

## WYKORZYSTANIE OPROGRAMOWANIA ARCGIS W OCHRONIE PRZECIWPOWODZIOWEJ

ZAWIŚLIŃSKI B.<sup>1</sup>, NOWOGRODZKI L.<sup>2</sup>, † DOBROWOLSKI A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Esri Polska, Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa, Polska, e-mail: [bwawislinski@esripolska.com.pl](mailto:bwawislinski@esripolska.com.pl)

<sup>2</sup> Esri Polska, Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa, Polska, e-mail: [lnowogrodzki@esripolska.com.pl](mailto:lnowogrodzki@esripolska.com.pl)

<sup>3</sup> The Main School of Fire Service, The Committee for Research Risks Related to Water, Polish Academy of Science, Poland, e-mail: [a.t.dobrowolscy@wp.pl](mailto:a.t.dobrowolscy@wp.pl)

**Streszczenie:** W referacie przedstawione zostaną wyniki analiz związanych z opracowaniem map powodziowych, które zgodnie z dyrektywą powodziową powinny składać się z dwóch elementów: map zagrożenia powodziowego przedstawiających strefy zalewu wody wraz z jej głębokością oraz map ryzyka powodziowego. Jako teren analiz przyjęto obszar w okolicy miejscowości Świecie.

Autorzy referatu, do przeprowadzenia analiz i zaprezentowania ich wyników posłużyli się oprogramowaniem ArcGIS firmy ESRI.

Zaprezentowane zostaną możliwości wykorzystania oprogramowania ArcGIS w sytuacjach kryzysowych, a przede wszystkim sposoby generowania warstw gęstości obiektów krytycznych z uwzględnieniem wag poszczególnych obiektów, jak również warstw pomocnych do ewakuacji ludności znajdującej się w strefie zagrożenia.

Autorzy skupią uwagę na możliwościach interoperacyjnych oprogramowania ArcGIS wykorzystując do prezentowanych symulacji różne typy danych geoprzestrzennych przechowywanych w różnych formatach (mapy papierowe, dane rastrowe i bazy wektorowe).

Jednym z kluczowych zagadnień poruszanych w referacie będzie omówienie możliwości wykorzystania najnowszych narzędzi mobilnego GIS pozwalających na znacznie lepszą koordynację działań operacyjnych w strefie zagrożenia.

**Słowa kluczowe:** mapy powodziowe, mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego

**Abstract:** This paper will present the results of analysis related to the development of flood maps, which according to the Floods Directive should consist of two components: flood hazard maps showing the flood waters zones including its depth and flood risk maps. Discussed analyses were performed within the vicinities of the town of Świecie.

Esri ArcGIS software has been used by the authors for analyses and presentation of their results. The paper will present possibilities to use ArcGIS software in crisis management. The authors, first of all, will focus on methods of generating the layers of critical infrastructure density, with consideration of importance of particular objects. They will also present layers supporting evacuation from hazard zones.

Using different types of geospatial data, stored in different formats (paper maps, raster and vector databases), for the needs of simulation, the authors will focus on the interoperability of ArcGIS.

One of the key issues raised in this paper is to discuss the possibility of using the latest GIS mobile tools allowing for much better coordination of operational activities in the hazard zone.

**Keywords:** flood maps, flood hazard maps, flood risk maps

### Wstęp

W październiku 2007r. Parlament Europejski oficjalnie zatwierdził Dyrektywę 2007/60/WE w sprawie oceny ryzyka powodziowego, której zasadniczym zagadnieniem jest przede wszystkim ustanowienie ram dla oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, w celu ograniczenia negatywnych konsekwencji dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej, związanych z powodzią na terytorium Wspólnoty.

Zgodnie z Dyrektywą 2007/60/WE – zwaną potocznie Dyrektywą Powodziową zachodzi potrzeba opracowania następujących dokumentów o charakterze planistycznym, stanowiących podstawę dla działań prewencyjnych:

- wstępnej oceny ryzyka powodziowego;

- map zagrożenia powodziowego;
- map ryzyka powodziowego;
- planów zarządzania ryzykiem powodziowym.

W celu sporządzenia tych dokumentów niezbędne jest zgromadzenie różnego rodzaju danych przestrzennych w postaci tabel, zdjęć, opisów oraz map cyfrowych, w tym map historycznych. Do budowy tego typu zasobów naturalnym wydaje się wykorzystanie Systemu Informacji Geograficznej (GIS).

