidencji zabytków, stref ochrony konserwatorskiej (układy urbanistyczne

i ruralistyczne), stanowisk archeologicznych i stref ochrony (obserwacji) archeologicznej. Przy opracowaniu tej części dokumentacji niezbędna jest analiza powiatowego i gminnego programu opieki nad zabytkami, konieczna np. w przypadku zapytania o występowanie stanowisk archeologicznych, może się również okazać konsultacja z właściwymi miejscowo służbami ochrony zabytków, dysponującymi mapami Archeologicznego Zdjęcia Polski. W przypadku lokalizacji inwestycji rolniczych na obszarach wrażliwych, np. w dolinach rzek, na wzniesieniach, itp., jak również w przypadku występowania w otoczeniu torfowisk (potencjalne miejsca występowania zabytków archeologicznych) oraz lokalizacji nowych budynków i budowli rolniczych na terenie starych gospodarstw, często dawnych majątków ziemskich, niezbędna staje się analiza występowania i stanu prawnego zabytków. Także w tym przypadku pojawia się rozproszenie kompetencji – inny organ prowadzi gminną ewidencję zabytków, inny rejestr wojewódzki i ewidencję wojewódzką, a także udostępnia dane AZP, zdarza się często, że dane o strefach ochrony konserwatorskiej są ujmowane w gminnych dokumentach planistycznych (miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego). Niezbędna do celów kompleksowej OOS wydaje się agregacja tych danych na poziomie gminnym wraz z bazą danych, obejmującą karty zabytków i zalecenia konserwatorskie (np. dla adaptacji starych obiektów inwentarskich).

Druga grupa propozycji nowych warstw tematycznych obejmuje dane dotychczas nieopracowane kompleksowo na szczeblu lokalnym, stanowiące pewne *novum*. Zupełnie niedoceniana, zarówno przez autorów opracowań, jak i organy administracji, jest ochrona krajobrazowa. Wydaje się, że na tę kwestię należy kłaść nacisk nie tylko przy przedsięwzięciach w rodzaju farm wiatrowych, ale każdych innych, w tym inwestycji rolniczych na terenach użytków rolnych, posiłkując się przy tym analizą historyczną zagospodarowania danego terenu i kompozycją przestrzenną otoczenia. Analizę historyczną można wykonać na podstawie powszechnie dostępnych w źródłach internetowych map archiwalnych, jednak waloryzacja krajobrazowa, to nowe opracowanie, marginalizowane na poziomie gminnym, a potencjalnie pomocne w odniesieniu walorów krajobrazowych otoczenia realizacji inwestycji do ogółu gminy.

Przedsięwzięcia branży rolnej realizowane są najczęściej na obszarach o zróżnicowanym pokryciu terenu (pola uprawne, łąki, zwarta zabudowa wiejska, las, woda). Programy modelujące rozprzestrzenianie zanieczyszczeń w powietrzu pozwalają na obliczenie szorstkości terenu poprzez utworzenie strefy szorstkości, zaznaczając na mapie poszczególne obszary np. pola, lasy, zabudowania i przypisując im odpowiednie współczynniki szorstkości według rozporządzenia o wartościach odniesienia. Podobne rozwiązanie, ale z większą dozą automatyzmu (wykorzystanie baz informacji o pokryciu terenu, automatyczne przypisanie współczynników) można zastosować w geo-

portalach gminnych. Takie rozwiązanie wprowadziłoby większą dokładność określania szorstkości terenu, a co się z tym wiąże – większą precyzyjność modelowania emisji zanieczyszczeń.

Wielkości tła zanieczyszczeń przyjmuje się zgodnie ze wskazaniem właściwego miejscowo Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska, dotyczącym aktualnego stanu zanieczyszczenia powietrza. W ramach monitoringu powietrza wykonywane są, analizowane i gromadzone dane dotyczące poziomów stężeń wybranych zanieczyszczeń powietrza w strefach, odniesionych najczęściej do powiatu. Na podstawie otrzymanych pomiarów dokonuje się oceny poziomów substancji w powietrzu ze względu na ochronę zdrowia ludzi oraz ochronę roślin. Powszechną praktyką jest podawanie danych bezpośrednio ze stacji pomiarowych, położonych z reguły z dala od projektowanych przedsięwzięć. W kontekście inwestycji rolniczych należy zwrócić uwagę na inną charakterystykę jakościową zanieczyszczeń powietrza niż te z punktów pomiarowych (tereny wiejskie – mniejsza emisja spalin z pojazdów, inna specyfika emisji pyłu, brak pomiarów stężeń amoniaku i siarkowodoru, które na tych terenach mogą być wysokie). Oczywistym problemem jest niewystarczająca liczba punktów pomiarowych, jednak kwestię tę należałoby w części rozwiązać szerzej implementowanymi metodami matematycznymi – poprzez wprowadzenie warstwy mapowej z interpolacją stężeń.

Inwestycje rolnicze cechuje najczęściej znacząco negatywne oddziaływanie odorowe. Prognozowanie zapachowego oddziaływania planowanej inwestycji jest możliwe za pomocą modelowania rozprzestrzeniania się odorów, bazującym na emisji zapachowej oszacowanej na podstawie wskaźników wyznaczonych zgodnie z PN-EN 13725 „Jakość Powietrza. Oznaczenie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”. Problemem jest niewielka liczba ogólnodostępnych i wiarygodnych wskaźników emisji zapachowej oraz ich znaczne zróżnicowanie, uzależnione od stosowanej technologii. Na podstawie wyników modelowania można ocenić zasięg/uciążliwość zapachową badanych emitorów, porównując uzyskane wyniki z wartościami dopuszczalnymi według projektu polskiej ustawy o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej z roku 2008, zgodnie z którym stężenie zapachowe  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  (stężenie odpowiadające progowi wyczuwalności), uśrednione dla 1 godziny, nie może być przekraczane częściej niż przez 8% czasu w roku w okresie przejściowym, a potem nie częściej niż przez 3% czasu w roku.

Nie ma jednak możliwości porównania tego oddziaływania z emisją związków zapachowych z już zrealizowanych przedsięwzięć. Za zasadne uważa się więc stworzenie warstwy tematycznej „oddziaływanie odorowe”, z bazą danych powstałą w trakcie inwentaryzacji źródeł emisji i modelowania z wykorzystaniem ujednoliconych wskaźników. Nowe emitory można by wprowadzać do bazy równoległe z procedurą OOS, oceniając jednocześnie kumulację oddziaływań.

**Tabela 1.** Standardy zapachowej jakości powietrza według projektu polskiej ustawy o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej

| Sposób zagospodarowania terenu                                                                                                                                                               | Poziomy porównawcze substancji zapachowych w powietrzu [ou/m³] | Okres uśredniania | Dopuszczalna częstość przekraczania wartości porównawczej substancji zapachowych w powietrzu |                 |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   | Klasa jakości zapachu                                                                        | % godzin w roku |               |
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   |                                                                                              | do 31.12.2012   | od 01.01.2013 |
| Tereny zabudowy mieszkaniowej:<br>- zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna<br>- zabudowa mieszkaniowa wielorodzinna                                                                             | 1                                                              | 1 godzina         | H0                                                                                           | 8               | 3             |
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   | H1                                                                                           | 8               | 3             |
| Tereny zabudowy usługowej (zabudowa związana z administracją, służbą zdrowia, handlem, kultem religijnym, nauką, oświatą, kulturą i sztuką, wypoczynkiem), tereny sportu i rekreacji         |                                                                |                   | H0                                                                                           | 8               | 3             |
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   | H1                                                                                           | 8               | 3             |
| Tereny zieleni i wód: tereny zieleni urządzonej, takie jak: parki, ogrody, zieleńce, arboreta, alpinaria, grodziska, kurhany, zabytkowe fortyfikacje, tereny ogródków działkowych, cmentarze |                                                                |                   | H0                                                                                           | 8               | 3             |
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   | H1                                                                                           | 8               | 3             |
| Tereny użytkowane rolniczo:<br>- zabudowa mieszkaniowa zagrodowa                                                                                                                             |                                                                |                   | H0                                                                                           | 15              | 8             |
|                                                                                                                                                                                              |                                                                |                   | H1                                                                                           | 8               | 3             |

Oznaczenia: H0 – zapach neutralny lub przyjemny, H1 – zapach nieprzyjemny

Źródło: Opracowanie własne na podstawie projektu polskiej ustawy o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej.

Podobnie przedstawia się kwestia porównywalności oddziaływania akustycznego przedsięwzięć i oceny kumulacji tych oddziaływań. Warstwa tematyczna, dotycząca emisji hałasu, z danymi (emitorami) wprowadzanymi równoległe z procedurą OOS i aktualizowanymi w terenie, rozwiązałaby te

problemy. Warstwa taka byłaby również przydatna z punktu widzenia odbiorców indywidualnych, zainteresowanych np. kupnem działki budowlanej pod zabudowę mieszkaniową, czy z punktu widzenia wyceny nieruchomości. Rozwiązany zostałby także problem pewnej dowolności interpretacyjnej przy kategoryzowaniu terenu pod kątem ochrony akustycznej (np. tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, czy zagrodowej). Warstwa ta powinna być skorelowana z zapisami miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

Podstawowe znaczenie ma więc aplikacja w formie narzędzi GIS ewidencji przedsięwzięć, dla których zostały wydane decyzje środowiskowe i pozwolenia z zakresu ochrony środowiska wraz z danymi, dotyczącymi emisji. Jednocześnie wskazane w ten sposób obszary przekroczeń standardów jakości środowiska, umożliwiłyby określenie chłonności środowiskowej terenów inwestycyjnych. Poprzez umożliwienie monitoringu komponentów środowiska dane takie posłużyłyby jako element działań na rzecz zrównoważonego rozwoju lokalnego.

## Dyskusja

Nie ulega wątpliwości, że nadal ważkim problemem jest deficyt implementacji metod i narzędzi GIS w procedurze OOS. Zauważalny jest znaczny stopień rozproszenia zbiorów i usług danych przestrzennych. Problem stanowi zagadnienie aktualizacji warstw informacyjnych i różny stopień szczegółowości tych opracowań. Zachodzi potrzeba agregacji wszystkich warstw tematycznych w ramach jednego portalu mapowego i zbioru danych (jednolita metodyka, układ odniesienia, itd.). Wskazuje się przy tym szczebel gminny, jako najbardziej uzasadniony do implementacji tego zadania.

Dalszej dyskusji należy poddać zagadnienia związane m.in. z:

- 1) podziałem kompetencji w reorganizacji systemu usług GIS,
- 2) kwestiami formalno-prawnymi, nadającymi gminom narzędzia do realizacji wskazywanych w niniejszym opracowaniu postulatów,
- 3) stworzeniem aktu prawnego rangi ustawy, porządkującego omawiane zagadnienie i upowszechniającego dostęp do danych,
- 4) kwestią odpłatności za udostępnianie informacji i źródeł finansowania wdrażanych rozwiązań w powiązaniu z jakością opracowań.

Celem i wspólnym mianownikiem wszystkich wymienionych działań jest monitoring środowiskowy skutków ingerencji człowieka w środowisko w ścisłej korelacji z weryfikacją założeń koncepcji zrównoważonego rozwoju.

## Literatura

- BARANOWSKI M. 2009. Modelowanie pojęciowe w projektowaniu i implementacji systemów geoinformacyjnych. Instytut Geodezji Kartografii, Warszawa.
- BARANOWSKI M. 2012. Harmonizacja danych przestrzennych. Podstawy teoretyczne. W: INSPIRE i Krajowa Infrastruktura Informacji Przestrzennej. Podstawy teoretyczne i aspekty poznawcze. Warszawa.
- BIAŁOUSZ S. 2007. Kształcenie w zakresie systemów informacji przestrzennej dla administracji publicznej – potrzeby, stan i rozwój. *Roczniki Geomatyki* 6: 9-22.
- Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 2007. Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007L0002>
- GAŹDZICKI J. 2010. Dyrektywa INSPIRE i jej implementacja w Polsce. Materiały XV edycji konferencji „GIS w Praktyce”, 9 czerwca 2010. Warszawa.
- KACZMAREK L. 2010. Pozyskiwanie i przetwarzanie danych na potrzeby ocen środowiska przyrodniczego. W: S. Bródka (red.). *Praktyczne aspekty ocen środowiska przyrodniczego*. Bogucki Wyd. Naukowe. Poznań.
- KISTOWSKI M. 2012. Atlas sozologiczny gmin Polski 2000-2009. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- LONGLEY P., GOODCHILD M., MAGUIRE D., RHING D. 2008: GIS. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- MACIAS A., KUBACKA M. 2015. Rola kartowania sozologicznego i bazy danych SOZO w badaniach krajobrazowych na poziomie lokalnym. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 39: 87-94
- OLSZEWSKI R. 2006. Aporia generalizacji kartograficznej. Wybrane problem generalizacji kartograficznej. Kraków.
- Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz. U. z 2014 r. poz. 1446).
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2015 r. poz. 1651, ze zm.).
- Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2016 r. poz. 353).
- Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz. U. z 2010 r. nr 76 poz. 489).
- Ustawa o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej – projekt 2008/10/17.

### **The range, integration and utility of digital spatial databases in the Environmental Impact Assessment (EIA) procedures at the example of the agricultural sector**

#### Summary

The subject of the paper focuses on the assessment of the availability of official digital spatial databases in the context of the support of the Environmental Impact Assessment (EIA) procedures at the example of the project from agricultural sector. The availability of selected spatial data with reference to the obligatory scope of the project environmental impact report was subject to verification. The possibility of using, compiling and



editing of those databases, the level of detail and completeness of available studies, the frequency of information layer updating, the area coverage of the country of uniform spatial databases, the ability to aggregate data from distributed databases in GIS software (WMS services, vector data) were assessed. The problem of uncoordinated duplication of spatial information by different institutions was highlighted. The quality of GIS studies compared with the information content of traditional data was also evaluated. The paper also indicates the proposals of new thematic layers for EIA of the project from agricultural sector. Based on many years of the author's professional practice, proposals of new spatial databases, partly drawing on the existing body of data collected at the level of various institutions in analogue form, and partly – with use of interpolation techniques of spatially discrete parameters, were presented. Attention was paid to the need for the GIS analysis in the context of executed investment projects, for which decisions on environmental constraints or environmental permits have been issued, together with the values of emissions into the environment, which would bring a real opportunity to assess the cumulative impacts of projects. The problem of the quality and timeliness of the nature and landscape inventory and valorization was also stressed. The paper also contains the justification for the indication of the commune as a unit of local government which should be entirely responsible for the implementation of a coherent multi-layered information system – most decisions on environmental constraints are issued on a municipal level, it is most beneficial to carry out the inventory of resources on this level and, most importantly, the monitoring of compliance with the provisions of decisions issued by investors should be conducted. The GIS analysis in conjunction with a complete, quality refined and updated spatial database systems are an essential tool for such monitoring, which has not been functioning in a satisfactory way yet, and which should constitute one of the pillars of the EIA procedure.

