

## 6

# ArcGIS DESKTOP JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROCES MODELOWANIA WEZBRAŃ POWODZIOWYCH

### 6.1 WPROWADZENIE

Skuteczność działań zmierzających do minimalizacji strat powodziowych jest uzależniona od właściwego wyznaczenia zasięgu stref zalewowych i opracowania map zagrożenia powodziowego dla wezbrań o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się. Możliwość opracowania map przedstawiających głębokości, rozkład prędkości oraz kierunki przepływu wody w strefie zalewowej stwarza proces modelowania jedno i dwuwymiarowego. Jednakże opracowanie modelu hydrodynamicznego wiąże się z przygotowaniem, obróbką i wizualizacją szeregu różnorodnych danych. Jednym z narzędzi powszechnie wykorzystywanym do przetwarzania, obliczeń oraz prezentacji danych jest oprogramowanie ArcGIS Desktop firmy ESRI. W artykule omówiono wybrane funkcje i narzędzia programu Arc GIS niezbędne do budowy modelu hydraulicznego MIKE FLOOD na przykładzie zlewni rzeki Kłodnicy.

### 6.2 DO CZEGO SŁUŻY ArcGIS?

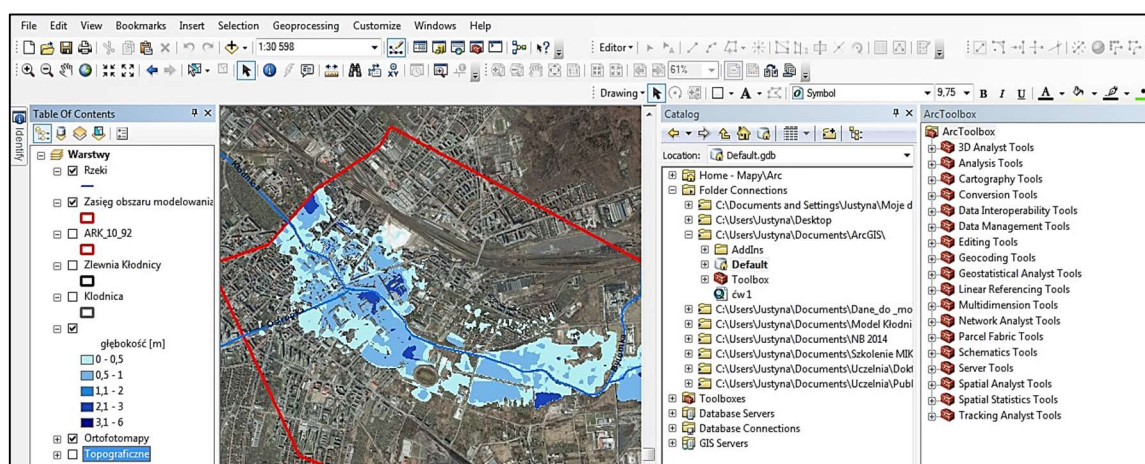
ArcGIS to najważniejszy pakiet oprogramowania GIS firmy ESRI. Oprogramowanie ArcGIS można wykorzystywać na wiele sposobów, w zależności od tego jak złożone są potrzeby, ale przede wszystkim służy jako narzędzie do prezentacji kartograficznych i prowadzenia analiz przestrzennych, w ramach własnego indywidualnego projektu GIS. Pracę w programie ArcGIS Desktop można podzielić na 4 etapy:

- etap 1: sformułowanie problemu i konkretnego zapytania w celu odpowiedniego przygotowania bazy danych GIS i planu analizy przestrzennej do wykonania na tej bazie danych;
- etap 2: utworzenie bazy danych, zawierającej dane wymagane do udzielenia odpowiedzi na zapytanie. Etap ten może obejmować digitalizację istniejących map, uzyskanie i konwersję danych w postaci cyfrowej z różnych źródeł i formatów, zapewnienie wymaganej dokładności danych, zapewnienie

jednolitego układu współrzędnych, w którym mają być wyrażone poszczególne warstwy, by można je było prawidłowo nakładać oraz uzupełnienie wymaganych atrybutów opisowych w warstwach;

- etap 3: analiza danych, która obejmuje zwykle nakładanie różnych warstw, wyszukiwanie obiektów według atrybutów i według położenia, spełniających poszczególne wydzielone kryteria, zapis wyników w odrębnych warstwach;
- etap 4: prezentacja wyników analizy przestrzennej w postaci mapy, która może być wzbogacona o raporty i wykresy [2].

System GIS jest obsługiwany w ramach oprogramowania ArcGIS Desktop przez trzy podstawowe aplikacje: ArcCatalog, ArcMap i ArcToolbox. ArcCatalog jest aplikacją do zarządzania zasobami danych przestrzennych, strukturami baz danych oraz do zapisywania i przeglądania metadanych. Aplikację ArcMap wykorzystuje się do wykonywania wszystkich zadań związanych z prezentacjami kartograficznymi i edycją danych oraz prowadzenia analiz przestrzennych na mapach. ArcToolbox to aplikacja wykorzystywana do konwersji danych i geoprzetwarzania [2]. Wszystkie trzy aplikacje są ze sobą zintegrowane, można z nich korzystać z poziomu ArcMap bez konieczności otwierania ich w odrębnych oknach. Na rysunku 6.1 przedstawiono widok aplikacji ArcMap z aktywnymi oknami ArcCatalog i ArcToolbox.