GIS to odpowiednio zorganizowana **baza danych o obiektach i zjawiskach**, które znajdują się pod Ziemią, na jej powierzchni i nad nią, oraz **oprogramowanie**, które umożliwia prowadzenie wszelkich złożonych analiz informacji charakteryzujących te obiekty i zjawiska.

Jednym z komponentów służących do budowy takiego systemu jest oprogramowanie ArcGIS firmy ESRI, które występuje na trzech poziomach: ArcGIS Desktop, ArcGIS Serwer i GIS Mobilny.

## 1. Charakterystyka oprogramowania ArcGIS

Oprogramowanie ArcGIS Desktop to platforma do **tworzenia, edytowania i analizowania** informacji geograficznej. Umożliwiająca przegląd danych w postaci map oraz analizowanie danych pod kątem ich **rozmieszczenia przestrzennego, relacji i tendencji**, czyli różnych aspektów, których nie można odczytać wprost na podstawie tabelarycznego zapisu danych. Jest to szczególnie przydatne podczas **podejmowania decyzji**. Oprogramowanie ArcGIS Desktop zawiera gotowe do użycia **dane i narzędzia**, które pozwalają budować modele, skrypty i kompletne procesy pracy, co pomaga lepiej odpowiadać na pytania, testować prognozy i sprawdzać relacje przestrzenne między danymi. Oprogramowanie nie ogranicza ani liczby analizowanych obiektów, ani ilości wykorzystywanych informacji, a otwartość i skalowalność architektury pozwala na tworzenie rozwiązań dokładnie odpowiadających potrzebom poszczególnych użytkowników.

ArcGIS Server wykorzystywany jest do publikacji map i udostępniania funkcjonalności GIS w sieci komputerowej. Korzystanie z oprogramowania ArcGIS Server usprawnia zarządzanie procesem prac, wewnętrznym przepływem informacji i dokumentów, ułatwia obrazowanie istotnych zagadnień oraz umożliwia ściślejszą współpracę. Oprogramowanie ArcGIS Server pozwala łatwo udostępniać dane, mapy, modele i narzędzia utworzone na poziomie oprogramowania ArcGIS Desktop.

ArcGIS Mobile służy natomiast do zastosowań przenośnych. Technologia GIS-u mobilnego pozwala „wynieść” GIS poza biuro i umożliwia łączenie działań prowadzonych w terenie z pracami wykonywanymi w biurze. Łączność bezprzewodowa, geo-serwisy i aplikacje internetowe umożliwiają użytkownikom przeprowadzanie w terenie pełnych transakcji bazodanowych w czasie rzeczywistym.

## 2. Analizy przeciwpowodziowe

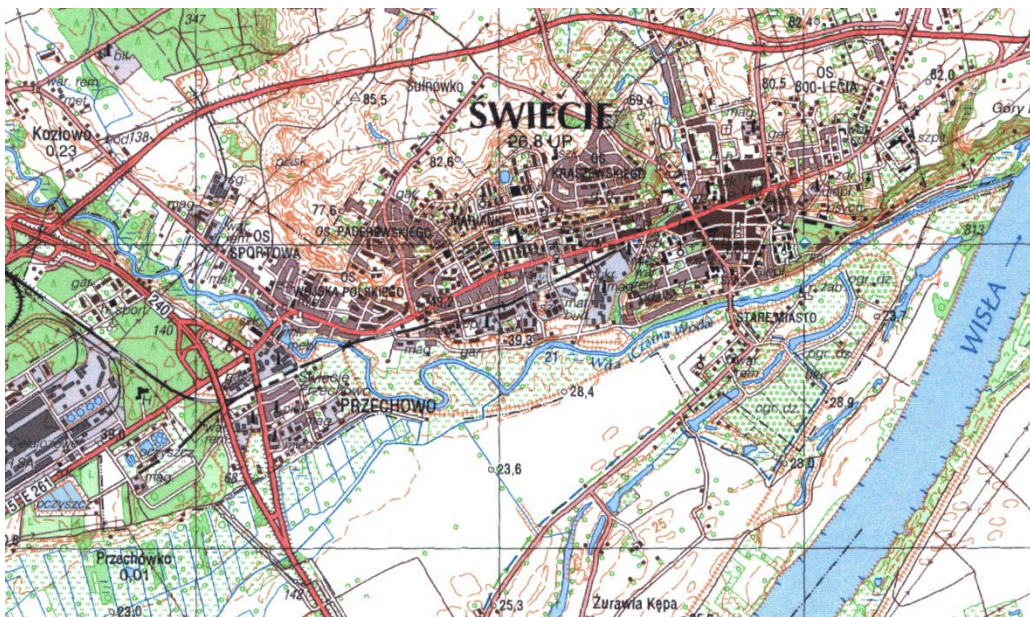
W opisywanym przykładzie dokonano próby wykorzystania wybranych komponentów oprogramowania ArcGIS do zbierania danych oraz analiz służących zobrazowaniu skutków powodzi i ich zapobieganiu.