**KEY WORDS:** Environmental Impact Assessment, decision on environmental constraint, agricultural sector, GIS, Spatial data

**SŁOWA KLUCZOWE:** ocena oddziaływania na środowisko, decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach, rolnictwo, GIS, dane przestrzenne

## EUROPEJSKI PROGRAM OBSERWACJI ZIEMI COPERNICUS ŹRÓDŁEM DANYCH DO OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

### Wstęp

Ocena oddziaływania na środowisko (OOS) jest jednym z podstawowych instrumentów prawnych badających wpływ realizacji zaplanowanych działań na środowisko przyrodnicze. Do działań tych należą przedsięwzięcia publiczne bądź prywatne wymagające oceny *a priori*. W przypadku niektórych przedsięwzięć wymagana jest również ocena oddziaływania *a posteriori* w wyniku kontroli (*screening*). Ważnym aspektem jest również ocena oddziaływania przedsięwzięć, których realizacja może mieć wpływ na obszary Natura2000. Wykonanie oceny oddziaływania ma dostarczyć podejmującemu decyzję organowi administracji publicznej rzetelnej informacji niezbędnej do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia (decyzja środowiskowa). Na przykład czy inwestycja została zaplanowana w sposób optymalny i czy korzyści wynikające z jej realizacji rekompensują straty w środowisku rozumianym jako środowisko przyrodnicze i społeczne, w tym na zdrowie i warunki życia ludzi, na dobra materialne i kulturowe ([www.mrr.gov.pl](http://www.mrr.gov.pl)).

Kluczowe do przeprowadzenia oceny oddziaływania inwestycji na środowisko jest dokonanie analizy istniejącego stanu środowiska, czyli przeanalizowanie poszczególnych elementów o charakterze naturalnym (np.: pokrycie terenu, użytkowanie ziemi, fauna i flora, kondycja roślinności, gleby, sieć hydrograficzna) i charakterze społecznym (np.: stan i struktury społeczne, infrastruktura). Wpływ niektórych inwestycji wymaga analiz w kontekście krótko-, średnio- i długoterminowym oraz w kontekście wpływu wtórnego, skumulowanego, synergicznego czy stałego i tymczasowego (Klima i in. 2007). W końcowym etapie ustala się, jakie skutki środowiskowe wywoła realizacja konkretnej inwestycji na podstawie wyników wcześniejszych analiz, czyli np.: emisja zanieczyszczeń, hałas, wytwarzanie odpadów, straty bioróżnorodno-

ści, ubytek gruntów ornych lub leśnych, przekształcenie krajobrazu, poziom zdrowotności mieszkańców i przemian krajobrazu kulturowego, itp.

Program Copernicus będący europejskim programem obserwacji Ziemi, opartym na danych satelitarnych, lotniczych i naziemnych, dostarcza wielu cennych produktów, które mogą być wykorzystane w procedurze oddziaływań na środowisko, np.: do określania udziału powierzchni biologicznie czynnej, szorstkości terenu, pokrycia i użytkowania terenu, wskaźnika intensywności zabudowy, nieprzepuszczalności gruntu. Program Copernicus składa się z trzech sektorów: kosmicznego, naziemnego i usługowego. Program ten obejmuje najważniejsze obszary tematyczne: ląd, morze, atmosfera, zmiany klimatyczne, zagrożenia oraz bezpieczeństwo. Sektor usługowy w zakresie monitorowania obszarów lądowych, składa się z komponentu globalnego, europejskiego, lokalnego oraz *in situ*. Program Copernicus jest zarządzany przez Komisję Europejską wspieraną przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) nadzorującą sektor kosmiczny oraz Europejską Agencję Środowiska (EEA) odpowiedzialną za sektor naziemny. EEA koordynuje prace związane z dostarczaniem rzetelnych i aktualnych informacji dotyczących ochrony środowiska. EEA jest głównym źródłem informacji o stanie pokrycia terenu i użytkowania ziemi oraz zmianach pokrycia terenu na obszarze Unii Europejskiej oraz kilku państw spoza UE.

W ramach programu Copernicus Land Monitoring w latach 2012-2014 realizowany był projekt Corine Land Cover 2012 (CLC2012), będący kontynuacją projektów CORINE Land Cover CLC1990, CLC2000 i CLC2006. Istotą programu CORINE Land Cover (COoRdination de l'Information sur l'Environnement / CO-oRdination of INformation on Environment), zapoczątkowanego w 1985 r., jest dostarczenie aktualnej informacji dotyczącej pokrycia terenu/użytkowania ziemi na obszarze całej Europy w regularnym cyklu oraz wykazanie zmian zachodzących między kolejnymi cyklami. Zarówno szczegółowość, jak i zakres tematyczny zbieranych danych zostały dostosowane przede wszystkim do potrzeb Unii Europejskiej, w tym Wspólnej Polityki Rolnej oraz polityki środowiskowej prowadzonej przez Dyrektoriat Generalny XI oraz EEA. Jednostką odpowiedzialną za koordynację projektów CLC na poziomie europejskim jest EEA. Zarówno w przypadku CLC2000, jak i CLC2006 za realizację projektów na poziomie krajowym odpowiedzialny był Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ), w którym ulokowany jest Krajowy Punkt Kontaktowy ds. współpracy z EEA w ramach Europejskiej Sieci Informacji i Obserwacji Środowiska (EIONET) oraz Krajowe Centrum Referencyjne EIONET ds. pokrycia terenu. Bezpośrednim wykonawcą prac związanych z realizacją projektów CLC1990, CLC2000, CLC2006 i CLC2012 w Polsce był Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), pełniący również rolę jednego z Krajowych Centrów Referencyjnych EIONET ds. pokrycia terenu.

Podstawowym celem projektu CLC2012 było wykazanie zmian pokrycia terenu/użytkowania ziemi, jakie zaszły w latach 2006-2012 i budowa bazy danych CLC2012 (Hościło, Tomaszewska 2014). Dodatkowo w ramach programu Copernicus opracowanych zostało pięć warstwy informacyjnych o wysokiej szczegółowości zwanych warstwami wysokorozdzielczymi (High Resolution Layers – HRL). Warstwy te obrazują stopień nieprzepuszczalności gruntu, tereny zadrzewione, trwale użytki zielone, obszary podmokłe oraz zbiorniki wodne. Warstwy wysokorozdzielcze powstały w wyniku półautomatycznej klasyfikacji wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych zarejestrowanych w okresie 2011-2012.

W ramach komponentu lokalnego koordynowanego przez EEA opracowane zostały trzy dodatkowe produkty dostarczające szczegółowych informacji o pokryciu terenu dla obszarów problematycznych wymagających częstego monitorowania, tj.: tereny miejskie (Urban Atlas 2006 i 2012), tereny nadrzeczne położone wzdłuż rzek (Riparian zones) oraz obszary Natura2000 (N2K). Celem artykułu jest zaprezentowanie wyżej wymienionych produktów powstałych w ramach programu Copernicus oraz przedstawienie możliwości ich wykorzystania do analiz środowiskowych oraz w procedurach ocen oddziaływania na środowisko. W artykule szczególną uwagę poświęcono warstwom wysokorozdzielczym oraz produktom w skali lokalnej.

## Charakterystyka produktów Copernicus

### Komponent europejski

**Corine Land Cover** – dotychczas zostały opracowane cztery bazy danych dotyczące pokrycia terenu / użytkowania ziemi CORINE Land Cover (CLC) dla Polski: CLC1990, CLC2000, CLC2006 i CLC2012 oraz bazy zmian 1990-2000, 2000-2006 i 2006-2012. Wyróżnione formy pokrycia terenu CLC są zorganizowane hierarchicznie w trzech poziomach. Pierwszy poziom obejmuje 5 głównych klas pokrycia terenu: tereny antropogeniczne, obszary rolnicze, tereny leśne i seminaturalne, mokradła oraz wody. Na drugim poziomie zostało wyróżnionych 15 klas pokrycia terenu, zaś na poziomie trzecim wyróżniono 44 klasy. Trzeci poziom szczegółowości wydzieleni został zastosowany w opracowaniu pokrycia terenu we wszystkich krajach Europy. W Polsce spośród 44 klas pokrycia terenu na poziomie trzecim występuje 31 klas (Bielecka, Ciołkosz 2007). W bazie CLC są przechowywane tylko dane powierzchniowe o minimalnej powierzchni 25 ha i szerokości co najmniej 100 m. W bazie zmian zawarte są zmiany rzeczywiste o minimalnej powierzchni 5 ha i szerokości co najmniej 100 m widoczne na zdjęciach. Pokrycie terenu kartowane jest metodą eksperckiej wizualnej interpretacji zdjęć satelitarnych.

**Warstwy wysokorozdzielcze** są to warstwy informacyjne o wysokiej szczegółowości, które zostały opracowane metodą półautomatycznej klasyfikacji wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych, głównie z satelity SPOT 4/5, IRS RS2 i RapidEye pozyskanych w okresie 2011-2012. Warstwy zostały opracowane w rozdzielczości przestrzennej 20×20 m, następnie przekazane poszczególnym krajom do weryfikacji i korekty na poziomie krajowym. Finalne warstwy na poziomie europejskim udostępniane są w rozdzielczości przestrzennej 100×100 m przez EEA oraz na poziomie krajowym w rozdzielczości 20×20 m przez Instytut Geodezji i Kartografii (IGIK). Aktualnie dla Polski udostępniane są następujące warstwy w rozdzielczości przestrzennej 20 m i 100 m.

**Nieprzepuszczalność gruntów** – warstwa zawiera informację o stopniu nieprzepuszczalności gruntu w skali 0-100%, gdzie 100% oznacza całkowitą nieprzepuszczalność. Do obszarów nieprzepuszczalnych zaliczane są osiedla mieszkaniowe, pojedyncze domy, obszary komunikacyjne, drogi asfaltowe, betonowe, itp.

Tereny zadrzewione reprezentowane są przez dwie warstwy: 1) stopień zwarcia koron i 2) typy lasów. Warstwa przedstawiająca zwarcie koron zawiera informacje o stopniu zwartości koron przedstawionym w skali 0-100%, gdzie 100% oznacza pełne zwarcie koron. W warstwie „typy lasów” wydzielono lasy liściaste i iglaste. Dodatkowo wygenerowane zostały dwie warstwy pomocnicze: zadrzewień na gruntach zagospodarowanych rolniczo, np.: sady, plantacje drzew owocowych, oraz na gruntach przeznaczonych na cele mieszkaniowe bądź rekreacyjne.

Warstwa obrazująca trwałe użytki zielone nie osiągnęły oczekiwanej dokładności 85%, stąd nie są udostępniane na poziomie krajowym. Zbiorniki wodne – warstwa przedstawiająca zbiorniki wodne, obejmująca jeziora, stawy, rzeki, kanały stale wypełnione wodą oraz wody przybrzeżne; nie obejmują zaś morz, zbiorników retencyjnych, osadników oraz terenów czasowo zalewanych. Obszary podmokłe – warstwa przedstawiająca mokradła bądź niezwiązane ze stałymi zbiornikami wodnymi, torfowiska, z wyłączeniem terenów czasowo zalewanych i stałych powierzchni wodnych.

### Komponenty lokalne

**Urban Atlas** przedstawia strefy funkcjonalne obszarów miejskich; zawiera szczegółowe dane o pokryciu terenu / użytkowaniu ziemi (LC/LU) opracowane dla najbardziej zaludnionych miast europejskich (większość miast powyżej 50 000 mieszkańców). Urban Atlas dotyczący roku 2006 objął 301 europejskich miast, zaś w 2012 r. liczba opracowanych miast zwiększyła się do 695. Urban Atlas uwzględnia obiekty o minimalnej powierzchni 0,25 ha dla klas miejskich i 1 ha dla pozostałych klas; skala opracowania odpowiada skali 1: 10 000. W klasyfikacji wyróżniono 17 klas miejskich (w tym 5 klas zabudowy o różnej gęstości) i 10 klas pozostałych, związanych z inny-

mi formami pokrycia terenu. Dla wybranych miast opracowane zostały również szczegółowe bazy zmian dla okresu 2006-2012.

**Riparian zones** zawiera szczegółowe dane o pokryciu terenu / użytkowaniu ziemi oraz elementach liniowych zadrzewień występujących w obszarach nadrzecznych. Zastosowana legenda LC/LU jest hierarchiczna, odpowiada czwartemu poziomowi legendy CLC (80 klas) i jest zgodna z koncepcją MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services). Klasyfikację wykonano metodą interpretacji wizualnej na podstawie wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych (SPOT5/6 i Pleiades) pozyskanych w latach 2011-2013. Riparian zones uwzględnia obiekty o minimalnej powierzchni 0,5 ha i minimalnej szerokości obiektu 10 m, szczegółowość opracowania odpowiada skali 1 : 10 000. Dane zostały opracowane dla większych i średnich rzek w Europie w buforze 250-1000 m. Jako dodatkowy produkt opracowana została warstwa zadrzewień liniowych o minimalnej powierzchni 0,5 ha, minimalnej długości 100 m i szerokości powyżej 10 m, odpowiadająca skali 1 : 5000. Oba produkty podlegają aktualnie weryfikacji i ocenie jakości.