Rys. 6.1 Aplikacja ArcMap z aktywnymi oknami ArcCatalog i ArcToolbox

Oprogramowanie ArcGIS Desktop jest wykorzystywane do zestawiania danych, ich obróbki, przeprowadzania analiz przestrzennych i wizualizacji wyników w wielu różnych dziedzinach naukowych. W hydrologii jest z powodzeniem wykorzystywane w procesie modelowania zjawisk powodziowych [5]. W trakcie budowy modelu jedno- i dwuwymiarowego rzeki Kłodnicy oprogramowanie ArcGIS posłużyło do przetworzenia i wizualizacji danych kartograficznych i geodezyjnych, a dzięki funkcjonalnym narzędziom do opracowania Numerycznego Modelu Powierzchni Wody i modyfikacji Numerycznego Modelu Terenu oraz wyznaczenia zasięgu stref zalewowych i ich prezentacji na mapach.

### **6.3 STANDARYZACJA DANYCH POZYSKIWANYCH DO BUDOWY MODELU HYDRAULICZNEGO**

Budowa modelu hydraulicznego wiązała się z pozyskaniem dużej ilości różnorodnych danych, które swym zakresem objęły: dane hydrologiczne, geodezyjne oraz dane GIS [3]. Pozyskane dane przestrzenne były zapisane w różnych formatach, przez co ich wykorzystanie i wymiana pomiędzy oprogramowaniem MIKE zastosowanym do modelowania, a innymi środowiskami pracy byłaby niemożliwa bez wcześniejszej standaryzacji tych danych w programie ArcGIS. Tworząc bazę danych na potrzeby modelowania dokonano ich digitalizacji oraz konwersji do odpowiednich formatów, przy zachowaniu wymaganej dokładności danych. Przetworzonym danym zapewniono jednolity układ współrzędnych PUWG 1992 (układ współrzędnych geograficznych GCS ETRS 1989), dzięki któremu możliwe było nakładanie na siebie warstw zawierających różne informacje oraz uzupełnianie atrybutów opisowych w tworzonych warstwach. Stworzona baza danych zawierała zarówno foldery z danymi plikowymi, jak i geobazy osobiste. Do przeglądania i organizowania baz danych oraz zarządzania zasobami danych przestrzennych wykorzystano jedną z aplikacji ArcGIS Desktop - Arc Catalog.

### **6.4 SCHEMATYZACJA SIECI RZECZNEJ**

W celu prawidłowego odwzorowania kształtu i przebiegu koryta rzeki Kłodnicy wykorzystano ortofotomapy w skali 1:5000, na podstawie których w aplikacji ArcMap wygenerowano oś cieków. Następnie w oparciu o Numeryczny Model Terenu (NMT) oraz Mapę Podziału Hydrograficznego Polski (MPHP), dokonano weryfikacji danych pozyskanych z ortofotomap. Po nadaniu symbolizacji zapisano plik z klasami obiektów jako warstwę liniową (plik shape), przypisując jej układ współrzędnych odwzorowanych PUWG 1992. Model hydrauliczny opracowano dla odcinka rzeki Kłodnicy o długości ok. 18 km w jej górnym biegu, pomiędzy wodowskazami Kłodnica i Gliwice. W celu ustalenia właściwej lokalizacji wszelkich obiektów hydrotechnicznych na modelowanym odcinku rzeki, miejsc wykonania pomiarów geometrii przekrojów poprzecznych koryta rzeki oraz ujść dopływów, dla których formułowano warunki brzegowe, nadano rzece kilometrąż korzystając z narzędzi "Linear Referencing Tools - Create Routes".

### **6.5 ODWZOROWANIE PRZEKROJÓW POPRZECZNYCH**

Jednowymiarowy model hydrauliczny, który posłużył do wyznaczenia zasięgów stref zalewowych, został zbudowany w oparciu o przekroje poprzeczne, które zostały rozmieszczone na modelowanym odcinku rzeki średnio co około 300 m. Przekroje poprzeczne objęły swym zasięgiem całą dolinę rzeki, czyli koryto cieków i terasy zalewowe po obu stronach koryta. Przekroje zostały wykonane w miejscach charakterystycznych, tzn. reprezentatywnych dla odcinka koryta poniżej i powyżej przekroju, biorąc pod uwagę zmienność kształtu koryta, nachylenia i materiału dna,

jak również w miejscach występowania budowli inżynierskich. Część przekroju dolinowego dotyczącą koryta cieku zmierzono geodezyjnie w terenie (tzw. typowy przekrój korytowy), natomiast część profilu dolinowego obejmującego prawą i lewą terasę zalewową wygenerowano w oparciu o Numeryczny Model Terenu (NMT) w oprogramowaniu ArcGIS (rys. 6.2). Taki sposób odwzorowania ukształtowania terenu na obszarze objętym modelowaniem pozwolił na pełne odzwierciedlenie warunków przepływu wielkich wód.



**Rys. 6.2 Poszerzenie przekroju korytowego do przekroju dolinowego w oparciu o Numeryczny Model Terenu**

Dla wykonanych pomiarów geodezyjnych przekrojów korytowych, mostowych oraz wygenerowanych przekrojów przez terasy zalewowe sporządzono warstwę przestrzenną zawierającą informacje o lokalizacji i rzędnych wysokościowych (w tabeli atrybutów) poszczególnych punktów pomiarowych w przekrojach. Warstwy te wykonano w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992, w formacie plików „shapefile” (\*.shp).

