

**KRAJOWA INFRASTRUKTURA INFORMACJI
PRZESTRZENNEJ JAKO ŹRÓDŁO DANYCH
DLA SYSTEMU INFORMACJI O ZLEWNI (RBIS)**

**NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE
AS A SOURCE OF DATA
FOR RIVER BASIN INFORMATION SYSTEM (RBIS)**

**Wojciech Drzewiecki¹, Tomasz Bergier¹, Wolfgang Flügel², Manfred Fink²,
Björn Pfenning², Katarzyna Bernat¹**

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Kraków, Polska

² Department of Geoinformatics, Hydrology and Modelling, School of Chemical and Earth Sciences,
Friedrich-Schiller-University, Jena, Niemcy

**Słowa kluczowe: zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi i terenami, dane przestrzenne,
system informacji o zlewni**

Keywords: integrated land and water resources management, spatial data, River Basin Information System

Wprowadzenie

Osoby odpowiedzialne za zarządzanie zasobami wodnymi i planowanie przestrzenne w trakcie podejmowania decyzji muszą uwzględniać coraz więcej czynników o charakterze środowiskowym i społecznym, np. zmiany klimatu czy użytkowania terenu w zlewniach rzek i zbiorników wodnych. Procesy te kształtują dynamikę zjawisk hydrologicznych w zlewni, w szczególności powodują znaczące zmiany poszczególnych składowych obiegu wody, m.in. odpływu rzecznoego, spływu powierzchniowego, zasilania i przepływu wód podziemnych, ewapotranspiracji, a także powiązanej z nimi erozji (Heathcote, 1998; Jain, Singh, 2003). Wszystkie te czynniki oddziałują na zasoby wód powierzchniowych, zarówno w sposób ilościowy (np. częstotliwość, zasięg i okresy wydarzeń ekstremalnych), jak również jakościowy (np. dopływ biogenów czy zawiesin).

Dla pełnego zrozumienia i opisu ilościowego tych zjawisk, niezbędne jest zastosowanie holistycznego podejścia do złożonego systemu, jakim jest zlewnia rzeczna. W tym celu często stosuje się zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi (IWRM, od angielskiego *integrated water resources management*), definiowane przez Global Water Partnership (GWP)

jako proces, który promuje skoordynowany rozwój i zarządzanie wodą, terenem i pochodnymi zasobami, w celu osiągnięcia maksymalnych korzyści ekonomicznych i dobrobytu społecznego, bez zagrożenia dla zrównoważonego rozwoju kluczowych ekosystemów. Podejście to jest powszechnie akceptowane na arenie międzynarodowej, jako podstawa zrównoważonego zarządzania zlewniami rzecznyymi, a także skuteczny sposób adaptacji do zmian klimatu (Flügel, 2010). Znalazło to również swoje odzwierciedlenie w implementacji zasad IWRM w RDW (EC, 2000). W przypadku analizy wpływu zmian użytkowania terenu oraz klimatu, duże znaczenie mają aspekty krajobrazowe i te związane z gospodarką przestrzenną, które kształtują obieg wody, a które nie są wystarczająco uwzględnione w podejściu IWRM. Z tego powodu zostało ono rozszerzone i przekształcone w zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi i terenem (ILWRM od angielskiego *the integrated land and water resources management*).

Wpływ zmian użytkowania i pokrycia terenu

Zmiany użytkowania i pokrycia terenu, wynikające z działalności gospodarczej prowadzonej w krajobrazie, takiej jak rolnictwo, leśnictwo, wypas i chów zwierząt, osadnictwo i przemysł, mają znaczny wpływ na dynamikę hydrologiczną. W zależności od stopnia pokrycia roślinnością i jej rodzaju, topografii, warunków glebowych i geologicznych, woda z opadu atmosferycznego może w różnym stopniu ulegać odparowaniu, odpływowi powierzchniowemu, zatrzymywaniu w wierzchnich warstwach gleby, infiltracji lub odpływowi podziemnemu. Wykorzystując model systemowy uwzględniający powyższe zjawiska, Flügel (1996) stworzył koncepcję podziału zlewni na jednostki reakcji hydrologicznej (HRU, od angielskiego *Hydrological Response Units*), która w badaniach Pfenniga (2009) została wzbogacona o półautomatyczną metodę wyznaczania HRU w oparciu o oprogramowanie GIS.