**N2K** zawiera szczegółowe dane o pokryciu terenu / użytkowaniu ziemi dla wybranych obszarów Natura2000 o charakterze łąkowym (siedliska 6210, 6240, 6250, 6510 i 6520). Klasyfikację wykonano metodą półautomatyczną na podstawie wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych (SPOT5/6 i Pleiades) pozyskanych w latach 2011-2014. Legenda LC/LU jest zgodna z nomenklaturą MAES (odpowiadająca 4 poziomowi legendy CLC) i jest tożsama z legendą zastosowaną w bazie Riparian zones. W bazie N2K uwzględnione są obiekty o minimalnej powierzchni kartowania 0,5 ha i minimalnej szerokości 10 m.

## Wykorzystanie produktów Copernicus

Bazy form pokrycia terenu / użytkowania ziemi Corine Land Cover cieszą się dużym zainteresowaniem administracji publicznej, pracowników naukowych, użytkowników komercyjnych i niekomercyjnych. Dla wielu krajów, w tym Polski, są to jedyne, systematycznie aktualizowane, dane pokrywające obszar całego kraju, wykonywane według jednolitych zasad i jednolitej legendy. Dodatkową ich zaletą jest dostępności w postaci cyfrowej, umożliwiającą wykonywanie analiz przestrzennych oraz opracowywanie map tematycznych. Baza CLC2000 była wykorzystywana przy procedurach wyznaczania obszarów Natura2000 oraz sporządzaniu planów gospodarowania wodami dorzeczy zgodnie z dyrektywą wodną (Bielecka, Ciołkosz 2007). Ważny jest również fakt, że bazy CLC dostępne są nieodpłatnie zarówno dla instytucji niekomercyjnych jak i komercyjnych.

Ze względu na przyjętą minimalną wielkość wieloboków, która w przypadku CLC wynosi 25 ha, zaś w przypadku bazy zmian 5 ha, wykorzysty-



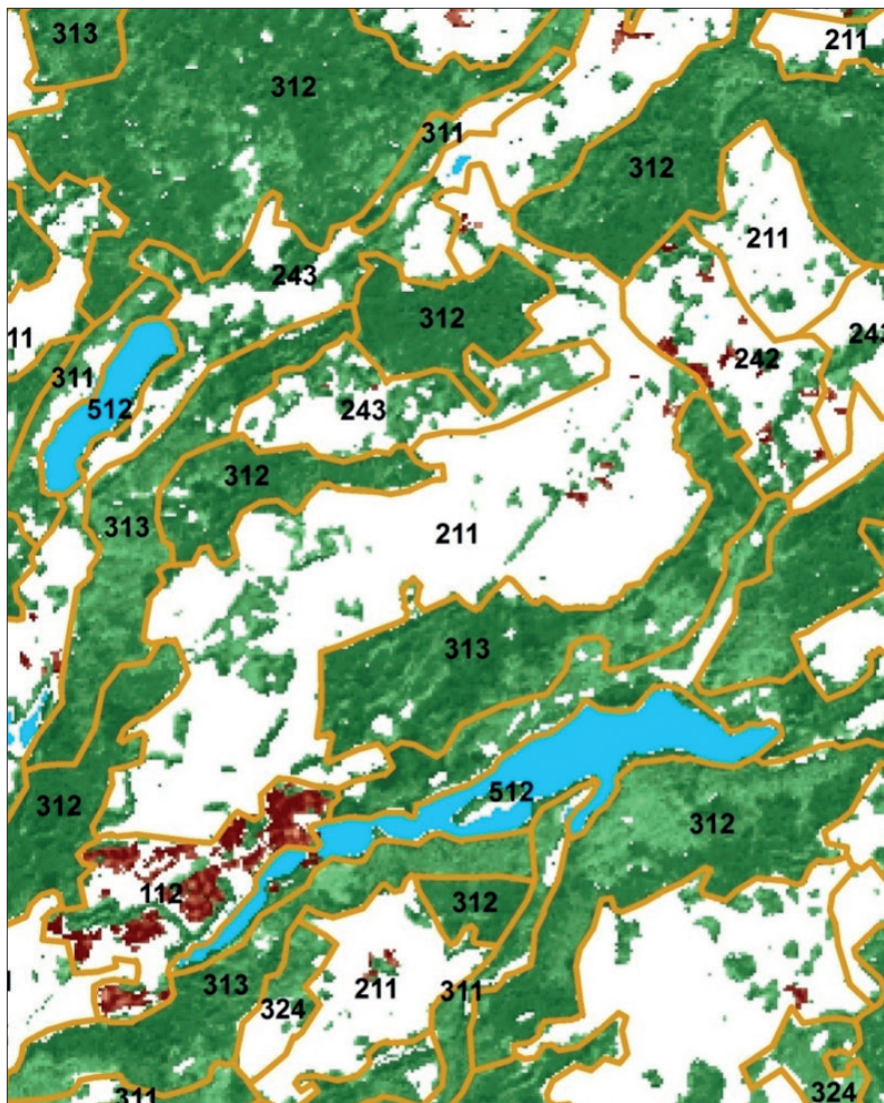
wanie tych danych jest powszechne w kontekście wielkoobszarowych analiz środowiskowych. Z danych CLC korzystano w analizach związanych na przykład z oddziaływaniem dróg krajowych na środowisko (Bohatkiewicz i in. 2007), mapowaniem i oceną ekosystemów i ich usług w Polsce (Mikołajczyk 2015), Koncepcją Zagospodarowania Przestrzennego Kraju (KZPK 2013), oceną skutków powodzi (Bielecka, Ciołkosz 1998), monitorowania kondycji roślinności (Dabrowska-Zielinska i in. 2015).

Produkcja pięciu warstw wysokorozdzielczych była odpowiedzią Europejskiej Agencji Środowiska na zapotrzebowanie na bardziej szczegółowe informacje o pokryciu terenu, odnoszące się do mniejszej powierzchni kartowania. Powstanie tych warstw było możliwe za sprawą dostępności zdjęć satelitarnych o znacznie większej rozdzielczości przestrzennej, niż te dotychczas wykorzystywane do produkcji baz CLC. Rycina 1 przedstawia poziom szczegółowości warstw wysokorozdzielczych (minimalna powierzchnia to 0,04-0,1 ha) w odniesieniu do wieloboków z bazy CLC (minimalna powierzchnia 25 ha).

Prezentowana warstwa zadrzewień dostarcza szczegółowych informacji o zasięgu lasów oraz lokalizacji zadrzewień śródpolnych, liniowych ciągach drzew, które ze względu na założenie techniczne CLC podlegały procesowi generalizowania. Dodatkowe przestrzenne dane o zwarcie koron oraz typach drzewostanu mogą stanowić cenne źródło informacji do analiz wpływu inwestycji na bioróżnorodność, określenie ubytku lasu o ustalonej zawartości koron czy typie drzewostanu. Ponadto szczegółowość tych danych pozwala na analizę luk, otwartych przestrzeni wewnątrz zwartych kompleksów leśnych. Równie przydatna w procesie wykonywania ocen oddziaływania na środowisko wydaje się warstwa szczegółowa, obrazująca stopień nieprzepuszczalności gruntów. Warstwa ta ma charakter ciągły i obejmuje zarówno obszary wiejskie, jak i miejskie. Ma to szczególną zaletę w przypadku klasy zabudowy luźnej (CLC kod 112) czy mozaiki terenów rolniczych i rozproszonej zabudowy (CLC kod 243) dość powszechnie występującej w naszym kraju. Informacja o stopniu nieprzepuszczalności gruntu może być przydatna np.: w przypadku projektów hydrologicznych, inwestycji budowlanych, infrastrukturalnych, do określania udziału powierzchni biologicznie czynnej, do analizy propagacji fali powodziowej w miastach czy przewidywanie potencjalnych zagrożeń podtopień. Rycina 2 przedstawia przykład warstwy szczegółowej obrazującej tereny nieprzepuszczalne oraz zadrzewienia dla miasta Poznań i okolic.

Analiza kompleksowa warstw wysokorozdzielczych dostarcza szczegółowej informacji o powierzchni biologicznie czynnej oraz szorstkości terenu, będącej istotnym aspektem przy ocenie wielu inwestycjach związanych z infrastrukturą, gospodarką wodną, rolnictwem czy bezpieczeństwem.

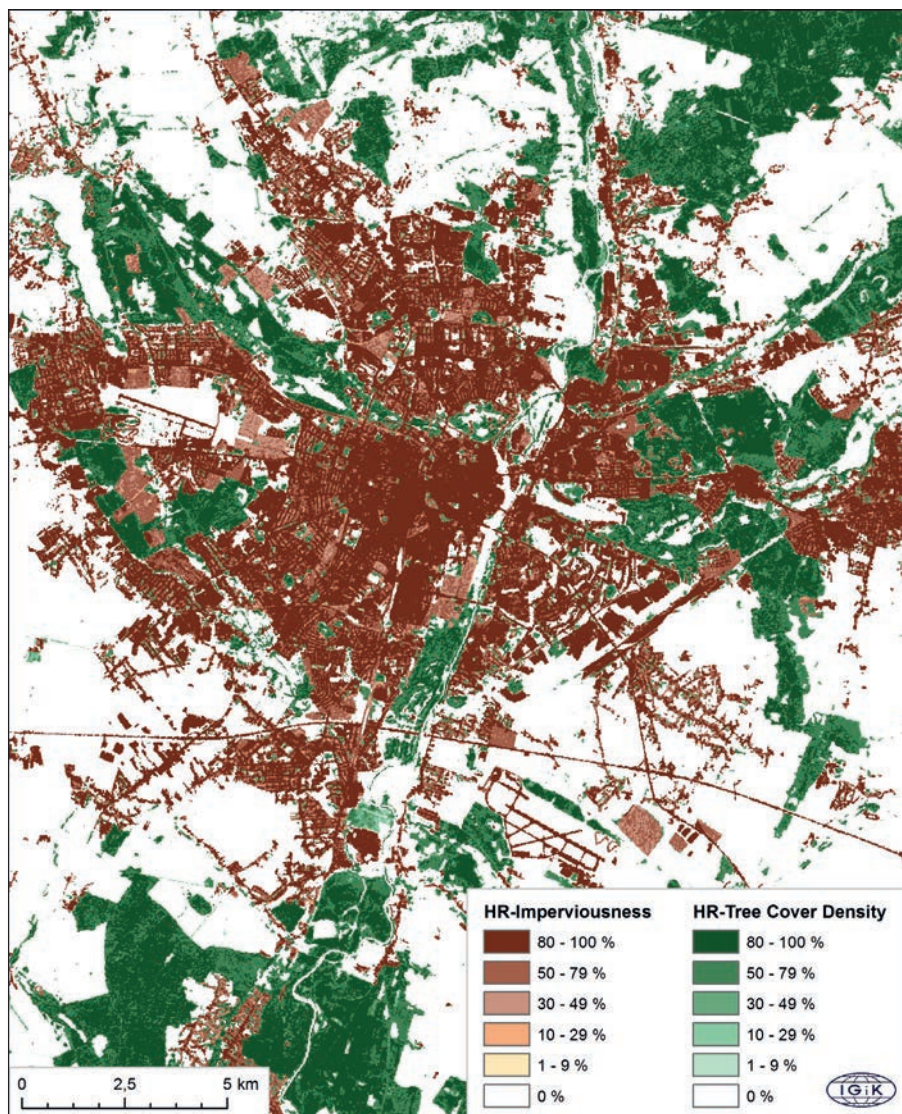
Niezwykłą zaletą danych Copernicus jest ich dostępność, powtarzalność oraz zasięg obejmujący nie tylko całą Polskę, ale również Europę (szczególnie



Ryc. 1. Zależność między bazą danych CLC2012 (zasięgi wydzielen przedstawione żółtą linią wraz z kodami) a warstwami wysokorozdzielczymi obrazującymi tereny zadrzewione (stopień zwarcia koron – odcienie zieleni), tereny nieprzepuszczalna (stopień nieprzepuszczalności gruntu – odcienie koloru brązowego) oraz zbiorniki wodne (kolor niebieski)

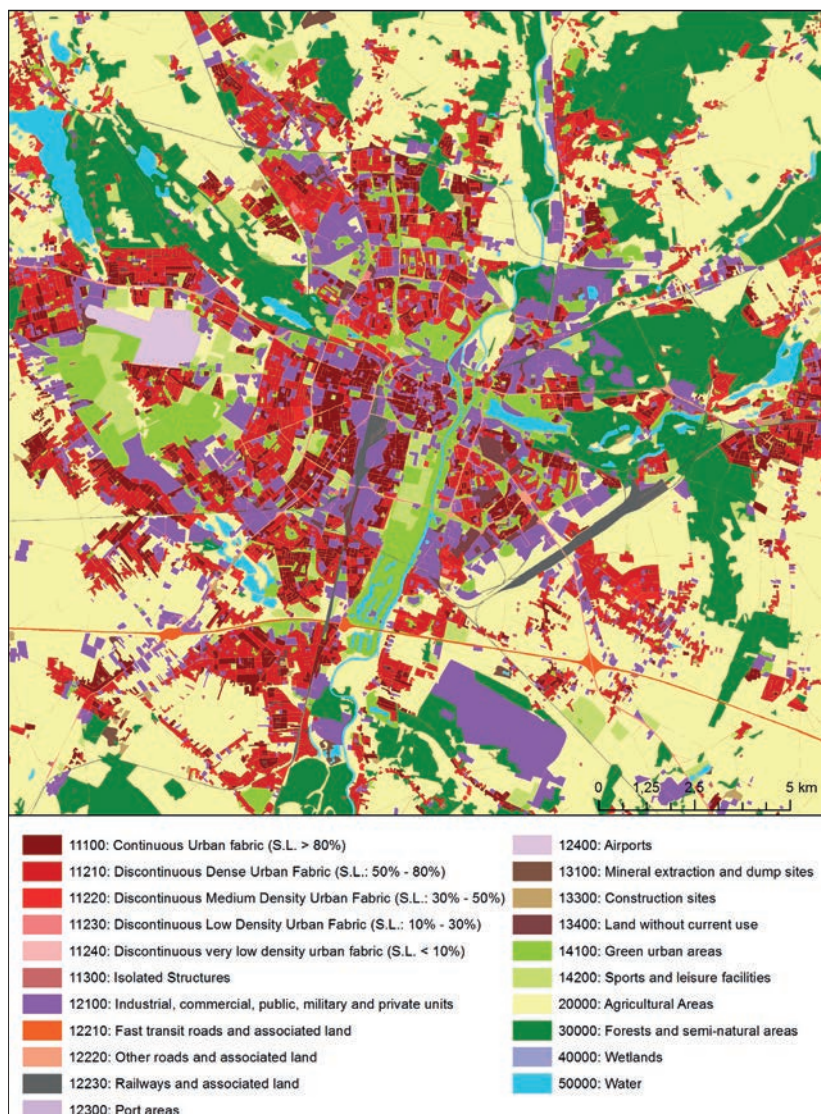
ważne dla oceny oddziaływania na środowisko na obszarach granicznych). Powtarzalność danych (EEA planuje utrzymanie produkcji warstw wysokorozdzielczych w cyklu trzy letnim) umożliwia monitorowanie zjawiska w czasie, co w przypadku niektórych inwestycji pozwoli na określenie rzeczywistego i długoterminowego oddziaływania na środowisko przyrodnicze.