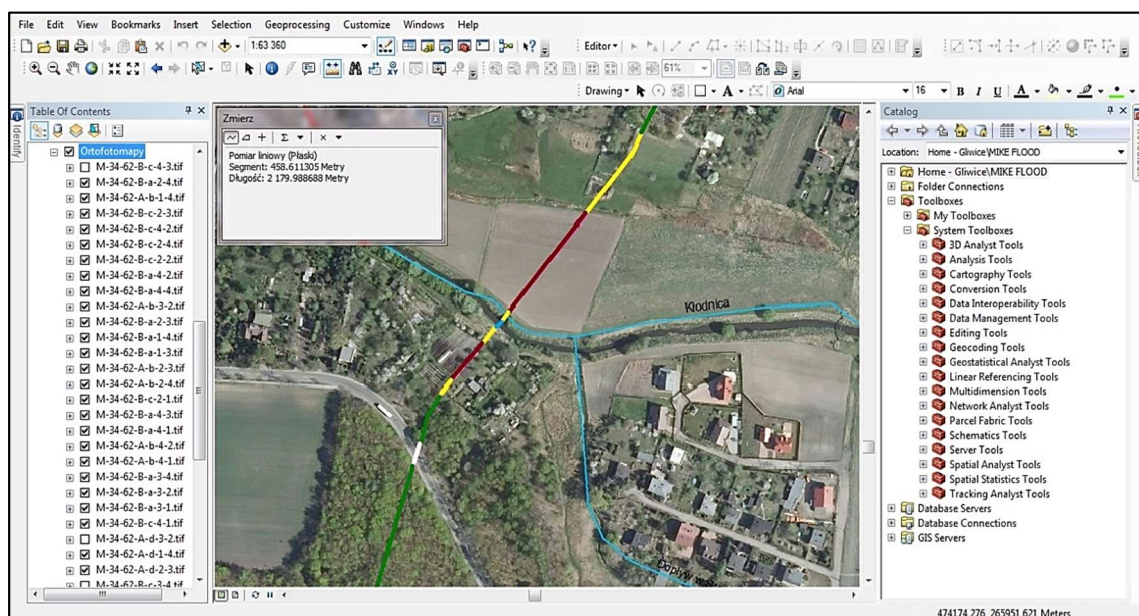
## 6.6 USTALENIE WSPÓŁCZYNNIKÓW SZORSTKOŚCI

Kluczowy wpływ na transformację przepływu wielkich wód w modelu mają opory przepływu występujące na granicy kontaktu terenu (koryta głównego i teras zalewowych) z przepływającą wodą. W jednowymiarowym modelu opory te definiowane są za pomocą współczynników szorstkości. W celu odzwierciedlenia oporów przepływu w sposób jak najlepiej oddający rzeczywiste warunki, dla każdego z przekrojów poprzecznych dobrano współczynniki szorstkości „n” dla koryta głównego (wg Manninga) oraz teras zalewowych.

Dla przekrojów korytowych, które oprócz samego koryta cieku obejmowały również pas terenu o szerokości około 10-20 m licząc na prawo i na lewo od górnej krawędzi skarpy brzegowej koryta, współczynniki szorstkości ustalono na podstawie zidentyfikowanych w trakcie pomiarów geodezyjnych form pokrycia terenu. Współczynniki szorstkości na terasach zalewowych zostały ustalone w oparciu o ortofotomapy, które posłużyły do zidentyfikowania rodzajów użytkowania



i zagospodarowania terenu wzdłuż całego przekroju dolinowego. Szorstkości zostały ustalone odrębnie dla każdej z teras (lewa, prawa), jako wartości średnie ważone, gdzie wagą była długość odcinka przekroju o tym samym współczynniku szorstkości (użytkowaniu) mierzona za pomocą narzędzia „Measure” z aplikacji ArcMap. Sposób podziału przekroju przez terasy zalewowe na odcinki charakteryzujące się różnym użytkowaniem terenu przedstawiono na rysunku 6.3.