W tym celu zgromadzono niezbędne dane, wśród których znalazły się następujące warstwy:

- mapa rastrowa
- ortofotomapa
- numeryczny model terenu,
- warstwy wektorowe z klasami obiektów:

- - mapy zagrożeń powodziowych
- - budynki,
- - punkty adresowe,
- - sieć transportowa,
- - obiekty krytyczne,
- - liczba mieszkańców.

Wykorzystana w omawianym przykładzie mapa rastrowa jest cyfrową wersją mapy papierowej w skali 1:50 000. Papierowe mapy są doskonałym materiałem niosącym ze sobą wiele interesujących informacji o terenie, w szczególności mapy topograficzne i zasadnicze, zeskanowane i odpowiednio skalibrowane stanowią bardzo ważny element danych rastrowych GIS. Mapy papierowe mogą być wykorzystywane jako tło projektu lub też służyć jako materiał wyjściowy w procesie digitalizacji.



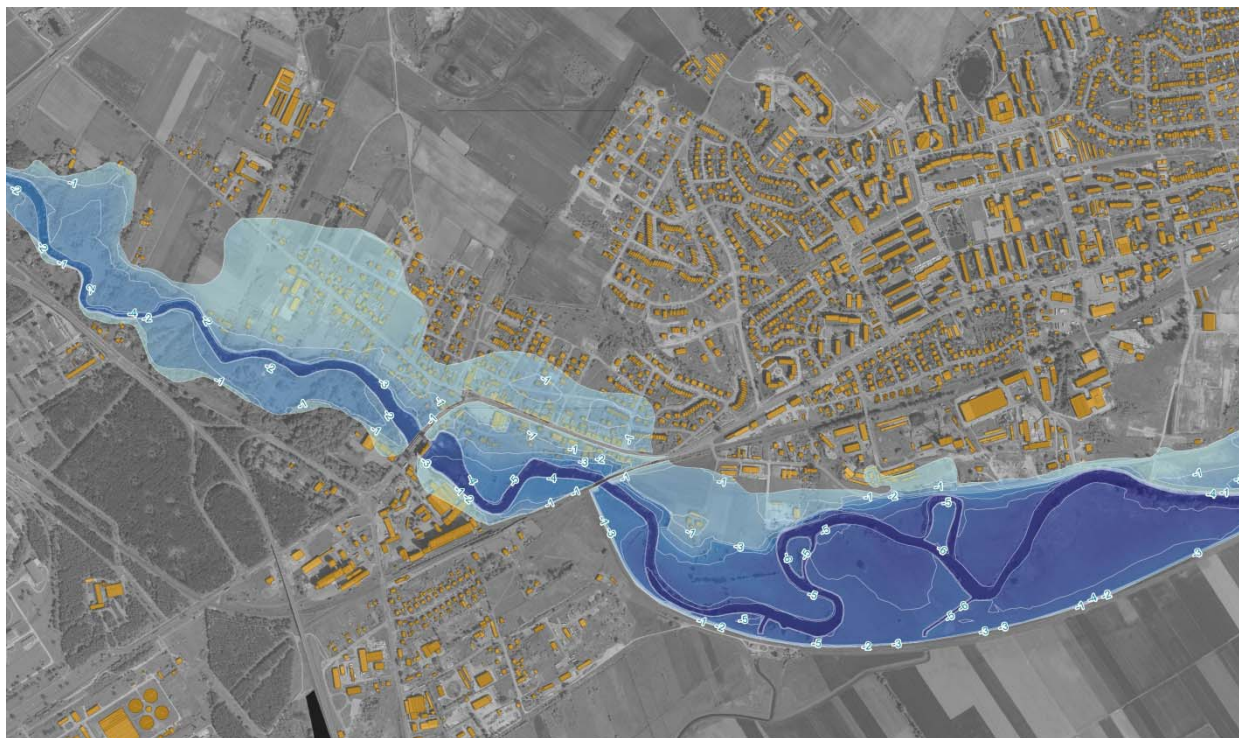
Fot.1. Obraz rastrowy mapy topograficznej

Innym rodzajem danych przechowywanych w postaci rastrów są zdjęcia lotnicze i satelitarne. Stanowią one niezastąpione źródło danych o wysokiej gęstości informacyjnej. W przypadku powodzi obrazy satelitarne mogą być wykorzystywane do monitorowania fali powodziowej, porównywania jej etapów oraz szacowania strat.