Ryc. 2. Warstwy szczegółowe terenów zadrzewionych z informacją o stopniu zwarcia koron (%) oraz warstwa terenów nieprzepuszczalnych przedstawiająca stopień nieprzepuszczalności gruntu (%) dla Poznania i okolic

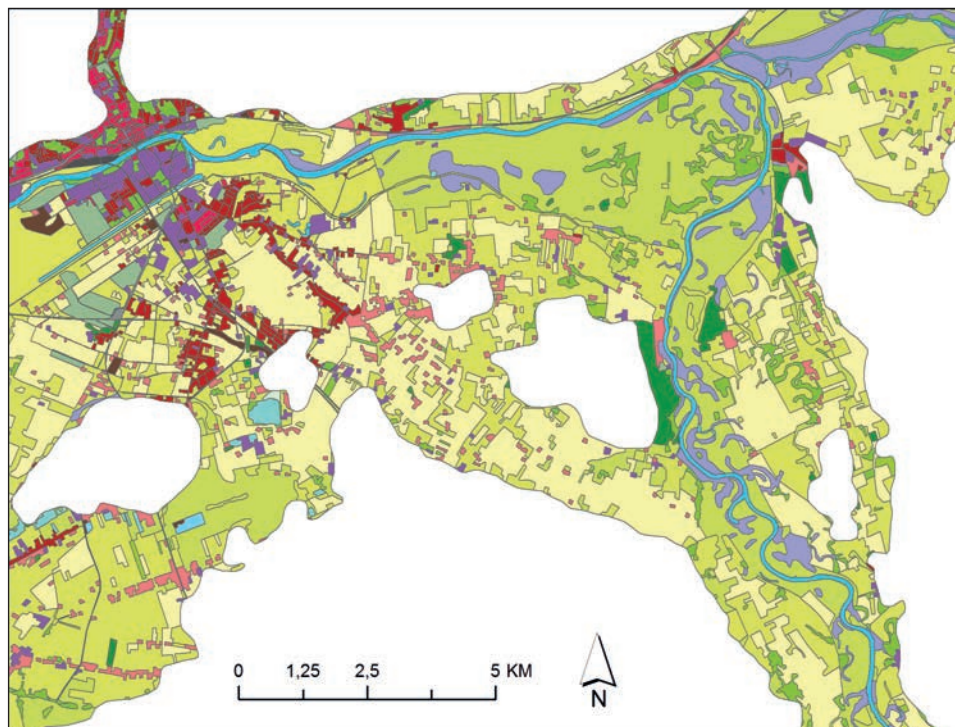
W przypadku inwestycji wykonywanych w obrębie miast bądź na terenach przyległych do miast przydatne mogą okazać się nie tylko informacje o nieprzepuszczalności podłoża, ale również szczegółowe dane o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi zawarte w Urban Atlas. Rycina 3 przedstawia przykład Urban Atlas 2006 dla miasta Poznania i okolic.



Ryc. 3. Urban Atlas 2006 dla miasta Poznań i okolic

Dodatkową zaletą tych danych jest ich powtarzalność, dotychczas wykonano opracowanie dla roku 2006 i 2012, co umożliwia śledzenie zmian w czasie. Urban Atlas może być wykorzystywany przez władze miast do m.in. zarządzania obszarami miejskimi czy planowanie przestrzennego, do działań związanych z ochroną przed klęskami naturalnymi, do analiz przestrzennych związanych z gęstością zaludnienia czy przestrzennym rozkładem obszarów zielonych w miastach.





**Ryc. 4.** Szczegółowe pokrycie terenu /użytkowanie ziemi dla stref nadrzecznych – produkt Riparian zones. Ujście Noteci do Warty

W przypadku inwestycji planowanych, zlokalizowanych w pobliżu lub w obrębie terenów chronionych bądź wrażliwych, jakimi są obszary nadrzecznych, istotne jest, aby zmiany krajobrazu naturalnego były jak najmniejsze i nie zagrażały obszarom chronionym, w tym włączonym w europejską sieć Natura2000. Najnowsze produkty Copernicus: Riparian zones i N2K dostarczają aktualnych i szczegółowych informacji o pokryciu terenu. Poziom szczegółowości LC/LU zawarty w produkcie Riparian zones przedstawia rycina 4.

## Podsumowanie

Informacja o pokryciu terenu /użytkowaniu ziemi jest niezbędna do realizacji wielu zadań na różnych poziomach szczegółowości. Na poziomie europejskim i krajowym zapewnia ona wsparcie dla władz odpowiedzialnych za politykę środowiskową kraju i Unii Europejskiej. Na poziomach regionalnych jest niezbędna w procesie tworzenia spójnych, regionalnych systemów monitoringu środowiska, wdrażania dyrektywy siedliskowej, wodnej i ptasiej, w analizach strat bioróżnorodności czy w ocenach oddziaływania inwestycji na środowisko. Dane Corine Land Cover ze względu na ich dokładność i szczegółowość są najczęściej wykorzystywane do analiz wieloobszarowych

na poziomie krajowym i europejskim. W skali regionalnej i lokalnej wymagana jest większa szczegółowość i dokładność, którą charakteryzują się produkty wysokorozdzielcze, np.: tereny zadrzewione i nieprzepuszczalne oraz dane Urban Atlas, Riparian zones i N2K (80 klas pokrycia terenu/użytkowania ziemi na poziomie czwartym).

Cykliczność produktów Copernicus pozwala na wykonywanie analiz wieloczasowych, śledzenie obszarów, na których zachodzą zmiany będące wynikiem działalności człowieka bądź zmian klimatycznych, usprawniają tworzenie systemów prognozowania, ostrzegania i likwidacji skutków zagrożeń naturalnych i technologicznych. Corine Land Cover aktualizowana jest w cyklu sześcioletnim, zaś produkcja warstw wysokorozdzielczych utrzymana jest w cyklu trzyletnim. Ponadto największą zaletą tych danych jest ich nieograniczony, bezpłatny dostęp zarówno dla instytucji publicznych, administracji, naukowców, jak i firm prywatnych wykonujących często opracowania środowiskowe.

Dostępność poszczególnych produktów Copernicus:

Bazy CLC udostępniane są na poziomie krajowych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ), w którym ulokowany jest Krajowy Punkt Kontaktowy ds. współpracy z EEA oraz Krajowe Centrum Referencyjne EIONET ds. pokrycia terenu (<http://inspire.gios.gov.pl/portal/>).

Warstwy wysokorozdzielcze na poziomie krajowym udostępniane są przez Instytut Geodezji i Kartografii (IGIK), pełniący rolę jednego z Krajowych Centrów Referencyjnych EIONET ds. pokrycia terenu (<http://www.igik.edu.pl/pl/corine-hrl>).

Produkty lokalne udostępniane są na stronach Copernicus Land Monitoring (<http://land.copernicus.eu/local>).

## Literatura

- BIELECKA E., CIOŁKOSZ A. 2007. Wykorzystanie informacji o pokryciu terenu zawartych w bazach Corine Land Cover w gospodarce przestrzennej, Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, Rocznik Geomatyki, t. 5, zeszyt 7.
- BIELECKA E., CIOŁKOSZ A. 1998. Powód. w dolinie Odry w świetle interpretacji zdjęć satelitarnych. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, 45, 97: 81-95.
- BOHATKIEWICZ, J., ADAMCZYK J. i in. 2007. Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych. Powstał na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Kraków, 2007, ISBN 978-83-926079-2-2 wersja elektroniczna
- DABROWSKA-ZIELINSKA K., GOLINSKI P., JORGENSEN M., MÖLMANN J., TAFF G., TOMASZEWSKA M., GOLINSKA B., BUDZYNSKA M. 2015. New methodologies for grasslands monitoring. In proceedings of 23rd International Grassland Congress 2015 – Keynote Lecture (XXIII IGC 2015), 20-24 November 2015, New Delhi, India, Range Management Society of India, Jhansi, U.P. India <http://www.igik.edu.pl/upload/NEWMethodologyGrasslandsMonitoringDABROWSKA2.pdf>
- DYREKTYWA SIEDLISKOWA w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej flory i fauny, 92/43/EWG
- HOSCILO A., TOMASZEWSKA M. 2014. CORINE Land Cover 2012 – 4th CLC inventory completed in Poland. Geoinformation Issues, vol. 6, no 1(6), pp. 49-58 (<http://www.igik.edu.pl/upload/File/wydawnictwa/GI6AHMT.pdf>)



- KLIMA E., JANISZEWSKA, A., ROCHMIŃSKA A. 2007. Projektu Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego 2007–2013 (wersja 2.2a). Prognoza Oddziaływania na Środowisko, sierpień 2007, Warszawa.
- KZPK2030. 2013. Koncepcja Zagospodarowania Przestrzennego Kraju 2030. [http://rpo2020.lubuskie.pl/wp-content/uploads/2013/01/Koncepcja\\_Przestrzennego\\_Zagospodarowania\\_Kraju\\_203011.pdf](http://rpo2020.lubuskie.pl/wp-content/uploads/2013/01/Koncepcja_Przestrzennego_Zagospodarowania_Kraju_203011.pdf)
- MIKOŁAJCZYK P. 2015. Mapowanie i ocena ekosystemów i ich usług w Polsce. Wystąpienie na Konferencji Środowisko Informacji, 7 październik 2015, Warszawa.  
[www.mrr.gov.pl](http://www.mrr.gov.pl)  
<http://land.copernicus.eu/>

### **Copernicus Land Monitoring Service as a support for the Environmental Impact Assessment procedures**

#### Summary

Copernicus is an European programme for monitoring the Earth. It provides reliable and up-to-date information about six thematic areas: land, marine, atmosphere, climate change, emergency management and security. The land theme is divided into four main components: global, pan-European, local and in situ. The pan-European, local and in situ components are coordinated by the European Environment Agency (EEA). The pan-European component consists of Corine Land Cover (CLC) database and the High Resolution Layers (HRL). The vector-based CLC database provides land cover/use information for 1990, 2000, 2006 and 2012 (continuation in 6-year cycle) and land cover changes between exact years. In Poland, 31 classes out of 44 have been delineated at the 3<sup>rd</sup> CLC level. The CLC database is particularly useful for environmental assessment at the national and European scale (minimum mapping unit 25 ha for CLC and 5 ha for CLC-change). The environmental impact assessment procedures require more detailed and frequent information on land cover/use and changes. In parallel to CLC, the EEA proposed and coordinated the production of the 5 HRLs, describing the main land cover forms: impervious (sealed) surfaces (road, build up areas), forest, natural grasslands, wetlands and permanent water bodies. The HRLs were produced from high resolution satellite images. For Poland, the imperviousness, forest layers wetlands and water bodies are currently available at the resolution 20 m and 100 m. The imperviousness layer presents the spatial distribution of artificially sealed areas with the level of sealing of the soil per area unit (range from 0-100%). The forest layer consists of two products: tree cover density (range from 0-100%) and dominant forest type (broadleaf and coniferous). The local component of Copernicus programme aims to provide specific and more detailed information on land cover/use over the locations prone to specific environmental challenges and problems. These locations are urban areas (Urban Atlas), areas along the major European rivers (Riparian zones) and selected Natura 2000 sites (with focus on grassland habitats). These products are provided in much better spatial resolution (minimum mapping unit 0.25-0.5 ha) with more detailed legend (80 land cover/use classes). The cyclical nature of these data allows to track the environmental changes over time and to assess the impact of the particulate investments on the environment. The Copernicus products described above can be used in various environmental domains, it can support the process of environmental impact assessment and implementation of habitats, water and birds directives. It can also provide information for the spatial planning, agriculture, transport.

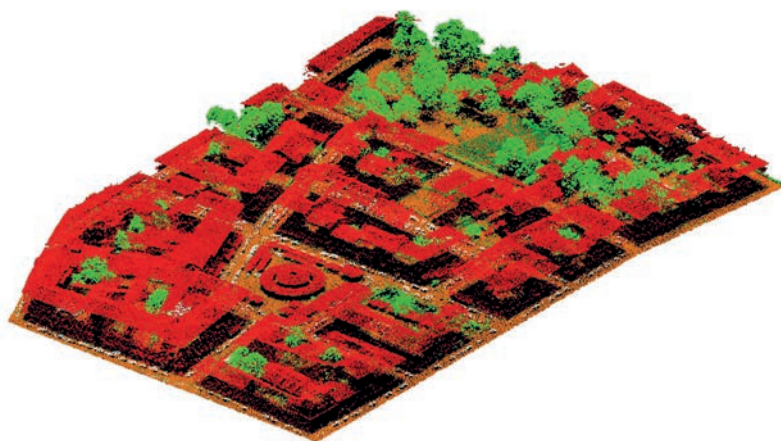
**KEY WORDS:** Copernicus, High Resolution Layers, Imperviousness, Urban Atlas, Natura2000, forests

**SŁOWA KLUCZOWE:** Copernicus, High Resolution Layers, Imperviousness, Urban Atlas, Natura2000, lasy

## LOTNICZE SKANOWANIE LASEROWE W BADANIACH ŚRODOWISKOWYCH

### Wstęp

Lotnicze skanowanie laserowe jest aktywną metodą pozyskiwania informacji o powierzchni terenu. Skaner laserowy zainstalowany na pokładzie statku powietrznego dokonuje pomiaru odległości do punktów powierzchni terenu. Pracujący na pokładzie samolotu system nawigacji satelitarnej (GNSS) rejestruje pozycję samolotu, a inercyjny system nawigacyjny (INS) określa kąty i wektory przyspieszeń platformy. Na podstawie powyższych informacji określone jest położenie zeskanowanych punktów znajdujących się na powierzchni terenu (Shan, Toth 2009). Pojedyncze punkty tworzą chmurę, w której odzwierciedlone są obiekty występujące na zeskanowanym obszarze. Bardzo ważną cechą skanowania laserowego, szczególnie istotną w obszarach leśnych, jest możliwość przenikania wiązki lasera przez szatę roślinną, wskutek czego dane LiDAR umożliwiają odzwierciedlenie terenu pod roślinnością (Kraus, Rieger 1999).