Rozkład przestrzenny form użytkowania i pokrycia terenu jest efektem zmian w pokrywie roślinnej, wynikających na przykład z wylesiania, zalesiania, praktyk rolniczych, które z kolei kształtują własności hydrologiczne zlewni, np. wskaźnik powierzchni liści, zasięg korzeni, fizyczne cechy gleby, takie jak współczynnik filtracji, przepuszczalność, porowatość, współczynnik pojemności wodnej. Rozwój zabudowy zwiększa w zlewni odsetek terenów nieprzepuszczalnych, przesuwając równowagę hydrologiczną w kierunku spływu powierzchniowego, kosztem infiltracji i zasilania wód podziemnych. To wszystko wpływa na dynamikę elementów obiegu wody, tym samym kształtując wielkość i sezonowy rozkład odpływu rzecznoego.

Zmiany klimatu

Publikacja raportów IPCC (IPCC, 2007a, 2007b, 2007c) spowodowała, że zmiany klimatu są postrzegane jako nasilający się globalny proces. W ich wyniku wzrosła również ogólnoświatowa świadomość i obawa, że zmiany temperatury i opadu atmosferycznego spowodują głębokie modyfikacje szerokiego spektrum czynników hydrologicznych, a co za tym idzie obiegu wody w krajobrazie i bazującego na nim rozwoju społeczno-gospodarczego (IUCN, 2003). Pojawiła się też konieczność uwzględnienia w ILWRM strategii adaptacji do zachodzących zmian klimatycznych, a szczególnie ich wpływu na środowisko i atmosferę (IUCN, 2003).

Globalne modele klimatu mogą stanowić źródło danych jedynie dla modeli hydrologicznych w małych skalach (Alcamo, Henrichs, 2002). W badaniach nad zlewniami w skali regionalnej, która jest przedmiotem zainteresowania ILWRM, wyniki modeli globalnych muszą być przeliczane i dostosowane do większej skali modelowania (Dobler et al., 2011; Flügel, 2011). Jest to problem złożony, najczęściej stosuje się w tym celu albo regionalne modele klimatyczne, utworzone w oparciu o procesy klimatyczne (Kumar et al., 2006; Dobler et al., 2011), albo geostatystykę, wykorzystującą meteorologiczne serie czasowe i informacje o powierzchni terenu (Schmidli, Frei, 2005), uzupełnione o informacje z teledetekcji satelitarnej. Obie z tych procedur generują ogromną liczbę modelowanych parametrów hydro-meteorologicznych i wymagają specjalistycznego oprogramowania (Flügel, Busch, 2011) do zarządzania informacjami przestrzennymi niezbędnymi do wieloskalowej (tj. prowadzonej w różnych skalach przestrzennych) analizy systemu zlewni rzecznej.

Narzędzie ILMS

Zbudowanie systemu ILWRM, uwzględniającego wszystkie wymienione powyżej czynniki, wymaga zastosowania kompleksowych narzędzi. Przykładem takiego narzędzia jest system ILMS (od angielskiego *Integrated Landscape Management System*). Został on opracowany przez Kralisch et al. (2011), a jego komponenty są obszernie opisywane (Fink et al., 2007; Kralisch et al., 2007; Kralisch, Krause, 2007; Krause, 2002; Krause, Flügel, 2005; Krause et al., 2006). System ILMS składa się z opisanych poniżej modułów.