W oprogramowaniu ArcGIS możemy gromadzić i przetwarzać wszystkie uznane formaty danych rastrowych, komponować katalogi i zestawy rastrów, optymalizować ich wyświetlanie oraz dokonywać zaawansowanych analiz rastrowych.

Jedną z niezbędnych warstw w ochronie przeciwpowodziowej jest warstwa zasięgu powodzi – należy zaznaczyć, że takie warstwy przygotowuje się głównie w dedykowanym oprogramowaniu do modelowania, które posiada m.in. możliwość modelowania dynamiki fali powodziowej. Oprogramowanie ArcGIS wykorzystuje wyniki prac takiego oprogramowania do dalszych analiz.





Fot. 2. Warstwa zagrożenia powodziowego dla wody o prawdopodobieństwie 1%.

Na podstawie warstwy zasięgu powodzi i numerycznego modelu terenu można wygenerować mapę głębokości zalewu wód (przedstawiona na powyższym obrazie półprzezroczystym gradientem niebieskiego koloru). Ponadto, w oparciu o numeryczny model terenu można wygenerować również warstwę izolinii głębokości wód.

Wizualizacja warstwy zagrożenia powodziowego pozwala na sprawdzenie, które tereny zostaną zalane, czy są one zamieszkałe przez ludność oraz czy znajdują się tam obiekty krytyczne, czy zostaną zalane w całości, czy tylko częściowo. Za pośrednictwem GIS możemy również uzyskać informację o wadze znajdujących się tam obiektów, czy mogą one stać się przyczyną eskalacji niepożądanego zjawiska, jaka jest funkcja tych obiektów, czy są to obiekty prywatne czy użyteczności publicznej.

Dzięki takiej wiedzy możemy ustrzec się przed wieloma negatywnymi skutkami powodzi. Możemy w porę przeprowadzić ewakuację ludzi i sprzętu lub zmienić lokalizację obiektów, które mogą potęgować zagrożenia wywołane powodzią (zakłady chemiczne, oczyszczalnie ścieków, szkoły, szpitale, przedszkola)



Fot. 3. Mapa zagrożenia powodziowego z naniesionymi obiektami krytycznymi

Odwierciedlenie negatywnego wpływu powodzi w relacji przestrzennej nie jest zadaniem łatwym do wykonania. W omawianym przykładzie pod uwagę wzięta została infrastruktura, której zalanie może być źródłem wystąpienia kolejnej sytuacji kryzysowej związanej z odcięciem dostępu do wody pitnej i energii elektrycznej, wybuchem epidemii, czy też skażeniem wód gruntowych i środowiska.