**Ryc. 1.** Sklasyfikowana chmura punktów. Punkty leżące na gruncie/budynkach/roślinności itd. przypisane mają odrębne kolory

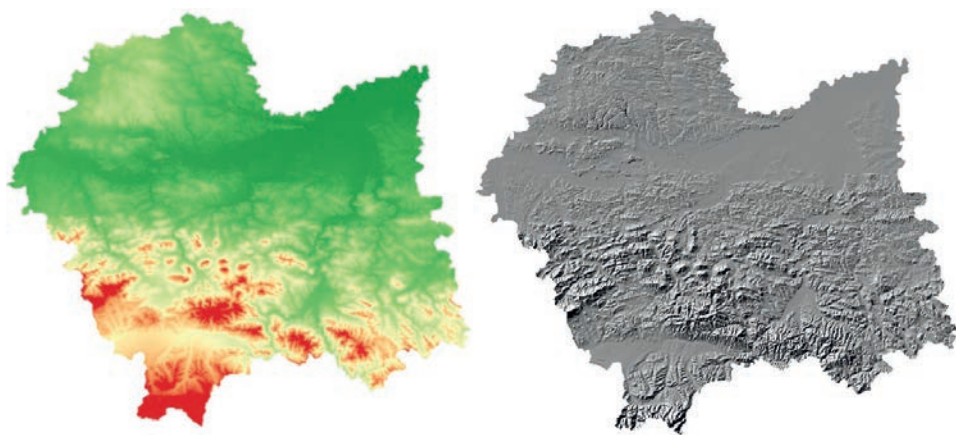
Chmura punktów lotniczego skanowania laserowego jest to zbiór punktów, których położenie obrazuje rzeczywistość. Gęstość punktów waha się w zależności od potrzeb zamawiającego i techniki pomiaru średnio między 4-20 punktów/m<sup>2</sup>. Po pozyskaniu chmury dokonuje się jej wyrównania, a także klasyfikacji. Klasyfikacja polega na wyodrębnieniu jednorodnych grup punktów. Proces jest w przeważającej mierze zautomatyzowany, lecz istnieje także możliwość manualnej zmiany klasy punktów. W wyniku klasyfikacji otrzymujemy m.in. klasę punktów leżących na gruncie, klasy roślinności niskiej, średniej i wysokiej oraz budynków (Sithole, Vosselman 2003).

### Modele wysokościowe i ich produkty pochodne

Za pomocą sklasyfikowanych danych pochodzących z lotniczego skanowania laserowego można wykonywać wysokorozdzielcze rastrowe modele wysokościowe (Maślanka 2011). Do najczęściej wykorzystywanych modeli wysokościowych zalicza się numeryczny model terenu (NMT), numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), a także znormalizowany numeryczny model pokrycia terenu (zNMPT), model koron drzew (MKD) czy też numeryczny model zabudowy.

Dodatkowo korzystając z podstawowych modeli, można dokonać ich przekształcenia i utworzyć produkty pochodne, m.in. model cieniowanej rzeźby terenu, mapę spadków, model poziomicowy, model ekspozycji, mapę widoczności, modele 3D.

Powyższe modele stanowią bazę do dalszych analiz środowiskowych, pozwalających na rozwiązywanie różnych problemów z zakresu lokalizacji inwestycji, planowania przestrzennego, inżynierii środowiska i innych zadań związanych z analizą przestrzenną. Niektóre z zastosowań modeli wysokościowych czy też chmury punktów zostały opisane w poniższych rozdziałach (Wężyk 2014).

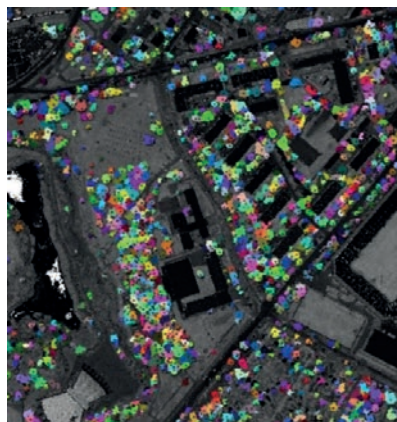
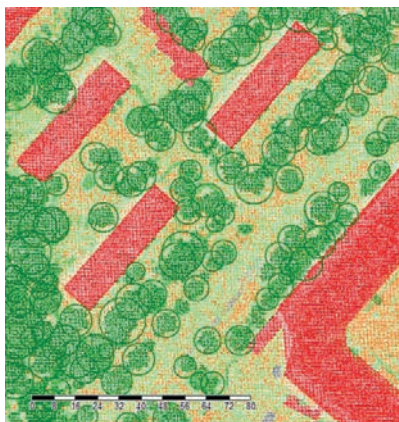


Ryc. 2. Numeryczny Model Terenu Małopolski (po lewej) i cieniowana rzeźba terenu (po prawej)

## Wykorzystanie danych LiDAR do detekcji roślinności i ich parametrów

Dane LiDAR to bardzo dobre źródło do analiz roślinności. Za pomocą wielokrotnych odbić wiązki laserowej od obiektów na terenie powstaje bardzo dokładny model pokrycia terenu, pozwalający analizować wegetację zdalnie, a zarazem kompleksowo. Ponadto, informacje o współrzędnych X, Y, Z poszczególnych odbić, a także ich intensywności można uzyskać nieosiągalne wcześniej dokładności analiz w odniesieniu do tak dużych obszarów badań. (Kraus, Rieger 1999).

Jedną z możliwości, jaką daje oprogramowanie firmy LASERDATA – LiS Desktop z dodatkiem LiS Forestry – jest obliczanie parametrów drzew na podstawie chmury punktów. Odpowiedzialny za to moduł – Tree Shape Metrics – bazując na segmentach Modelu Koron Drzew – oblicza takie parametry, jak: współrzędne X, Y pni drzew, ich wysokość (rzędna Z), powierzchnię korony drzewa, średni promień korony, średnicę, maksymalną szerokość korony oraz jej współczynnik kształtu (stosunek promienia do maksymalnej szerokości korony) (ryc. 3). W ten sposób użytkownik może sprawdzić stan roślinności na danym obszarze, a także wykorzystać uzyskane dane do dalszych analiz czy też wytwarzania takich produktów, jak modele 3D drzewostanu (Wichmann 2015).



Ryc. 3. Wyniki przetworzeń danych LiDAR w zakresie roślinności w aplikacji LiS

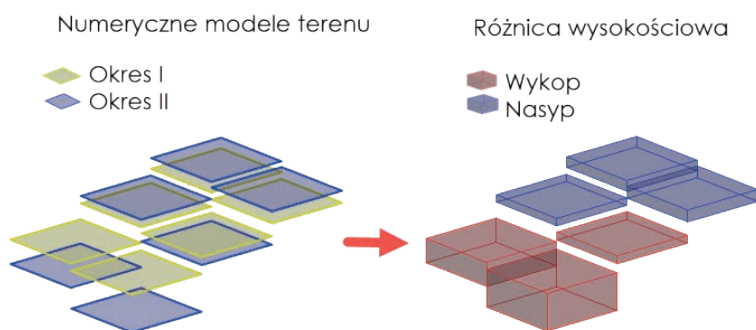
Kolejnym przykładem wykorzystania danych lotniczego skanowania laserowego do badania roślinności jest modelowanie zagrożenia pożarowego. Dane LiDAR wsparte danymi monitoringu lasu (takimi jak pomiar temperatury, wilgotności ściółki, Leśna Mapa Numeryczna itp.) pozwala prognozować kierunek rozprzestrzeniania się ognia oraz szacować spowodowane przezeń straty (Wężyk 2014). Do prowadzenia tego typu analiz wykorzystywane są dane statystyczne pozyskiwane z chmury punktów. Na ich podsta-

wie określa się takie parametry, jak: zwarcie koron drzew, maksimum wysokości drzewostanu, czy zróżnicowanie wysokościowe drzewostanu. Można tak oto oszacować masę drewna, igieł czy gałęzi, które mogą ulec zniszczeniu w trakcie pożaru.

## Analizy objętości i przemieszczeń mas ziemnych

Chmura punktów jest produktem, który doskonale nadaje się do analiz objętości czy przemieszczeń mas ziemnych. Powodem tego jest fakt, że na podstawie danych LiDAR wykonywane są najwyższej jakości modele terenu, które w sposób bardzo dokładny pozwalają na obliczanie objętości badanego obiektu.

Proces obliczeniowy polega na tym, że program, dysponując chmurami punktów pozyskanych w dwóch momentach czasowych, tworzy ich reprezentację rastrową, czyli dwa osobne numeryczne modele terenu o tej samej wielkości piksela terenowego. Dla każdego piksela liczy różnicę wartości z jednego i drugiego modelu, po czym sumuje się ten wynik dla wszystkich pikseli całego badanego obszaru (uwzględniając wielkość piksela terenowego), otrzymując w ten sposób różnicę objętościową modeli (ryc. 4).

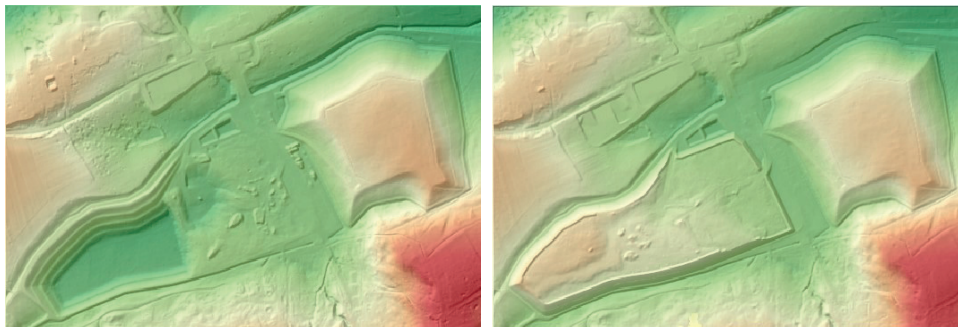


Ryc. 4. Schemat obliczania objętości mas ziemnych za pomocą modeli rastrowych

Cechą tego podejścia jest to, że na rezultat w znacznym stopniu wpływa rozdzielczość rastrowych modeli. Gęstość chmury punktów LiDAR pozwala na stworzenie modeli o bardzo wysokiej rozdzielczości, co pozytywnie rzutuje na dokładność obliczeń wykonywanych tą metodą.

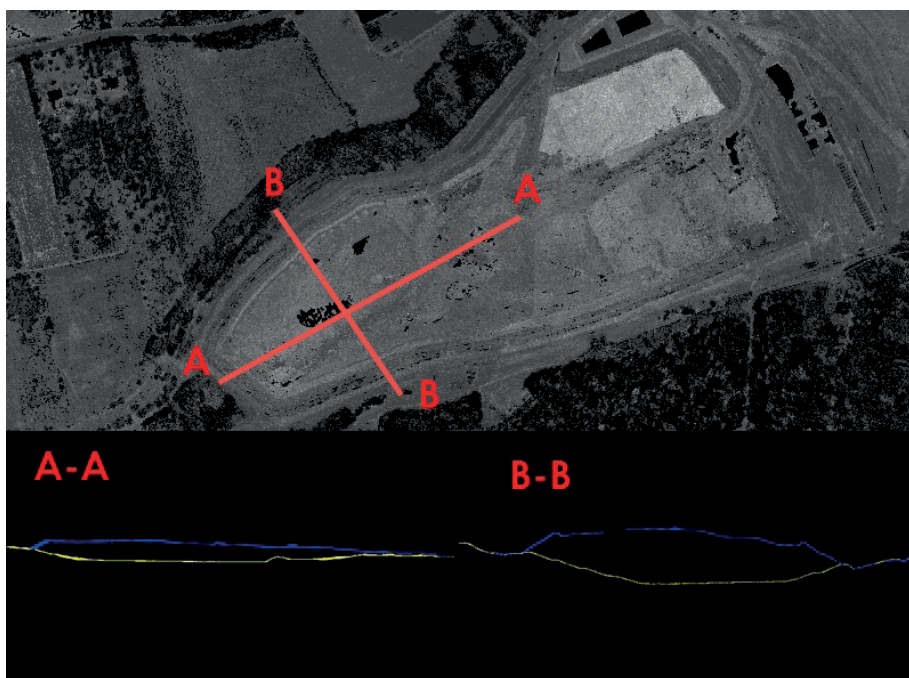
Sposób ten można wykorzystać na przykład do obliczenia objętości odpadów zgromadzonych przez dany okres na wysypisku śmieci (ryc. 5). Dysponując chmurami punktów wysypiska pozyskanymi w dwóch różnych momentach czasowych, możemy wygenerować rastrowe modele wysokościowe składowiska, które po porównaniu odpowiedzą na pytanie – ile metrów sześciennych odpadów zdeponowano na wysypisku przed dany okres?