1. ILMSinfo – kompleksowy system, umożliwiający zarządzanie obiektowe informacją z funkcjonalnością GIS dla administrowania środowiskowymi i społecznymi danymi dotyczącymi zlewni.
2. ILMSimage – narzędzie do przetwarzania obrazów teledetekcyjnych dla klasyfikacji obiektowej sposobów użytkowania terenu i wykrywania w nim zmian.
3. ILMSgis – oprogramowanie GIS generujące HRU w oparciu o mapy użytkowania terenu z ILMSimage oraz inne warstwy tematyczne zawierające dane dotyczące zlewni.
4. ILMSmodel – oprogramowanie JAMS (od angielskiego *Jena Adaptable Modelling System*) stanowiące ramowe środowisko dla tworzenia i stosowania modularnych modeli rodziny J2000 (Krause, 2002; Kralisch et al., 2007), działających w oparciu o HRU i pozwalających na modelowanie obiegu wody, biogenów i zawiesin.
5. ILMSexplore – narzędzie do zarządzania i udostępniania wyników modelowania, umożliwiające ich analizę statystyczną oraz wizualizację.

RBIS

ILMSinfo stanowi kompleksowy i funkcjonalny system przechowywania i zarządzania danymi, a jego implementacja w formie RBIS (od angielskiego *River Basin Information System*), pozwala na uwzględnienie systemowej wiedzy i udostępnienie jej użytkownikowi, za pomocą przyjaznego interfejsu, umożliwiającego zarządzanie, analizę, wizualizację i prezentację różnego rodzaju danych i informacji (Zander et al., 2011). Do zarządzania danymi przestrzennymi RBIS wykorzystuje system bazodanowy *PostgreSQL* z rozszerzeniem *PostGIS*. Jako aplikacja internetowa, zapewnia ochronę

praw autorskich i kontrolę jakości, dzięki rozbudowanemu systemowi uprawnień użytkowników, rozróżniając typy danych (np. serie czasowe, geoinformacje, dane glebowe), a także sposoby dostępu (np. edycja, kasowanie, oglądanie).

Zgodnie z zasadami ILWRM każda implementacja RBIS zawiera moduły zarządzania metadanymi (RBISmeta), przechowywania serii czasowych (RBISs) i danych tematycznych, np. glebowych (RBISsoil), czy dotyczących roślinności (RBISbio), a także dokumentów (RBISdoc), danych teledetekcyjnych (RBISrs) i przestrzennych warstw GIS w formatach wektorowych lub rastrowych (RBISmap). RBISmeta stanowi kompletną implementację standardu ISO 19115. RBISdoc umożliwia zarządzanie nieograniczoną liczbą plików każdego rodzaju (m.in. pdf, dokumenty tekstowe, arkusze kalkulacyjne, pliki obrazowe, pliki wykonywalne), ich opisywanie i przypisywanie poszczególnym zbiorom danych przechowywanym w systemie. RBISs umożliwia wprowadzanie (w różnych trybach) danych pomiarowych w postaci serii czasowych. Możliwe jest m.in. wprowadzanie danych w trybie automatycznym z automatycznych stacji pomiarowych. Podczas importu danych wykrywane są potencjalne luki w pomiarach, weryfikowana jest jakość danych i tworzone są odpowiednie metadane. Serie czasowe mogą być przetwarzane i eksportowane w różnych rozdzielczościach czasowych. Możliwe jest również uzupełnianie serii pomiarowych, wykonywanie interpolacji analiz przestrzennych, a także różnego rodzaju wizualizacje danych. RBISmap umożliwia wprowadzanie, zarządzanie i wizualizowanie danych przestrzennych w różnych formatach wektorowych i rastrowych, tworzenie w oparciu o nie kompozycji mapowych oraz łączenie ich z innymi danymi przechowywanymi w systemie RBIS. RBISrs umożliwia zarządzanie danymi teledetekcyjnymi zgodnie ze standardem ISO 19115-2.

System RBIS, w szczególności opisany przez Zander et al. (2012), wykorzystywany jest w ramach interdyscyplinarnych badań, jako platforma integrująca wszystkie dane, informacje i wiedzę na temat danej zlewni, a także udostępniająca je naukowcom, partnerom, interesariuszom, decydentom i zarządzającym.