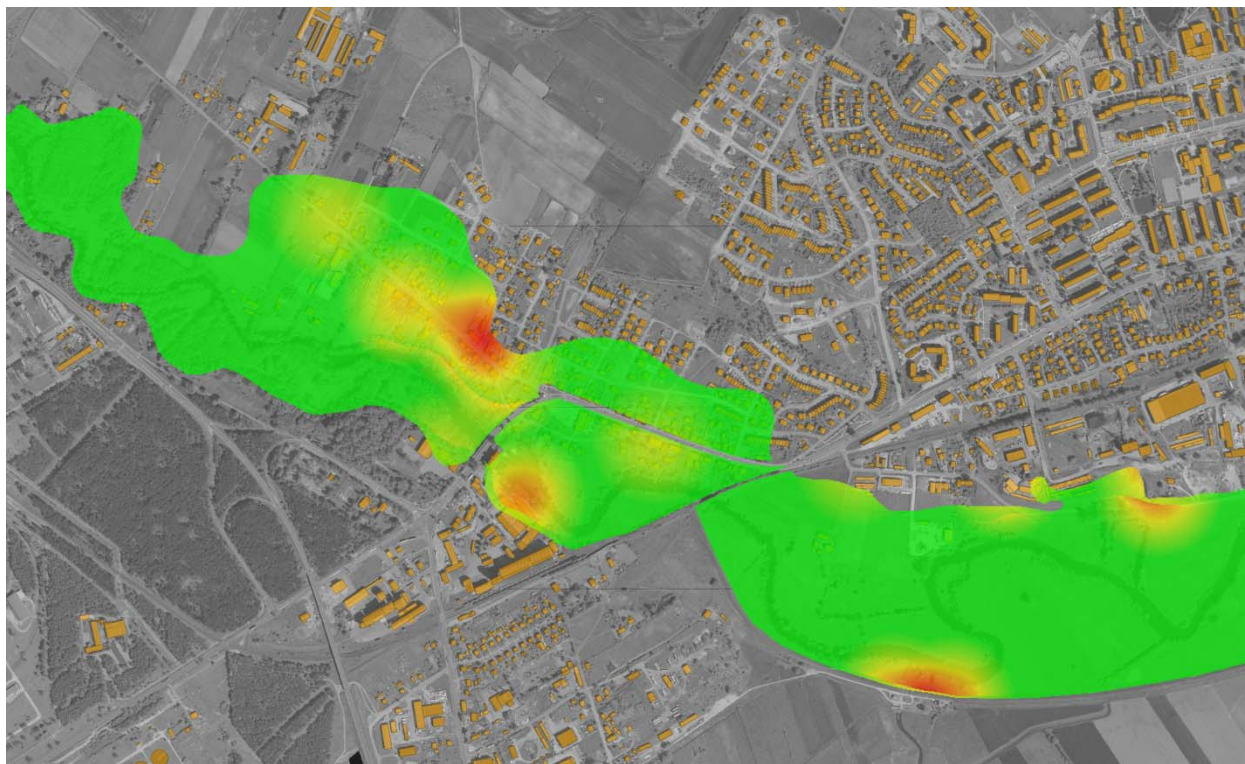
W przedmiotowym projekcie na terenie zagrożenia powodziowego znalazły się takie obiekty jak punkty zaopatrzenia w wodę, oczyszczalnie ścieków, punkty ratownictwa medycznego, szkoła, przedszkole, stacja paliw i inne. Każdy z tych obiektów w przypadku wystąpienia powodzi może generować odmienne problemy i skutki. Warstwa przestrzenna przedstawiająca natężenie i zasięg tych skutków stanowi mapę ryzyka powodziowego. Opracowanie takiej mapy wymaga utworzenia warstwy rastrowej obiektów krytycznych oraz warstwy rastrowej zagrożenia powodziowego.

W przypadku obiektów krytycznych, każdemu typowi obiektu przyporządkowano wagę w zależności od jego negatywnego wpływu w przypadku zalania wodą powodziową. Wykorzystując nadane wagi i rozmieszczenie obiektów utworzono mapę gęstości uwzględniającą negatywną rolę rozpatrywanych obiektów.

Do opracowania warstwy rastrowej zagrożenia powodziowego wystarczyło dokonać prostego przetworzenia danych wektorowych na dane rastrowe. W ten sposób powstała kolejna warstwa rastrowa prawdopodobieństwa występowania powodzi.