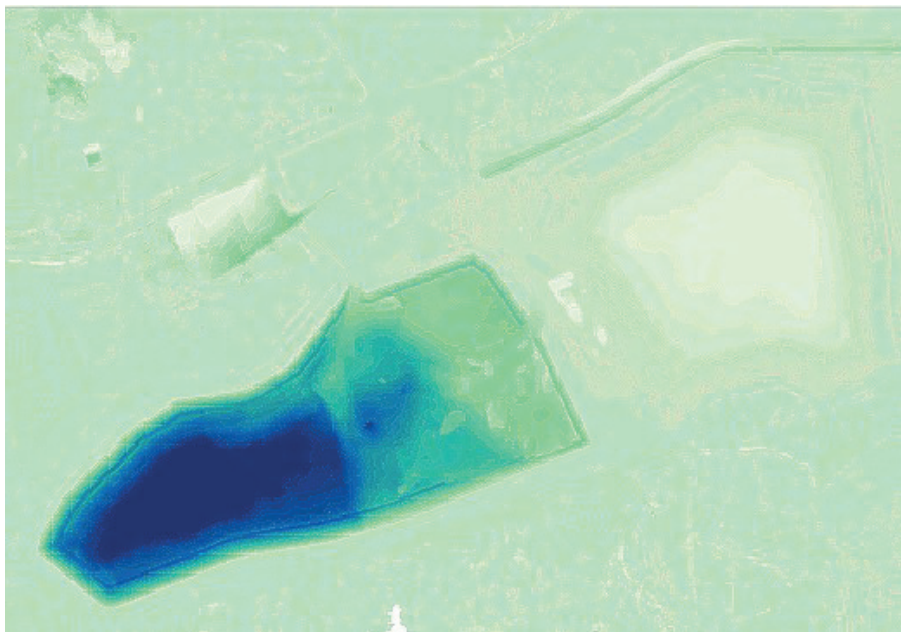


**Ryc. 5.** Numeryczne modele terenu czy też punkty klasy ground, na podstawie których są one wykonywane, są podstawą sporządzania analiz objętościowych oraz badania prędości mas ziemnych

Wykonywanie przekrojów (ryc. 6) oraz modelu różnicowego (ryc. 7) daje nam możliwość przekonania się, w jaki sposób zmieniło się ukształtowanie powierzchni, abstrahując od samej wartości przyrostu/spadku objętości. Analizujemy w ten sposób przebieg i tendencje zachodzących zmian. Jesteśmy w stanie dokładnie zobaczyć, jak uległa zmianie początkowa powierzchnia wysypiska na przestrzeni lat i planować dalsze działania w tym zakresie.

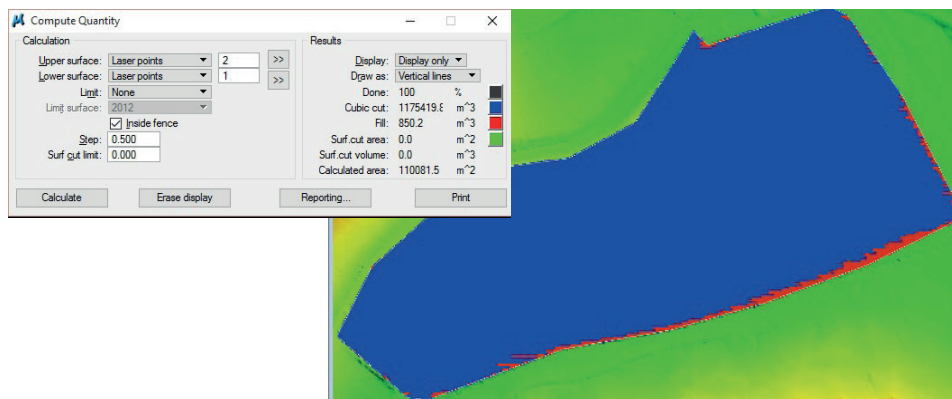


**Ryc. 6.** Porównanie w przekroju chmur punktów pozyskanych w dwóch momentach czasowych



Ryc. 7. Model różnicowy badanego obszaru

W związku z powyższym, posiadając chmury punktów pozyskane w pewnym odstępie czasu dla obszaru, w którym badane są masy ziemne, możemy w prosty sposób obliczyć miarę przyrostu (spadku) ich objętości. Używając programu TerraScan do wykonania analiz objętości, nie potrzebujemy sami generować modelu terenu. Możliwe jest wykonanie porównania typu *chmura do chmury*, podczas którego program sam „w locie” tworzy modele terenu na podstawie chmury punktów, nie wymagając tego od użytkownika (ryc. 8).



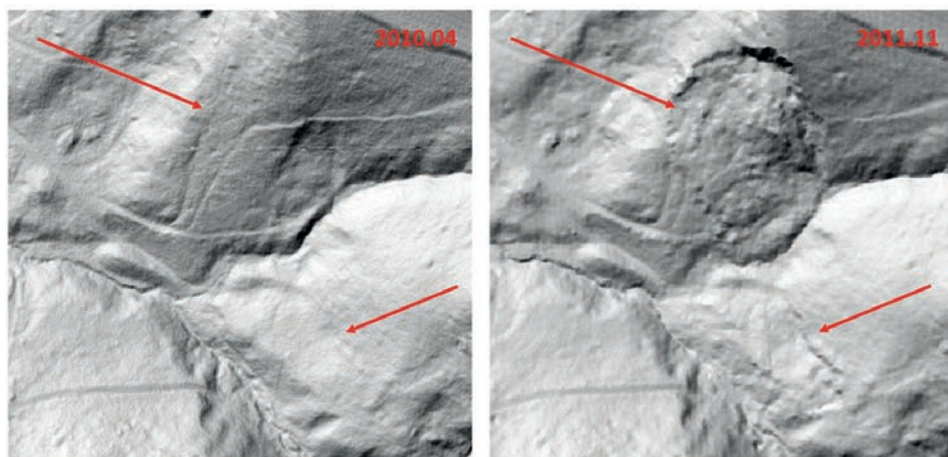
Ryc. 8. Obliczenie objętości wykonane w oprogramowaniu TerraModeler. Na niebiesko – przerost, na czerwono – spadek objętości

Dokładność wyniku wzrasta w porównaniu z klasycznymi pomiarami geodezyjnymi w związku z bardzo wiarygodnie oddanym kształtem mas ziemnych.

Modele różnicowe są również podstawą analizowania przemieszczeń mas ziemnych. Za ich pomocą można dokładnie prześledzić, w jakim kierunku oddziałuje przemieszczenie, co pozwala przewidywać dalsze zachowanie mas ziemnych. Wiedza ta jest wykorzystywana przy planowaniu działań minimalizujących potencjalne straty, które może w przyszłości spowodować dane osuwisko.

Pamiętać należy, że chmura punktów nie służy jedynie do badania zidentyfikowanych osuwisk. Świetnie nadaje się także do wykrywania miejsc ich występowania. Wysokorozdzielczy NMT jest doskonałą bazą do identyfikowania miejsc osuwisk. Lokalne zróżnicowanie „szorstkości” terenu mogą świadczyć o tym, że w danym obszarze mamy do czynienia z aktywnym osuwiskiem. Metodą osuwisk możemy szukać również w lasach, gdzie widoczność oraz możliwości badań terenowych są mocno ograniczone. Prognozowanie i analizowanie osuwisk to prace, które na całym świecie wspomaga się danymi ALS. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy od lat wykorzystuje dane skaningowe do monitoringu i inwentaryzacji osuwisk.

Otrzymanie tak realistycznych modeli hillshade, jak na poniższej rycinie (ryc. 9), przy użyciu metod geodezyjnych praktycznie nie byłoby możliwe. Obrazy bardzo dokładnie przedstawiają rezultat osunięcia się mas ziemnych. Jak widać, chmura punktów to doskonały materiał nie tylko do prognozowania zagrożenia, lecz także do obliczania skali zniszczeń po wystąpieniu zjawiska.



**Ryc. 9.** Warstwa hillshade obszaru osuwiska wykonana dla danych LiDAR pozyskanych w dwóch momentach czasowych

Źródło: Zeszyt ćwiczeń dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR

Badając teren, w którym zjawisko już wystąpiło, może okazać się, że nie dysponujemy danymi skaningowymi pozyskanymi przed zdarzeniem. Wówczas posłużyć się możemy modelami terenu pozyskanymi za pomocą innych metod



(np. fotogrametrycznych), zwracając jedynie uwagę, czy ich dokładność jest wystarczająca na potrzeby naszej pracy. Takie modele terenu pozyskane za pomocą różnych technik wykorzystane zostały m.in. do badania osuwiska w Kłodnem, gdzie uzyskano schemat przestrzennego pionowego przemieszczenia poprzez porównanie historycznego NMT uzyskanego na podstawie danych fotogrametrycznych z aktualnym NMT wykonanym na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego (Perski, Wojciechowski, Wójcik, Borkowski 2014).

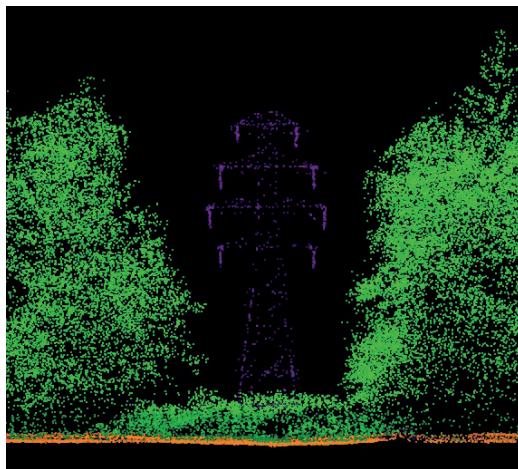
Do wykonywania analiz wolumetrycznych nie zawsze musimy dysponować wieloma zestawami danych terenowych. Niektóre typy zadań, np. obliczenie objętości hałdy piachu czy nasypu kolejowego, możemy wykonywać na podstawie tylko jednego zestawu danych. Programy, takie jak LP360 czy TerraModeler, wyposażone zostały w funkcje do „interpolowania” powierzchni tnącej dla obiektów, których objętość chcemy obliczyć.

Lotnicze skanowanie laserowe jest idealnym źródłem pozyskiwania danych wykorzystywanych do badania objętości mas ziemnych oraz ruchów osuwisk. Model danych zapewniający wysoką dokładność wyników, a także prostota wykonywania analiz to dwie z wielu zalet wykorzystywania technologii ALS w ochronie środowiska. Nadchodząca era analiz 3D, wypierająca już od pewnego czasu metody tradycyjne, również w tej dziedzinie potwierdza swoją przewagę.

### **Analiza kolizji linii energetycznej i innych obiektów z roślinnością**

Lotnicze skanowanie laserowe jest dziedziną wykorzystywaną do inwentaryzacji oraz monitoringu sieci linii elektroenergetycznych.

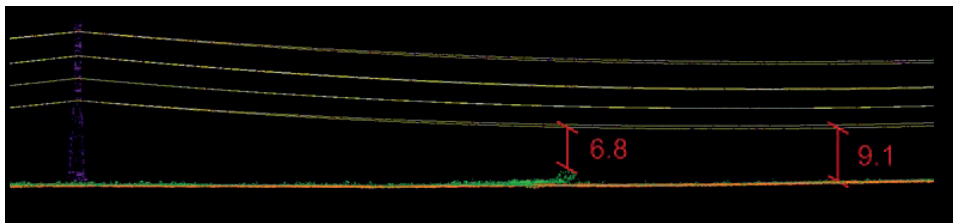
Chmura punktów o odpowiedniej gęstości jest w stanie dostarczyć nam informacji pozwalających bardzo dokładnie określić geometrię linii i słupów oraz zidentyfikować potencjalnie zagrażające obiekty (ryc. 10).



**Ryc. 10.** Słup elektroenergetyczny widziany na chmurze punktów

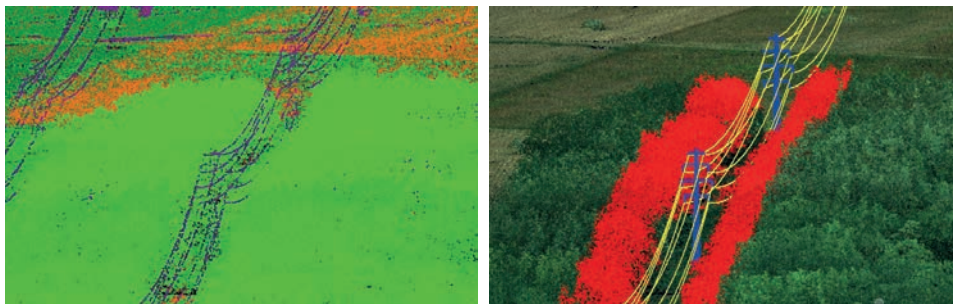
Modelowanie linii przebiega w większości w sposób zautomatyzowany (w oprogramowaniu TerraScan, firmy Terrasolid), co pozwala na pozyskanie w krótkim czasie trójwymiarowych modeli wektorowych linii oraz słupów elektroenergetycznych z nadaną georeferencją.

Podczas wykonania nalotu pomierzone zostaje całe otoczenie linii napowietrznej. Pomiar dostarcza informacji, na podstawie której wykrywane są potencjalnie zagrażające obiekty – najczęściej zbyt wysokie, lub zbyt blisko znajdujące się drzewa (ryc. 11, 12).



Ryc. 11. Odległość linii od gruntu oraz od roślinności

LiDAR to technologia pozwalająca pozyskać w krótkim czasie dane całych sieci elektroenergetycznych. W celu inwentaryzacji trakcji czy linii elektroenergetycznych coraz częściej znajdują zastosowanie drony, za pomocą których można wykonywać nalot wzdłuż obiektu. Tą samą metodą mierzy się także inne obiekty liniowe, jak trakcje kolejowe czy drogi. Jest to kolejny przykład możliwości, jakie daje skanowanie laserowe we współczesnej inżynierii (Soininen 2016).