Rys. 6.3 Podział przekroju na odcinki o różnym sposobie użytkowania terenu

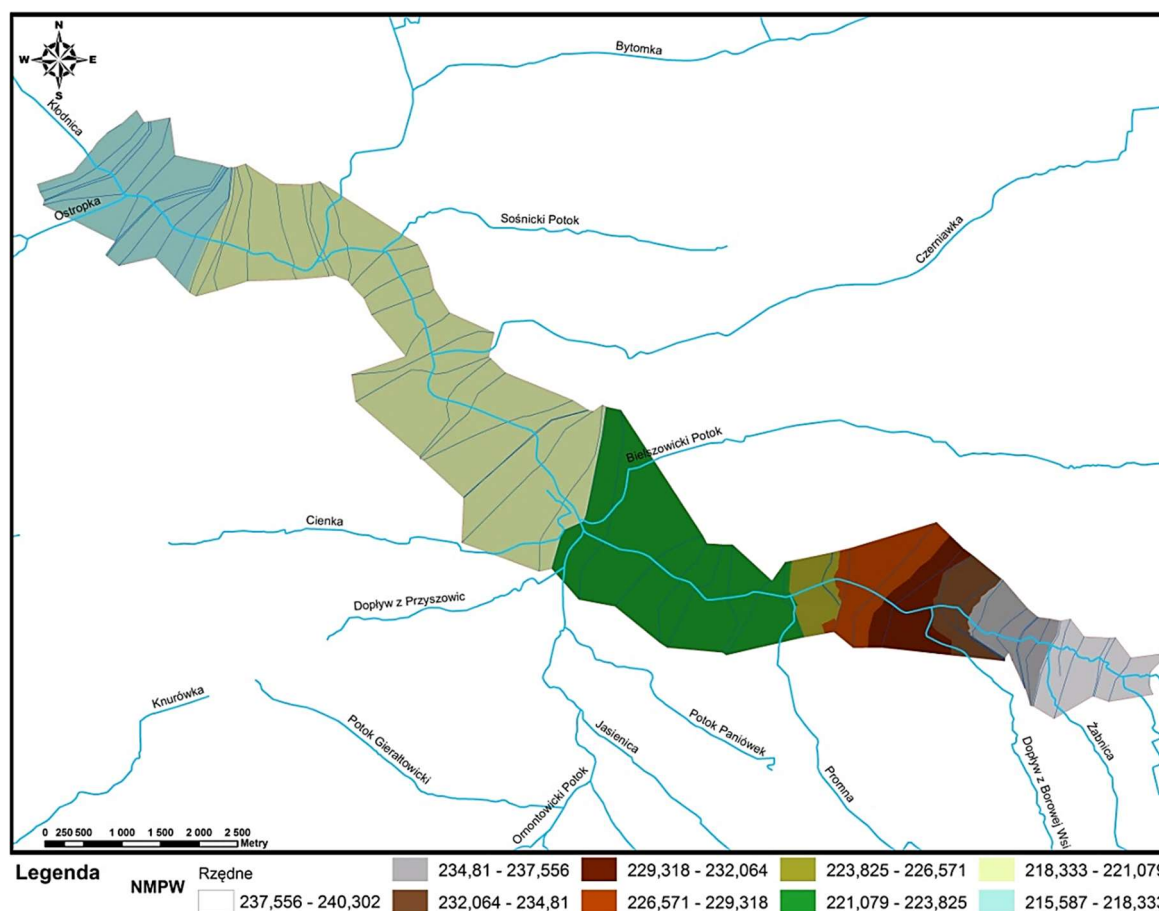
Źródło: [3].

## 6.7 OPRACOWANIE NUMERYCZNEGO MODELU POWIERZCHNI WODY I WYZNACZENIE ZASIĘGU STREF ZALEWOWYCH

Bezpośrednim efektem modelowania jednowymiarowego są rzędne stanu wód w korycie w poszczególnych przekrojach poprzecznych, przedstawione na profilu podłużnym rzeki. Wykorzystując rezultaty obliczeń możliwe jest wstępne wyznaczenie zasięgu stref zalewowych, co wymaga opracowania Numerycznego Modelu Powierzchni Wody (NMPW), a następnie przecięcia go z Numerycznym Modelem Terenu (NMT). Numeryczny Model Powierzchni Wody tworzy się w aplikacji ArcToolbox z wykorzystaniem narzędzi 3DAnalyst. Wyznacza się go w oparciu o zbiór linii nieciągłości wynikających z wytyczenia przekrojów poprzecznych, punktów rozproszonych znajdujących się na tych przekrojach oraz granicy wyznaczonej jako obwiednia poprowadzona po wierzchołkach przekrojów (rys. 6.4). Wynikowy model powierzchni wody jest modelem TIN (Triangulated Irregular Network). Złączenia modelu powierzchni wody z danymi o rzędnej zwierciadła wody, będącymi wynikiem obliczeń modelowych, dokonuje się na podstawie kilometrażu, przypisanego każdej z narysowanych linii przekrojowych.

Korzystając z narzędzi „Raster Math-Minus” dokonano przecięcia zmozaikowanego NMT (poszczególne arkusze mapy złączone w jedną całość) z

NMPW uzyskując tzw. mapę różnicową, na której występują wartości ujemne, dodatnie oraz zerowe.



Rys. 6.4 Numeryczny Model Powierzchni Wody (NMPW)

Źródło:[3].

Wartości ujemne oznaczają głębokość wody w strefie zalewowej licząc od poziomu NMT, natomiast wartości dodatnie oznaczają wysokość nad poziomem zwierciadła wody. Punkty, w których różnica wynosi zero tworzą linię graniczną, będącą granicą strefy zalewowej [3, 4].

Wykorzystując narzędzia Spatial Analyst („Map Algebra”) oraz „Conversion Tools” dokonano złączenia stref zalewowych wygenerowanych oddzielnie dla koryta i obydwu teras, a następnie konwersji rastra na klasę obiektów poligonowych. Utworzoną klasę obiektów poligonowych poddano weryfikacji celem usunięcia z zasięgu strefy zalewowej takich obszarów, które zostały wskazane jako tereny zalane, jednak nie miały bezpośredniego połączenia ze strefą zalewową koryta głównego. Są to obszary, stanowiące lokalne obniżenia powierzchni gruntu, oddzielone od rzeki przez naturalne ukształtowanie terenu lub przez konstrukcję inżynierską.