Polsko-niemiecki projekt SaLMaR

Zlewnie zbiorników wodnych stanowią szczególny przypadek w podejściu ILWRM. Zwyczajnie projektowaniu sztucznych zbiorników przyświecają wielorakie cele, np. zaopatrzenie w wodę, ochrona przed powodzią, rekreacja, produkcja energii. Dlatego zarządzanie zbiornikami musi uwzględniać jakość i ilość wody, które są kształtowane przez użytkowanie terenu i zmiany klimatu. Przeprowadzona analiza literatury pokazała, że zarówno w Polsce, jak i Niemczech niewiele jest przykładów zastosowania podejścia DPSIR w zarządzaniu zlewnią zbiorników, w szczególności dla opracowania scenariuszy, umożliwiających stworzenie strategii zgodnych z ILWRM, pozwalających na skuteczną adaptację i zapobieganie skutkom zmian użytkowania zlewni i klimatu. Uzupełnienie tych braków jest celem projektu naukowego SaLMaR (od angielskiego *Sustainable Land and Water Management of Reservoir Catchments*), finansowanego przez niemieckie Federalne Ministerstwo Nauki i Edukacji oraz polskie Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W ramach tego projektu, poprzez użycie metody DPSIR zaimplementowanej na współdzielonej platformie ILMS, polscy i niemieccy partnerzy naukowcy będą rozwijali metodykę oceny i analizy krążenia wody i zanieczyszczeń w zlewniach zbiorników wodnych. Posłużą ona stworzeniu DSS, dostosowanego do potrzeb władz i instytucji zarządzających zlewnią.

Projekt realizowany jest w zlewniach czterech zbiorników – trzech polskich (Dobczycki, Czorszyński, Dzieckowice) i jednego niemieckiego (Weida-Zeulenroda). Opis projektu wraz z wyszczególnieniem postawionych sobie przez Partnerów celów naukowych i technicznych przedstawiony jest na internetowej witrynie projektu (<http://www.geoinf.uni-jena.de/7659.0.html?&L=2>). Pierwszym etapem realizacji projektu jest implementacja w każdej z analizowanych zlewni systemu RBIS, zapewniającego możliwość wymiany informacji między naukowcami oraz zarządzającymi zasobami wodnymi i przestrzenią.

RBIS a krajowa infrastruktura informacji przestrzennej

Zawartość powstającego w poszczególnych zlewniach systemu RBIS determinowana jest przede wszystkim przez główny cel realizowanego projektu, jakim jest opracowanie adaptacyjnych strategii ILWRM. Wymaga to opracowania zintegrowanego systemu oceny i analizy dynamiki hydrologicznej, a w szczególności identyfikacji procesów kształtujących obieg wody i transport zanieczyszczeń, a także kierunków i trendów rozwoju społeczno-gospodarczego w każdej ze zlewni. Krażenie wody i biogenów w badanych zlewniach modelowane będzie z zastosowaniem pakietu J2000-S, co wymaga zgromadzenia zarówno aktualnych, jak i długookresowych (historycznych) danych hydro-meteorologicznych i pomiarów jakości wody, ale też innych odpowiadających im czasowo informacji, np. o pokryciu i użytkowaniu terenu czy danych społeczno-ekonomicznych. Szczegółowy zakres tematyczny informacji pożądanych dla potrzeb budowy tworzonych systemów RBIS przedstawiono w tabeli.

W tabeli zawarto również odniesienie do danych przestrzennych gromadzonych i tworzonych w ramach krajowej infrastruktury informacji przestrzennej, przez wskazanie grupy tematycznej i tematu danych przestrzennych (wg załącznika do ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej z dnia 4 marca 2010 roku). Jak widać, po pełnej implementacji dyrektywy INSPIRE i utworzeniu rejestrów publicznych zawierających zbiory danych związanych z wymienionymi tematami, zasilenie aktualnymi danymi systemu RBIS dla dowolnej zlewni w Polsce będzie niemal w całości możliwe w oparciu o dane z krajowej infrastruktury informacji przestrzennej. Obecnie jednak budowa tego rodzaju systemu stanowi zadanie nieco bardziej skomplikowane. Nasze doświadczenia w tym zakresie przedstawione zostały w kolejnym rozdziale, na przykładzie systemu tworzonego dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego.