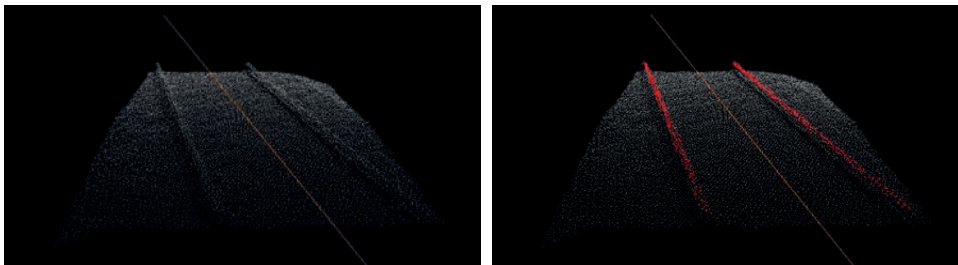


Ryc. 12. Sklasyfikowana chmura punktów (po lewej). Model istniejącej linii napowietrznej na chmurze RGB z zaznaczonymi obiektami zagrażającymi (po prawej)

## Klasyfikacja szyn i innych elementów infrastruktury kolejowej

Dane LiDAR wykorzystywane są często w celu inwentaryzacji infrastruktury kolejowej. Elementy: takie jak, szyny, budynki, wiaty, perony, kładki dla pieszych, słupy czy też przewody trakcyjne łatwo można zidentyfikować, wykonując klasyfikację chmury punktów. Szczególną uwagę należy zwrócić





**Ryc. 13.** Niesklasyfikowana chmura punktów (po lewej) oraz po klasyfikacji szyn w oprogramowaniu LP360 (po prawej)

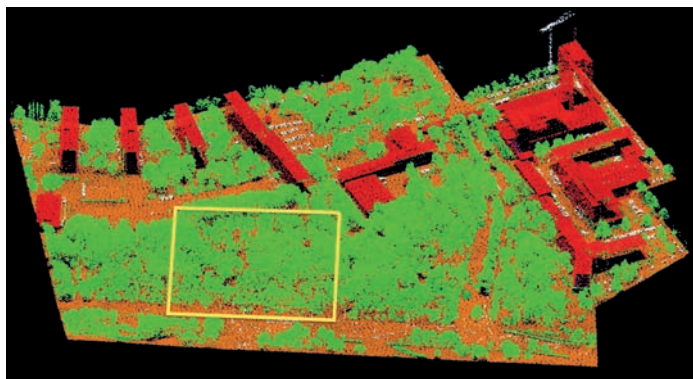
na możliwość automatycznej klasyfikacji szyn kolejowych w oprogramowaniu LP360, dzięki której można dokonać szczegółowej niwelacji i określenia ich lokalizacji (ryc. 13). Omawiany algorytm klasyfikacji szyn bazuje na określonej pobieżnie centrolinii linii kolejowej i zdefiniowanych parametrach szyn (m.in. szerokość toru, szerokość i wysokość szyny).

## Planowanie inwestycji

Planowanie inwestycji to złożony i czasochłonny proces. Należy pamiętać, że dane ze skaningu lotniczego mogą być przy nim bardzo przydatne, gdyż są w stanie dostarczyć nam bardzo dużo informacji pomocnych podczas poszukiwania lokalizacji pod daną inwestycję.

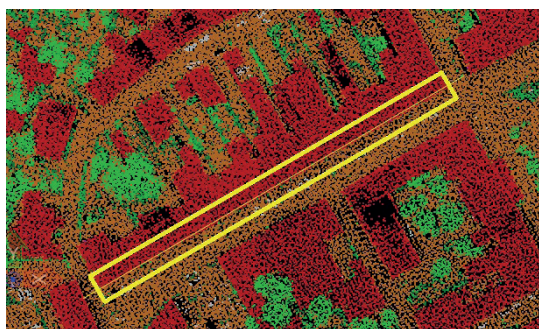
Za ich pomocą możliwe jest wykonanie wizualizacji inwestycji (integrując dane projektowe z chmurą punktów), a także przeprowadzenie analiz, w rezultacie których poznamy wpływ inwestycji na otaczające je środowisko. Dokładne i kompletne dane terenowe pozwalają nam z dużą dozą dokładności przewidzieć, w jaki sposób planowana inwestycja wpłynie na otoczenie. Bazując na nich, można określić potrzebną do wykonania ilość wykopów i nasypów lub oszacować biomasę likwidowanych obszarów leśnych. W przypadku budynków wysokich przydatna okaże się także analiza widoczności, której wyniki opracowane za pomocą LiDAR są bardzo dokładne.

Wymienionych produktów praktycznie nie można osiągnąć, bazując na danych geodezyjnych (jak np. mapa zasadnicza), które z założenia są bardzo dużą generalizacją rzeczywistości, nieuwzględniającą wielu istotnych czynników, takich jak choćby kubatura drzew. Tymczasem na chmurze punktów jesteśmy w stanie bez problemu zmierzyć ich wysokość i określić średnicę korony. Między innymi dlatego ten rodzaj danych jest tak pomocny przy badaniu oddziaływania na środowisko.

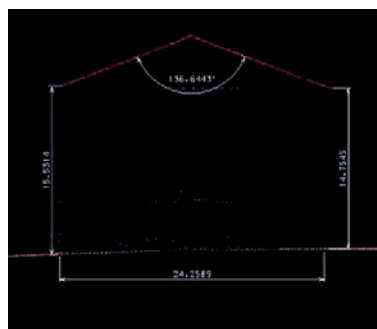


Ryc. 14. Chmura punktów z zaznaczonym obszarem inwestycji

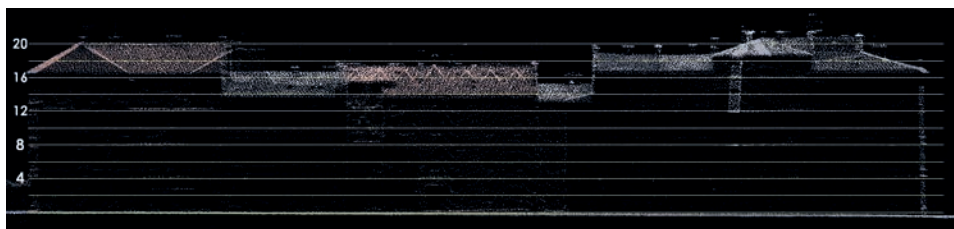
Korzystając z chmury punktów, jesteśmy w stanie przekonać się, czy planowane obiekty spełniają założenia planu zagospodarowania przestrzennego. Prostim, a bardzo przydatnym narzędziem, wykorzystywanym w tym celu jest funkcja rysowania przekrojów przez chmurę punktów (ryc. 15). Pozwala nam ona wyświetlić poziomo pewien zakres chmury, celem późniejszego wymiarowania obiektów znajdujących się wewnątrz przekroju (ryc. 16, 17). Tej funkcji używa się bardzo często, gdyż za jej pomocą możemy przedstawić w bardzo czytelny sposób treść chmury punktów, skupiając się jedynie na obiektach, które nas interesują.



Ryc. 15. Definiowanie przekroju przez elewację ciągu kamienic



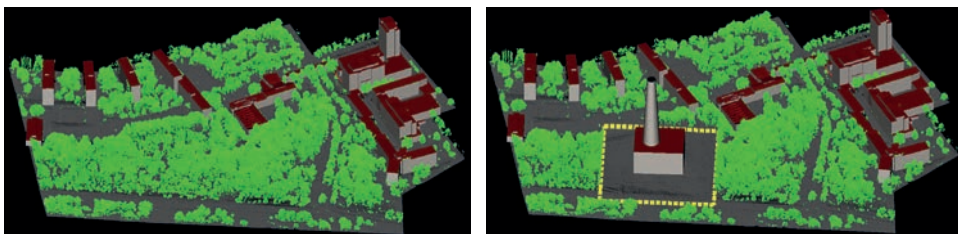
Ryc. 16. Przykład wymiarowania budynku w widoku przekroju



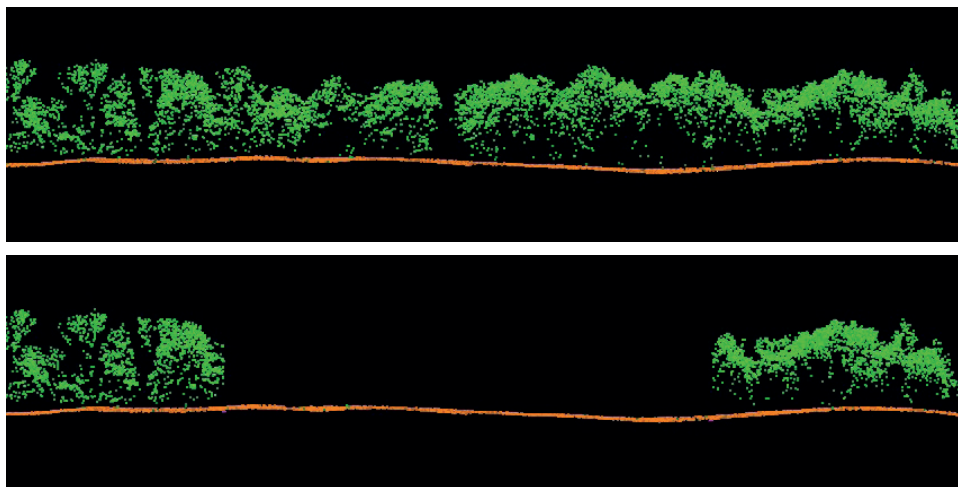
Ryc. 17. Przekrój przez rząd budynków z zaznaczoną podziałką wysokościową

Za pomocą wizualizacji 3D przekonamy się, jak planowane obiekty wpisywać się będą w krajobraz oraz oszacujemy przyszłe rezultaty ingerencji w przyrodę.

Znając zakres planowanej wycinki drzew, możemy bez problemu wygaścić znajdujące się w nim drzewa i zobaczyć, jaki efekt dadzą planowane działania (ryc. 18, 19). Korzystając z NMT oraz NMPT, mamy możliwość oszacowania ilości biomasy (ryc. 20), która zostanie wycięta. Korzystamy w tym celu z podobnych narzędzi, co przy liczeniu objętości mas ziemnych, opisywanych we wcześniejszej części tego artykułu.

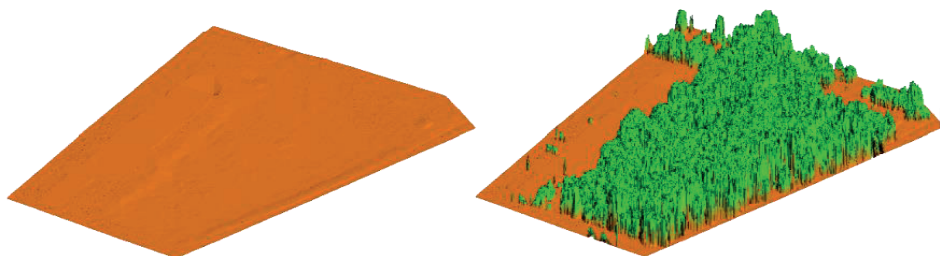


Ryc. 18. Model 3D projektowanej inwestycji z zaznaczonym obszarem wycięcia drzew



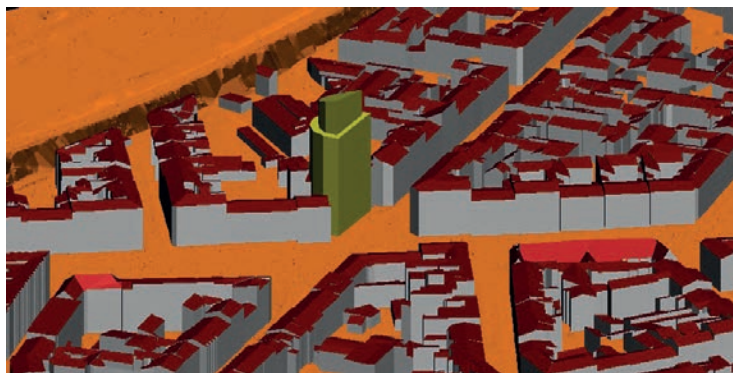
Ryc. 19. Przekrój przez obszar planowanej inwestycji. U góry – stan obecny, na dole – stan planowany

Dysponując chmurą punktów, możemy sprawdzić, jak projektowany obiekt będzie wpisywać się w panoramę miasta (ryc. 18) oraz wykonać w bardzo prosty sposób analizę widoczności projektowanego obiektu. Korzystając z oprogramowania TerraModeler, możemy wykonać NMPT, uwzględniając przy tym projektowaną budowlę (Soininen 2016). Na podstawie tak przygotowanego modelu większość programów GIS jest w stanie wykonać analizę widoczności, która polega na tym, że każdemu pikselowi rastra przypisuje się

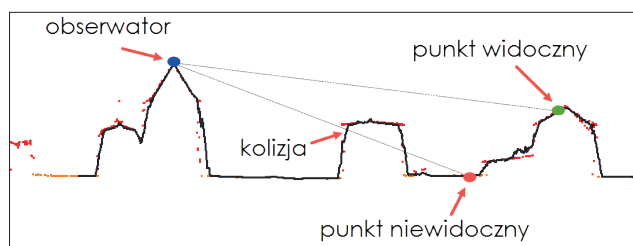


**Ryc. 20.** NMT i NMPT zadrzewionego terenu. Modele mogą zostać wykorzystane do szacowania biomasy

wartość „1” (widoczny) lub „0” (niewidoczny) w zależności od tego, czy na linii prostej łączącej punkt tzw. obserwatora z danym pikselem rastra nie występuje kolizja (ryc. 22). Powtarzając ten proces dla każdego piksela na rastrze, otrzymujemy mapę widoczności (ryc. 23).



**Ryc. 21.** Trójwymiarowe modele budynków wykonane na podstawie danych LiDAR. Kolorem żółtym – budynek projektowany



**Ryc. 22.** Przekrój przez NMPT na podkładzie chmury punktów z zaznaczonym schematem analizy widoczności

Analiza widoczności ma zastosowanie przy szukaniu miejsca w stosunku do obiektów, co do których lokalizacja ma kluczowe znaczenie. Przykładami mogą być maszty telekomunikacyjne, elektrociepłownie czy bilbordy.