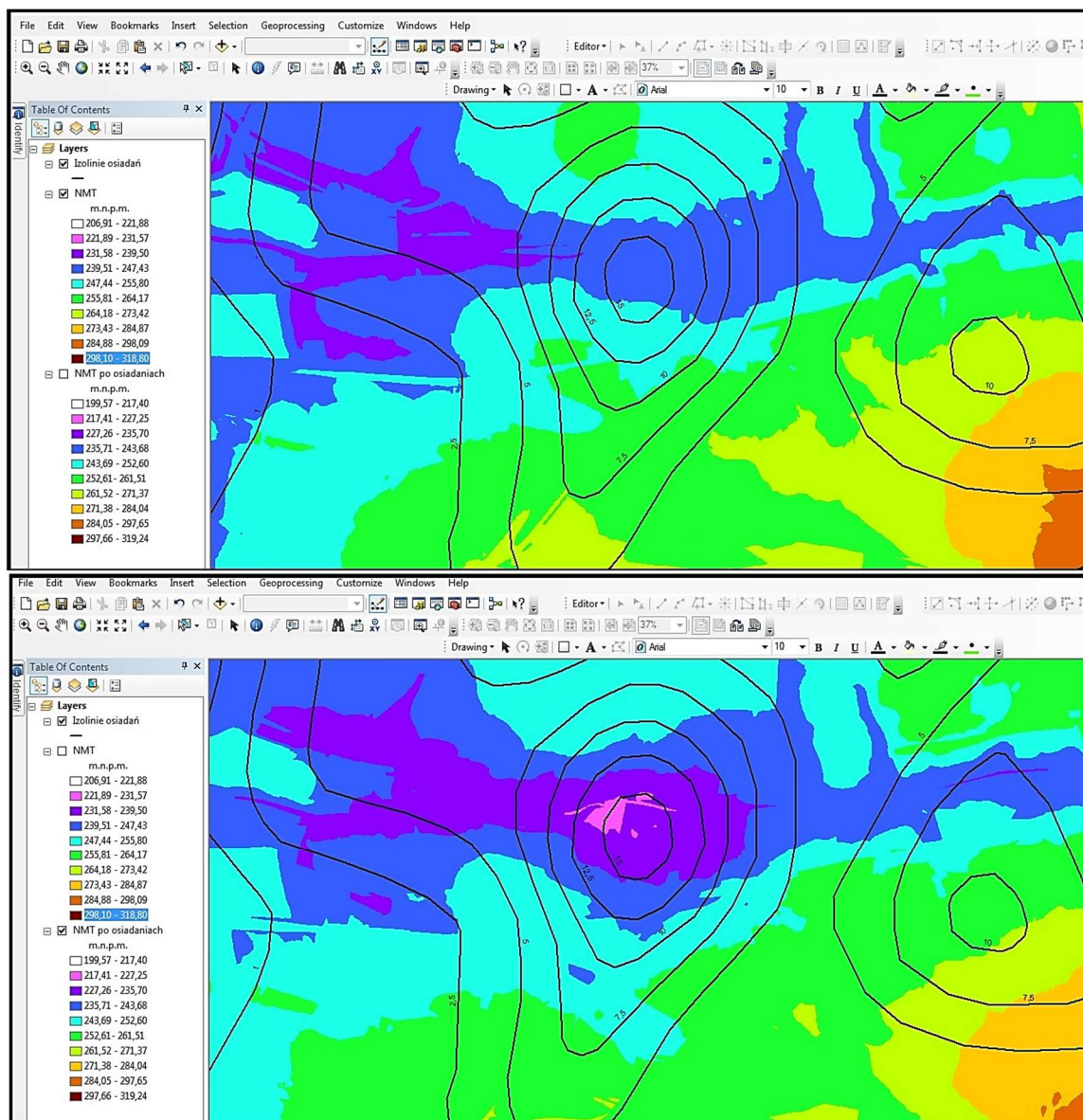
Wyznaczenie wstępnego zasięgu strefy zalewowej stanowiło punkt wyjścia do podziału obszaru objętego modelem jednowymiarowym na mniejsze obszary, dla

których opracowano modele dwuwymiarowe, co w sposób istotny wpłynęło na stabilność obliczeń oraz umożliwiło znaczne skrócenie czasu symulacji.

## 6.8 MODYFIKACJA NUMERYCZNEGO MODELU TERENU

Numeryczny Model Terenu, na którego siatce prowadzone są obliczenia rzędnych zwierciadła wody, prędkości oraz kierunków przepływu, jest kluczowym elementem modelowania dwuwymiarowego. Za pomocą narzędzia „Extraction – Extract by Mask” z pakietu Spatial Analyst dokonano przycięcia zmozaikowanego NMT do granic obszaru, objętego modelem dwuwymiarowym. Następnie w celu właściwego odwzorowania przepływu wody na terasach zalewowych zmodyfikowano NMT poprzez zwektoryzowanie i wprowadzenie do modelu wszystkich obiektów kubaturowych. Wektoryzacja została przeprowadzona dla 5 klas obiektów, obejmujących następujące klasy przestrzenne: budynki mieszkalne, budynki gospodarcze, budynki usługowe i użyteczności publicznej, magazyny oraz garaże [3]. Obrysowując wszystkie budynki na podkładzie ortofotomap utworzono nową warstwę poligonową. W tabeli atrybutów uzupełniono wysokości wszystkich obiektów oraz przypisano im rzędne terenu za pomocą narzędzia „Zonal Statistics as Table”. Korzystając z narzędzia „Add Buildings To DEM” z aplikacji ArcToolbox włączono wszystkie wektoryzowane budynki do Numerycznego Modelu Terenu.