RBIS dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego

Głównym zadaniem systemu RBIS budowanego dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego jest zgromadzenie i integracja danych na potrzeby opracowania strategii zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi i terenem. Powinien on zawierać warstwy tematyczne przedstawione w tabeli, obejmując swoim zasięgiem całość jego zlewni, tj. zarówno zlewnię bezpośrednią, jak i zlewnię Raby powyżej zbiornika (w sumie ok. 768 km²). W przypadku informacji odnoszących się do pokrycia terenu, klimatu, ilości i jakości zasobów wodnych, rolnictwa oraz informacji społeczno-ekonomicznej powinny zostać zgromadzone zarówno dane aktualne, jak i historyczne, tak by możliwa była kalibracja i walidacja różnorodnych modeli środowiskowych. W niniejszym rozdziale przedstawiono źródła danych, możliwych obecnie do pozyskania w celu zasilenia systemu.

Tabela. Zakres tematyczny danych dla systemu RBIS

Rodzaj informacji	Warstwa tematyczna	Temat danych przestrzennych wg ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej
Topografia	Numeryczny Model Powierzchni Topograficznej (NMT)	Ukształtowanie terenu (gr. 2, t. 1)
	Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT)	Ukształtowanie terenu (gr. 2, t. 1)
	Mapa Topograficzna (dane topograficzne w postaci cyfrowej)	Różne tematy
Administra- cja	Granice jednostek administracyjnych	Jednostki administracyjne (gr. 1, t. 4)
	Granice jednostek hydrograficznych	Hydrografia (gr. 1, t. 8)
	Granice obszarów chronionych	Obszary chronione (gr. 1, t. 9)
Środowisko	Gleby	Gleba (gr. 3, t.3)
	Geologia	Geologia (gr. 2, t.4)
	Hydrogeologia	Geologia (gr. 2, t.4)
	Pokrycie i użytkowanie terenu	Użytkowanie ziemi (gr.2, t. 2)
	Hydrografia	Hydrografia (gr. 1, t. 8)
Klimat	Punktu pomiaru opadów	Warunki meteorologiczno-geograficzne (gr. 3, t. 13)
	Stacje klimatyczne	Warunki meteorologiczno-geograficzne (gr. 3, t. 13)
	Temperatura, ewapotranspiracja, itp.	Warunki meteorologiczno-geograficzne (gr. 3, t. 13)
Zasoby wodne i jakość wód	Posterunki wodowskazowe	Urządzenia do monitorowania środowiska (gr. 3, t. 7)
	Punkty monitoringu wód podziemnych (poziom wód podziemnych)	Urządzenia do monitorowania środowiska (gr. 3, t. 7)
	Jakość wód płynących	Urządzenia do monitorowania środowiska (gr. 3, t. 7)
	Punkty monitoringu wody	Urządzenia do monitorowania środowiska (gr. 3, t. 7)
	Kanalizacja i oczyszczalnie ścieków	Usługi użyteczności publicznej i służby państwowe (gr. 3, t. 6)
	Składowiska odpadów	Obiekty produkcyjne i przemysłowe (gr. 3, t. 8); Gospodarowanie obszarem, strefy ograniczone i regulacyjne oraz jednostki sprawozdawcze (gr. 3, t. 11)
	Ujęcia wód	Usługi użyteczności publicznej i służby państwowe (gr. 3, t. 6); Obiekty produkcyjne i przemysłowe (gr. 3, t. 8)
	Jakość wód podziemnych	Urządzenia do monitorowania środowiska (gr. 3, t. 7)
	Strefy ochronne ujęć wody	Gospodarowanie obszarem, strefy ograniczone i regulacyjne oraz jednostki sprawozdawcze (gr. 3, t. 11)
Rolnictwo	Użytkowanie gruntów rolnych	Jednostki statystyczne (gr. 3, t. 1); Obiekty rolnicze oraz akwakultury (gr. 3, t. 9)
	Gęstość pogłowia zwierząt hodowlanych	Jednostki statystyczne (gr. 3, t. 1)
	Plonowanie	Jednostki statystyczne (gr. 3, t. 1)
Informacja społeczno- ekonomiczna	Gęstość zaludnienia	Rozmieszczenie ludności (demografia) (gr. 3, t. 10)
	Infrastruktura drogowa	Sieci transportowe (gr. 1, t. 7)
	Infrastruktura przemysłowa	Obiekty produkcyjne i przemysłowe (gr. 3, t. 8)
	Przeznaczenie społeczno-gospodarcze terenu	Zagospodarowanie przestrzenne (gr. 3, t. 4)
Dane obrazowe	Zdjęcia (ortofotomapy) lotnicze (aktualne i historyczne)	Ortoobrazy (gr. 2, t. 3)
	Obrazy satelitarne (aktualne i historyczne)	Ortoobrazy (gr. 2, t. 3)