**Ryc. 23.** Analiza widoczności projektowanego wysokiego budynku. Po lewej – na podkładzie cieniowanego NMPT, po prawej – na podkładzie ortofotomapy

Planowanie dużych inwestycji to przedsięwzięcie, podczas którego dobrze jest skorzystać z wszelkich dostępnych źródeł danych. Warto w tym miejscu przypomnieć, że w ramach projektu ISOK zostało pomierzone niemal całe terytorium Polski, a pozyskane chmury punktów udostępniane są przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej jednostkom prywatnym oraz publicznym. Oznacza to, że nie jest konieczne zlecenie nalogu skaningowego, jeśli chce się posługiwać w pracy danymi LiDAR. Warto sięgać po dane LiDAR, gdyż niewielkim kosztem możemy znacznie usprawnić naszą pracę oraz, na wielu płaszczyznach, polepszyć jej rezultaty, a także dostarczać zupełnie nowe produkty, takie jak wizualizacje 3D czy analizy widoczności.

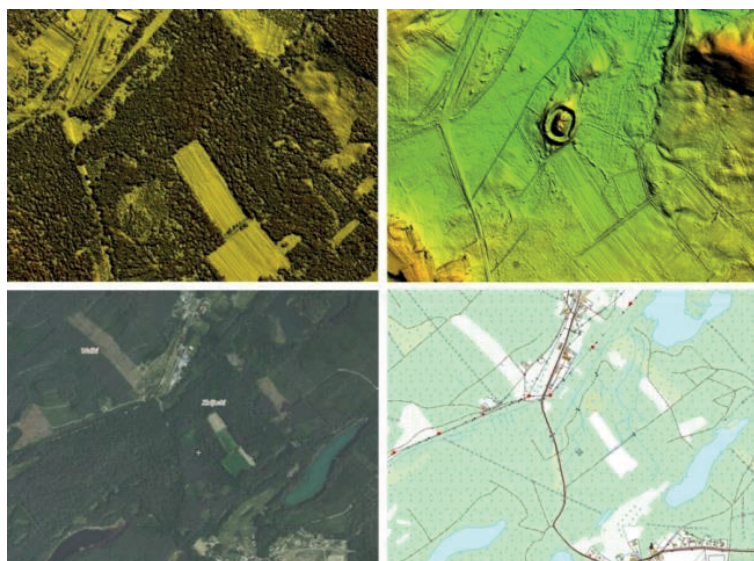
### **Analiza środowiska archeologicznego**

Cecha chmury punktów, jaką jest opisywana wcześniej penetracja roślinności, która daje możliwości opracowania dokładnego numerycznego modelu terenu również na obszarach zadrzewionych, zastosowanie znajduje nie tylko w leśnictwie. Jest ona bardzo przydatna także w archeologii.

Możliwość obserwacji modelu terenu obszarów leśnych, uzyskanych przy użyciu technologii ALS, doprowadziła do odkrycia wielu archeologicznie interesujących miejsc, takich jak grodziska czy miejsca religijnego kultu w Polsce i na świecie. Wiele obiektów, nie będąc widoczne na zdjęciach lotniczych (gdyż schowane były pod koronami drzew), nie zostały dotychczas odkryte, a co za tym idzie – nie istniały w świadomości masowej. LiDAR dał szansę ominięcia tej przeszkody i możliwość „patrzenia” na tereny leśne pod zupełnie nowym kątem (Banaszek 2014).



Kolejną kwestią, pomijając dotychczasowy brak możliwości dostrzeżenia tych fascynujących obiektów z lotu ptaka, jest fakt, iż niektóre z nich ze względu na swoje rozmiary i strukturę nie są widoczne na pierwszy rzut oka również dla obserwatora znajdującego się tuż obok. Dla człowieka znajdującego się w lesie historyczne grodzisko, po którym stąpa, może wydawać się niczym szczególnym, niczym wyróżniającym się na tle typowego, leśnego krajobrazu. Gdy jednak spojrzeć na dany teren „wielkoskalowo”, ponadto wygaszając w programie komputerowym warstwy roślinności, okazuje się, że powierzchnia terenu w danym miejscu tworzy regularne, geometryczne kształty, na podstawie czego można podejrzewać, że jest to rezultat ludzkiego działania.



**Ryc. 24.** Chwaliszowice, grodzisko w lesie – widok na Numerycznym Modelu Pokrycia Terenu, Numerycznym Modelu Terenu, ortofotomapie i mapie topograficznej

Źródło: [www.progea.pl](http://www.progea.pl)

Co więcej należy podkreślić jeszcze jedną zaletę inwentaryzacji stanowisk archeologicznych za pomocą skanowania. Otóż metoda ta jest metodą zdaną, czyli bezpieczną i niedestrukcyjną dla samego obiektu, nieraz bardzo nie-trwałego.

## Określanie ryzyka powodziowego za pomocą danych LiDAR

Jednym z głównych celów pozyskiwania danych skanowania lotniczego jest wykonywanie analiz zagrożeń środowiskowych. Powodem tego jest specyfika danych ALS, które dostarczają dokładnych modeli wysokościowych

dla wielkich obszarów, w krótkim czasie. Głównym celem projektu ISOK było pozyskanie danych skaningowych dla obszaru całej Polski, po to, aby móc lepiej przewidzieć i niwelować skutki nadzwyczajnych zagrożeń, takich jak, między innymi, powódzie.

Badanie zagrożenia powodziowego jest nie tylko społecznie uzasadnionym, zadaniem władz, lecz także ich prawnym obowiązkiem. Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (Dz. U. L 288 z 06.11.2007) reguluje kwestie wykonywania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego. Mapy te służą do szacowania teoretycznych strat poniesionych w przypadku nastąpienia kataklizmu i niosą ze sobą konsekwencje prawne, wprowadzając zakaz zabudowy w terenach podwyższonego ryzyka powodziowego. Mają tym samym realny wpływ na sposób przestrzennego zagospodarowania.



**Ryc. 25.** Obszary zalania centrum Krakowa w przypadku podniesienia poziomu Wisły do 205 m n.p.m. przedstawione na podkładzie NMPT

W tym przypadku znów bardzo przydatny staje się produkt pochodny skanowania, jakim jest NMT. Kompleksowe analizy zalewowe wymagają jednak modelu koryta cieków wodnych, które jako tereny znajdujące się pod powierzchnią wody, nie są możliwe (lub są bardzo problematyczne) do wyznaczenia metodami skanowania lotniczego. Z tego względu NMT pochodzący z pomiarów ALS musi być także uzupełniony o model koryta uzyskany za pomocą pomiarów geodezyjnych lub batymetrycznych. Na podstawie

tak zintegrowanego modelu wysokościowego jesteśmy w stanie za pomocą specjalistycznego oprogramowania symulować zachowanie fali powodziowej na danym terenie. Aby zwiększyć wiarygodność badań, model wysokościowy uzupełniony o model szorstkości terenu, czyli model, który każdemu pikselowi przypisuje wartość szorstkości, która wpływa na prędkość i sposób rozchodzenia się wody (tzw. raster współczynników szorstkości Manninga). Przykładowo woda szybciej rozchodzić się będzie na betonowym chodniku niż na trawniku i fakt ten należy uwzględnić w analizach. Model szorstkości wykonać można na podstawie danych geodezyjnych, ortofotomap, lecz również można wspomagać się danymi LiDAR (Wężyk 2014).

Integracja trzech wymienionych produktów (NMT, model koryta rzeki i raster współczynników Manninga) umożliwia modelowanie hydrodynamiczne zachowania się mas wodnych, bazujące na geometrii podłoża i jego właściwościach (szorstkości). Należy wiedzieć jednak, że tego typu obliczenia są bardzo czasochłonne i wymagają wielodniowej pracy komputera przed otrzymaniem wyników ze względu na skomplikowany proces obliczeniowy.

Na podstawie przeprowadzonych badań można określić wektory prędkości rozchodzenia się wody i model zwierciadła wody, który przyrównując do NMT i informacji o zabudowie, daje nam obraz strat, jakich może dokonać powódź, a także wspomaga rozplanowanie działań prewencyjnych, jak budowa zapory wodnej czy wału. Analizy takie mogą także zostać przeprowadzone dla projektowanych wałów, aby określić ich efektywność, argumentując tym samym ich budowę.

Chmura punktów LiDAR jest kluczowym komponentem opracowań powodziowych i jako taka powinna być wykorzystywana jako innowacyjne, dokładne źródło danych do przygotowania opracowań służących tak ważnym celom wspólnym, takim jak zarządzanie powodziowe.

## Podsumowanie

Podstawą badania oddziaływania dowolnych czynników na środowisko jest posiadanie danych opisujących wyjściowy stan owego środowiska, dla którego prognozujemy zmiany. Pozyskanie tych danych jest przedmiotem sporządzania różnego rodzaju prac dokumentacyjnych. Dziś, kolejnym źródłem wykorzystywanych w tym celu informacji stają się dane skanowania laserowego.

W kontekście badania oddziaływania na środowisko na szczególną uwagę zasługuje skanowanie lotnicze, którego cechą jest to, że przy jego użyciu pozyskiwane są dane dla sporych obszarów, a ponadto w prosty sposób możemy za ich pomocą otrzymać wiele interesujących produktów, takich jak modele roślinności, numeryczne modele terenu i wiele więcej.

Chmura punktów jest świetną podstawą do wykonywania analiz objętości mas ziemnych, detekcji oraz badania osuwisk, szacowania biomasy obszarów zadrzewionych czy wykonywania szeregu innych przydatnych pomiarów i analiz. Różnorodność oprogramowania i ciągły rozwój dziedziny sprawiają, że narzędzia do pracy z danymi LiDAR są coraz łatwiejsze w obsłudze i dostępne już nie tylko dla specjalistów tej dziedziny, lecz dla wszystkich użytkowników chcących korzystać z produktów końcowych LiDAR.

Największa przeszkoda, absorbująca mnóstwo czasu oraz generująca najwięcej kosztów, jaką jest samo pozyskanie danych, także przestaje być problemem. Aby wykorzystywać chmury punktów ALS, nie musimy planować nalotu skaningowego. Możemy sięgnąć po dane dostępne w CODGiK (Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej). Znajdują się tam chmury niemal całego obszaru Polski, które dla instytucji publicznych udostępniane są nieodpłatnie. Dla instytucji prywatnych natomiast ceny są bardzo przystępne. Co ważne, dane te są już wyrównane oraz sklasyfikowane, co oznacza, że aby owocnie z nich korzystać, nie musimy poświęcać czasu na najbardziej czasochłonne i skomplikowane procesy.

Szerokie możliwości oraz ogólna dostępność danych to argumenty zachęcające do wykorzystania danych ALS w codziennej pracy. Będąc posiadaczami sklasyfikowanej chmury punktów oraz odpowiedniego oprogramowania, do wykonania większości opisanych w artykule produktów nie będzie nam potrzebna zaawansowana wiedza specjalistyczna, a jedynie znajomość kilku intuicyjnych narzędzi dostępnych w danej aplikacji.

## Literatura

- BANASZEK Ł. 2014. Lotniczy skaning laserowy w polskiej archeologii. Czy w pełni wykorzystany jest potencjał prospekcyjny metody? Poznań.
- KRAUS K., RIEGER W. 1999. Processing of laser scanning data for wooded areas. Photogrammetric Week'99. Heidelberg, Wichmann. Wiedeń.
- MAŚLANKA M. 2011. Ocena dokładności numerycznego modelu terenu utworzonego z danych pochodzących z lotniczego skanowania laserowego. Kraków.
- PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., WÓJCIK A., BORKOWSKI A. 2014. Monitoring of landslide dynamics with LIDAR, SAR interferometry and photogrammetry. Case study of Kłodne landslide (Southern Poland).
- SHAN J., TOTH C.K. (red.). 2009. Topographic laser ranging and scanning: principles and processing. CRC Taylor & Francis, Portland.
- SOININEN A. 2016. TerraModeler User's Guide. Helsinki.
- SOININEN A. 2016. TerraScan User's Guide. Helsinki.
- SITHOLE G., VOSSELMAN G. 2003. ISPRS comparison of filters. Holandia.
- WĘŻYK P. (red.). 2014. Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR. Warszawa.
- WICHMANN V. 2015. LASERDATA: Lis Command Reference. Innsbruck.

## **Airborne Laser Scanning in environmental research**

### **Summary**

The following article briefly describes the ways of using the laser scanning point clouds in order to lead environmental researches.

LiDAR data is a great source of information, widely used in environmental researches and monitoring or during the urban planning. The subjects of this thesis are creating terrain models (such as Digital Surface Model or Digital Terrain Model), volume analysis, landslides detection, vegetation and forestry analysis, powerline and railroad inventory or using the point clouds in order to investment planning. Authors focus on showing the profits of using LiDAR data, and describing the methods that are involved in the point cloud processing procedure.

The main goal of the article is to make readers realize what kind of capabilities LiDAR data brings and encourage people to use it as a support in their job and research. Especially that nowadays the data is widely available and easy to receive and the variety of software allows to obtain so many different kinds of products and analysis.

KEY WORDS: LiDAR, GIS, Environment, Forestry, Point Cloud

SŁOWA KLUCZOWE: LiDAR, GIS, środowisko, leśnictwo, chmura punktów



W niniejszym tomie poruszono niezwykle istotną z punktu widzenia ochrony i kształtowania środowiska problematykę opracowywania prognoz wpływu inwestycji na środowisko przyrodnicze i życie ludzi.

Raporty ocen oddziaływania na środowisko (OOS) są jednym z najważniejszych narzędzi w rękach administracji państwowej przy realizacji polityki w zakresie ochrony i kształtowania środowiska. Ekspertyzy tego typu wymagają prowadzenia badań terenowych, pozyskiwania właściwych, tj. wiarygodnych, komplementarnych i aktualnych informacji przestrzennych oraz wieloetapowych analiz i poprawnej interpretacji wyników.

Pomocne wydaje się środowisko GIS, oferujące narzędzia analityczne i wizualizacyjne, a także zasoby danych źródłowych (referencyjnych i tematycznych) w postaci cyfrowej.

Ze względu na brak prawnych regulacji w zakresie metodyki i zasobu danych przestrzennych dla OOS, autorzy kolejnych rozdziałów tomu zaproponowali standardy, pozwalające zdefiniować oraz ujednolicić zasady prowadzonych analiz przestrzennych i budowy banku danych (m.in. źródła i jakość danych przestrzennych w opracowywaniu raportów OOS).



**esri** Polska

MGGPAERO



ISBN 978-83-232-3128-8  
ISSN 0554-811X