Dzięki narzędziom ArcGIS Desktop możliwa jest modyfikacja NMT na potrzeby różnych analiz przestrzennych. W procesie budowy dwuwymiarowego modelu rzeki Kłodnicy dokonano obniżenia Numerycznego Modelu Terenu o wielkość prognozowanych osiadań, jakie będą miały miejsce w zlewni w wyniku podziemnej eksploatacji górniczej. Działanie to miało na celu sprawdzenie, w jakim stopniu projektowana dalsza eksploatacja węgla kamiennego w zlewni wpłynie na zasięg i głębokość stref zalewowych. Dysponując mapą z izoliniami obniżeń terenu prognozowanych do roku 2045 nadano jej właściwy układ współrzędnych, zbieżny z układem współrzędnych Numerycznego Modelu Terenu, wykorzystując narzędzie "Georeferencing". Następnie stworzono nową warstwę liniową, na której odwzorowano wszystkie izoliny osiadań, nadając każdej z linii wartość równą wielkości obniżenia terenu. Opracowaną warstwę zamieniono na obiekt TIN, a następnie na raster z wykorzystaniem narzędzi "TIN Management-Create TIN " oraz "Conversion-From TIN – TIN to Raster" aplikacji ArcToolbox 3DAnalyst. Mając przygotowany raster z izoliniami osiadań, w kolejnym kroku wykonano odejmowanie wartości osiadań od istniejącego Numerycznego Modelu Terenu, do czego zastosowano narzędzie "Raster Math-Minus". W efekcie otrzymano nowy obraz Numerycznego Modelu Terenu, obniżonego o wielkość prognozowanych osiadań, który wykorzystano przy konstrukcji modelu dwuwymiarowego (rys. 6.5).



Rys. 6.5 NMT przed i po obniżeniu o wielkość prognozowanych osiadań

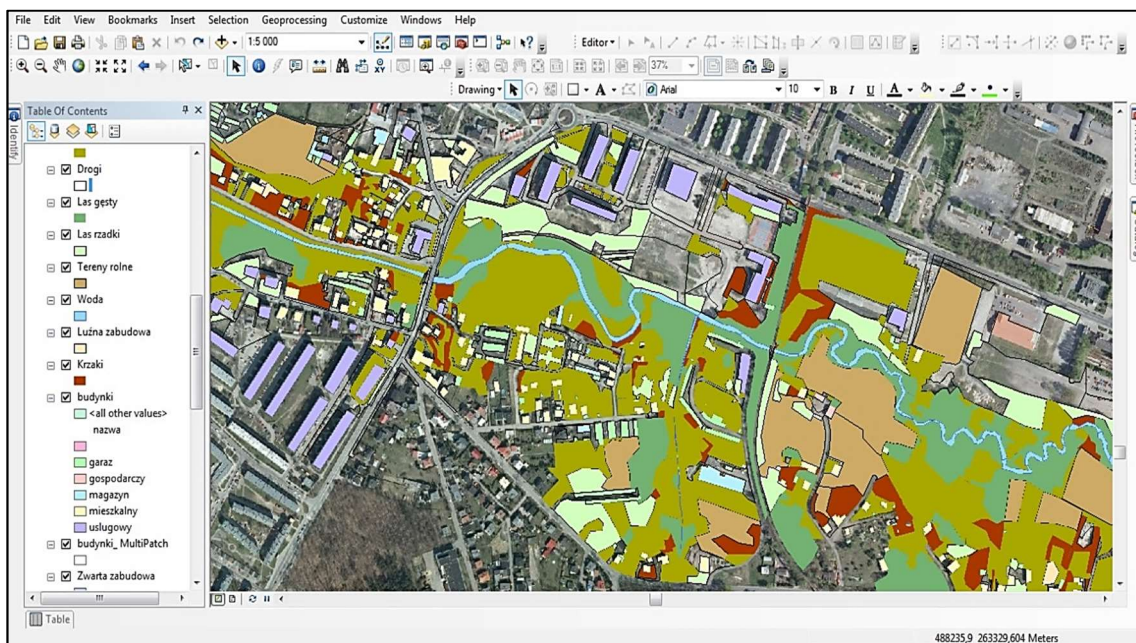
## 6.9 WEKTORYZACJA KLAS PRZESTRZENNYCH W CELU OPRACOWANIA MAPY SZORSTKOŚCI

Podstawowym parametrem służącym kalibracji w modelu hydrodynamicznym jest współczynnik szorstkości, który ustalany jest przestrzennie dla obszarów o podobnej charakterystyce zagospodarowania. Aby wyznaczyć klasy zagospodarowania terenu konieczna była wektoryzacja obszarów objętych modelowaniem 2D. Wektoryzację przeprowadzono w oparciu o ortofotomapy w skali 1:5000 oraz mapy topograficzne w skali 1:10000.

Dla celów określenia wartości współczynników szorstkości wytypowano 9 klas obiektów (drogi, krzaki, las gęsty, las rzadki, łąki, tereny rolne, wody, zabudowa luźna oraz zabudowa zwarta), którym przypisano wartości współczynnika szorstkości. Za pomocą narzędzia "Editor" dokonywano selekcji poszczególnych klas przestrzennych, poprzez ręczne "obrysowanie" ich kształtu na mapie (rys. 6.6). Dla



każdej klasy przestrzennej utworzono odrębną klasę obiektów poligonowych, uzupełniając w trakcie wektoryzacji tabelę atrybutów o nazwy i wartości współczynników szorstkości. Po wydzieleniu z obszaru modelu 2D wszystkich klas obiektów dokonano konwersji obiektów poligonowych do rastra z wykorzystaniem narzędzia "Conversion Tools-To Raster-Polygon To Raster", a następnie zamieniono raster na plik tekstowy ASCII (akceptowalny przez program MIKE 21) z użyciem narzędzia "Conversion Tools-From Raster-Raster to ASCII" w aplikacji ArcToolbox.