Topografia

Dla całości obszaru zlewni dostępny jest Numeryczny Model Powierzchni Topograficznej opracowany w oparciu o zdjęcia lotnicze wykonane w roku 2009 na potrzeby systemu LPIS. Model dostępny jest w postaci nieregularnej siatki trójkątów (TIN), jednak ze względu na konieczność jego zastosowania w modelach realizowanych w oparciu o rastrową strukturę danych, do systemu RBIS wprowadzony zostanie model w postaci regularnej siatki. Parametry dokładnościowe tego modelu są wystarczające z punktu widzenia celów projektu. Inne dostępne modele wysokościowe (np. DTED2 czy SRTM) nie zapewniają dokładności koniecznej do przeprowadzenia planowanego w ramach projektu modelowania hydrologicznego.

Dokładniejsze dane wysokościowe są obecnie dostępne jedynie dla części obszaru zainteresowania (50 ze 193 arkuszy mapy 1:5000). Dla tego samego obszaru, obejmującego 26% powierzchni zlewni, dostępny jest obecnie Numeryczny Model Pokrycia Terenu. W obu przypadkach są to dane w siatce o boku 1 m wyinterpolowane na podstawie chmury punktów ze skaningu lotniczego. Należy jednak zaznaczyć, iż do zasobu na bieżąco dodawane są kolejne arkusze obu modeli opracowywane w oparciu o dane lidarowe z projektu ISOK.

Zestaw informacji topograficznych wprowadzanych do budowanego systemu RBIS uzupełnia Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT), udostępniana w postaci zestawu zbiorów wektorowych w formacie *Shapefile*. W bazie dostępnej na terenie województwa małopolskiego znajdują się obecnie następujące zbiory: budynki, punkty adresowe, obręby ewidencyjne, obszary miejscowości, obszary gmin, tereny leśne lub zadrzewione, odziały leśne, odcinki jezdní, budowle mostowe, tory lub zespoły torów, odcinki przepraw, odcinki rzek i kanałów, obszary wód, budowle hydrotechniczne, budowle ziemne, parki narodowe, otuliny parków narodowych, parki krajobrazowe, otuliny parków krajobrazowych oraz rezerwaty. Granice zlewni rzecznych określone na poziomie dokładności wymaganym z punktu widzenia planowanego zastosowania tworzonego systemu nie są obecnie dostępne. Trwają jednak prace nad utworzeniem cyfrowej Mapy Podziału Hydrologicznego Polski w skali 1:10 000.

Środowisko

Dla całości obszaru zlewni dostępna jest w zasobie wojewódzkim mapa glebowo-rolnicza opracowana w oparciu o analogowe arkusze w skali 1:5000. Mapa ta zawiera podstawowe informacje dotyczące gleby, w tym m.in. jej rodzaj i skład granulometryczny. Niestety na mapie nie zawarto informacji o glebach, które znajdowały się pod lasami w momencie jej tworzenia (lata 1960.). Informacja ta częściowo może zostać uzupełniona w oparciu o dane znajdujące się w dyspozycji Lasów Państwowych.