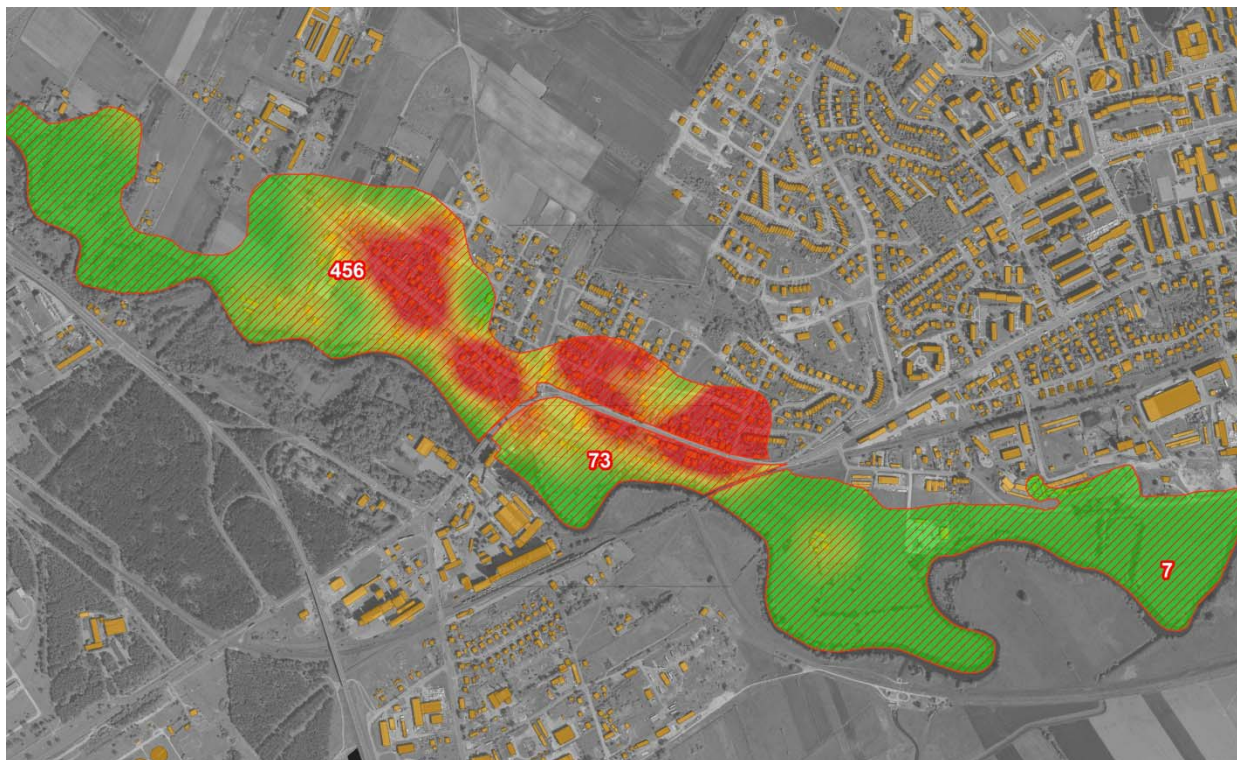
Tak przygotowane rastry pomnożone zostały za pomocą narzędzia prostej algebry mapy w wyniku czego otrzymano raster (ryzyko = prawdopodobieństwo x wpływ), który stanowi mapę ryzyka powodziowego. Na poniższym obrazie kolorem czerwonym zaznaczono wysokie ryzyko, kolorem zielonym niewielkie.





Fot. 4. Warstwa ryzyka powodziowego.

Mapa ryzyka powodziowego stanowi wiarygodne źródło informacji służące do podejmowania decyzji o działaniach ewakuacyjnych. To na jej podstawie możemy stwierdzić, które obszary wymagają natychmiastowej interwencji, a na których akcja ewakuacji może być podjęta w późniejszym czasie. Dzięki tej mapie możemy w odpowiednim czasie przedsięwziąć działania zmierzające do zniwelowania negatywnych skutków powodzi oraz zaplanować odpowiednie siły i środki niezbędne do usunięcia ewentualnych zniszczeń.



Fot. 5. Warstwa ewakuacji z terenów zagrożonych powodzią

### Podsumowanie

Oprogramowanie ArcGIS doskonale wpisuje się w tematykę związaną z ochroną przeciwpowodziową. Stanowi skuteczne narzędzie wspomagające walkę z sytuacjami kryzysowymi spowodowanymi powodzią. Pozwala na opracowanie i szczegółową analizę warstw zagrożenia i ryzyka powodziowego. Oprogramowanie ArcGIS nie tylko ułatwia opracowanie planów na wypadek działania przeciwpowodziowego, ale wspomaga zarządzanie kryzysowe na wszystkich jego etapach.

Wyniki powyższych analiz mogą być publikowane za pomocą portalu ArcGIS Server zarządzającego ryzykiem powodziowym zarówno podczas sytuacji kryzysowej, jak i poza nią. Portal może łączyć

różne dane będące w gestii różnych służb zajmujących się gromadzeniem informacji o powodzi i wykonywaniem analiz, jak również służb prowadzących bezpośrednie działania w terenie podczas sytuacji kryzysowej. Osoby odpowiedzialne za poszczególne działania mogą dodawać i zmieniać dane będące tylko w ich gestii, mając jednocześnie dostęp do całego zbioru danych mogą na bieżąco śledzić sytuację i na podstawie rozwoju wypadków podejmować odpowiednie decyzje. Ideą takiego rozwiązania jest również informowanie oraz włączanie społeczeństwa w aktywne działania przeciwpowodziowe.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Tomlinson, R. *Rozważania o GIS*. 2008
- [2] Maguire D., Batty M., Goodchild M., *GIS, Spatial Analysis, and Modeling*. 2005

### STRONY WWW

Strona lidera w zakresie oprogramowania GIS: [www.esri.com](http://www.esri.com)