Rys. 6.6 Wektoryzacja klas przestrzennych w modelu dwuwymiarowym

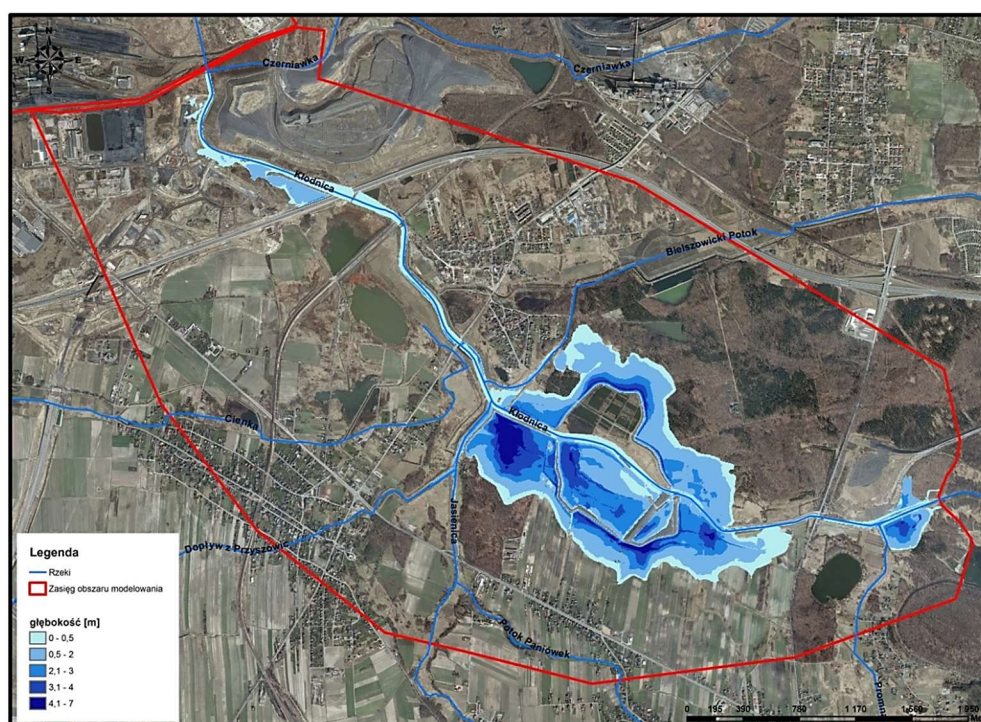
## 6.10 WIZUALIZACJA WYNIKÓW MODELOWANIA DWUWYMIAROWEGO

Jednym z efektów końcowych modelowania dwuwymiarowego jest uzyskanie informacji o zasięgu terenów objętych zalewem i głębokości wody w utworzonej strefie zalewu. Program ArcGIS Desktop umożliwia stworzenie mapy kompletnej, zawierającej wszelkie stałe elementy kartograficzne i teksty objaśniające, podnoszące jej czytelność.

Mapę tworzy się w widoku Kompozycji, gdzie możliwe jest ustawienie wielkości mapy, czy też zmiana skali wyświetlanego obszaru. Program umożliwia nadanie odpowiedniej symbolizacji wyświetlanym na mapie warstwom. Można przy tym utworzyć własny lub wybrać znormalizowany symbol spośród wbudowanych w programie (np. jezioro, rzeka, autostrada, droga główna). W zależności od potrzeb warstwa może być wyświetlana z różną przezroczystością. Do każdej mapy można dodać tytuł, tekst, różę wiatrów, skalę liniową lub mianowaną, legendę, wykres czy zdjęcie.

Wizualizacja wyników modelowania dwuwymiarowego w programie ArcGIS Desktop wymaga uprzedniego wyeksportowania z programu MIKE pliku ASCII, zawierającego informacje o danych, które chcemy na mapie przedstawić, np. głębokość lub rozkład prędkości wody w strefie zalewowej. Następnie modyfikuje

się wygląd dodanej warstwy poprzez wybranie opcji „Classified” w Symbolizacji, dzięki czemu otrzymujemy wyraźny podział strefy według głębokości. Wybiera się również odpowiednią paletę barw i liczbę klas. Program posiada możliwość wybrania metody wyznaczania przedziałów dla poszczególnych klas (np. equal interval, natural breaks, defined interval, geometrical interval, manual i in.). Strefę zalewową można przedstawić na dowolnym podkładzie mapowym, np. na mapie topograficznej lub ortofotomapie. Gotową mapę można wydrukować lub wyeksportować do formatu graficznego albo pliku \*.pdf. Na rysunku 6.7 pokazano mapę przedstawiającą zasięg i głębokość strefy zalewowej utworzonej w wyniku przejścia fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się  $p = 0,2\%$  w zlewni rzeki Kłodnicy.



Rys. 6.7 Przykładowa mapa z zasięgiem strefy zalewowej w zlewni rzeki Kłodnicy  
 Źródło: [3].

Wizualizacja stref zagrożenia powodziowego w postaci mapy pozwala na sprawdzenie, które tereny zostaną zalane w czasie powodzi, a także czy są one zamieszkałe przez ludność i czy znajdują się tam obiekty krytyczne. Za pośrednictwem GIS można również uzyskać informacje o charakterze, randze i funkcji obiektów znajdujących się w zasięgu strefy zalewu, w jakim stopniu zostaną one zalane oraz czy mogą potęgować zagrożenia wywołane powodzią (zakłady chemiczne, szpitale, oczyszczalnie ścieków, stacje paliw). Warstwa przestrzenna przedstawiająca natężenie i zasięg negatywnych skutków powodzi stanowi mapę ryzyka powodziowego. Jest ona wiarygodnym źródłem informacji służącym do podejmowania decyzji o działaniach ewakuacyjnych oraz planowania odpowiednich sił i środków niezbędnych do usunięcia ewentualnych zniszczeń [6].

## 6.11 PODSUMOWANIE

Środowisko ArcGIS Desktop jest platformą komputerową do tworzenia, edytowania, analizowania i wizualizacji informacji geograficznych. Ze względu na możliwość nakładania na siebie warstw odnoszących się do różnych danych, oprogramowanie to jest niezwykle pomocne w modelowaniu powodziowym. Wykorzystuje się je w trakcie budowy, parametryzacji, analizy wyników i zarządzania modelem. Oprogramowanie ArcGIS służy także do wyznaczania i graficznej prezentacji obszarów zalewów powodziowych, obliczonych modelami 1D i 2D na podstawie rzędnych zwierciadła wody [1].

ArcGIS Desktop jest w pełni kompatybilny z oprogramowaniem MIKE FLOOD, które wykorzystano do stworzenia modelu jedno- i dwuwymiarowego rzeki Kłodnicy i wygenerowania zasięgu stref zalewowych w zlewni. Narzędzia dostępne w aplikacji ArcToolbox umożliwiły konwersję plików do formatów akceptowalnych przez oprogramowanie MIKE FLOOD oraz pozwoliły na realizację wielu zadań, stanowiących kolejne etapy budowy modelu.

Oprogramowanie ArcGIS Desktop pozwala na szczegółową analizę nie tylko map zagrożenia powodziowego, ale i ryzyka powodziowego, dzięki czemu wpisuje się w tematykę związaną z ochroną przeciwpowodziową. Dzięki swojej funkcjonalności może stanowić narzędzie ułatwiające opracowanie planów na wypadek działania przeciwpowodziowego oraz wspomagające zarządzanie kryzysowe na wszystkich jego etapach.

## LITERATURA

- [1] R. Banasiak. „Wykorzystanie technik GIS i numerycznych modeli hydrodynamicznych do oceny zagrożenia powodziowego”. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Nr 3/III/2012, 2012.
- [2] M. Dębski: *ArcGIS 9. Podstawy ArcGIS*. 2004
- [3] M. Pozzi, E. Cempiel, A. Czajkowska, J. Osowska. *Raport końcowy z realizacji projektu badawczego własnego nt. „Określenie zagrożenia powodziowego w zlewni na terenach górniczych z wykorzystaniem modelowania matematycznego na przykładzie rzeki Kłodnicy”*. Gliwice: Instytut Geologii Stosowanej, Politechnika Śląska, 2016.
- [4] R. Radoń. „Pilotażowe przygotowanie map zagrożenia powodziowego na obszarze regionu Górnej Wisły”. *Materiały Symposium Europejskiego Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej*, Paryż-Orlean, 28-30.03.2012.
- [5] J. Urbański. *GIS w badaniach przyrodniczych*. Gdańsk: Centrum GIS, Uniwersytet Gdański, 2012.
- [6] B. Zawisliński, L. Nowogrodzki, A. Dobrowolski. „Wykorzystanie oprogramowania ArcGIS w ochronie przeciwpowodziowej”. *Materiały Symposium Europejskiego Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej*, Paryż-Orlean, 28-30.03.2012.

## ArcGIS DESKTOP JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROCES MODELOWANIA WEZBRAŃ POWODZIOWYCH

**Streszczenie:** Minimalizacja strat powodziowych jest uzależniona od właściwego wyznaczenia zasięgu stref zalewowych, co wymaga opracowania modelu hydraulicznego w programie MIKE FLOOD. Przygotowanie danych wejściowych do modelu przeprowadza się w programach GIS. Jednym z powszechnie wykorzystywanych programów jest ArcGIS Desktop firmy ESRI. W artykule omówiono wybrane funkcje i narzędzia programu ArcGIS Desktop niezbędne do budowy modelu hydraulicznego na przykładzie zlewni rzeki Kłodnicy oraz wizualizacji otrzymanych wyników w postaci map zagrożenia powodziowego.

**Słowa kluczowe:** ArcGIS Desktop, mapa zagrożenia powodziowego, strefa zalewowa, model jednowymiarowy, model dwuwymiarowy

## ArcGIS DESKTOP AS TOOL SUPPORTING THE PROCESS OF FLOOD MODELING

**Abstract:** Flood losses minimization is dependent on proper determining the extent of flood hazard zones what requires the development of a hydraulic model by means of MIKE FLOOD application. Preparation of the input data for the model is carried out using GIS software. One of the programmes commonly used is ArcGIS Desktop by ESRI. In the article selected functions and tools of the ArcGIS Desktop programme were presented - the functions and tools which are necessary to prepare the hydraulic model and to visualize the obtained results as flood hazard zones.

**Key words:** ArcGIS Desktop, flood hazard map, flood zone, one-dimensional model, two-dimensional model

dr inż. Aleksandra Czajkowska  
Politechnika Śląska,  
Wydział Górnictwa i Geologii  
Instytut Geologii Stosowanej  
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice  
e-mail: aleksandra.czajkowska@polsl.pl

mgr inż. Justyna Osowska  
Politechnika Śląska,  
Wydział Górnictwa i Geologii  
Instytut Geologii Stosowanej  
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice  
e-mail: justyna.osowska@polsl.pl

*Data przesłania artykułu do Redakcji:* 06.2016

*Data akceptacji artykułu przez Redakcję:* 09.2016