Gorzej wygląda możliwość zasilenia budowanego systemu RBIS informacją dotyczącą geologii obszaru. W przypadku Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski spośród sześciu arkuszy map w skali 1:50 000, pokrywających obszar zlewni, tylko dwa dostępne są w wersji cyfrowej (skalibrowany raster) i jeden w postaci wydruku offsetowego. Dla takiej samej części zlewni dostępna jest mapa litogenetyczna (w postaci skalibrowanych skanów).

Dla całości obszaru studialnego dostępna jest natomiast bazodanowa wersja Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 oraz Mapy Hydrogeologicznej Polski: Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika. Pierwsza z nich zawiera informacje o wodonośności, hydrodynamice, jakości oraz ujęciach wód podziemnych głównego poziomu wodonośnego. Treść drugiej z map obejmuje informacje o rodzaju i stratygrafii, hydrodyna-

mice i głębokości występowania wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego, a także zależnościach między wodami podziemnymi i powierzchniowymi. Dla obszaru zlewni dostępne są także dwa arkusze bazy Mapy Hydrogeologicznej Polski: Wrażliwość na Zanieczyszczenia i Jakość Wód.

Dostępna obecnie BDOT dostarczyć może informacji o pokryciu terenu na obszarze zlewni Zbiornika Dobczyckiego jedynie w ograniczonym zakresie (budynki, tereny leśne i zadrzewione, sieć komunikacyjna, wody powierzchniowe). Ze względu na konieczność posiadania bardziej szczegółowej informacji zdecydowano się na opracowanie map pokrycia i użytkowania terenu na drodze klasyfikacji danych teledetekcyjnych (głównie obrazów z satelity RapidEye, a w przypadku stanów archiwalnych – obrazów z satelitów serii Landsat). W oparciu o dane z satelity Landsat opracowane zostaną również mapy przedstawiające stopień pokrycia terenu powierzchniami o charakterze nieprzepuszczalnym.

Klimat i zasoby wodne

Danymi meteorologicznymi, klimatycznymi i hydrologicznymi dysponuje głównie Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Stwierdzić należy, iż spośród wszystkich niezbędnych dla budowy systemu RBIS informacji, jest to grupa danych, do których najtrudniej uzyskać dostęp. Gdyby budowa systemu odbywała się na zasadach komercyjnych, to niewątpliwą barierą byłby w tym przypadku koszt danych – dla realizacji przewidzianego w projekcie modelowania konieczne jest posiadanie danych dobowych z okresu co najmniej trzydziestoletniego. Jednostki naukowe mogą uzyskać dostęp do danych obserwacyjno-pomiarowych Instytutu w trybie przewidzianym w ustawie *Prawo wodne*. Uzyskanie takiego dostępu wymaga jednak spełnienia wielu formalności (w tym podpisania odpowiedniego porozumienia), a samo wykorzystanie danych obwarowane jest standardowo licznymi ograniczeniami (np. obowiązkiem ich wykasowania po opublikowaniu pracy na potrzeby, której zostały pozyskane). Zatem wykorzystanie takich danych w celu utworzenia systemu RBIS, który miałby być utrzymywany (funkcjonować) przez czas dłuższy niż czas realizacji projektu (nawet wyłącznie na potrzeby instytucji naukowej, która go zbudowała), wymaga zawarcia specjalnego niestandardowego porozumienia.

W przypadku danych historycznych (od połowy lat 1950. po początek lat 1980.) istnieje możliwość wprowadzenia do systemu wyników obserwacji opublikowanych w Rocznikach Meteorologicznych i Rocznikach Hydrologicznych. Należy pamiętać jednak o tym, iż są to dane niezwyfikowane, podobnie jak dane aktualne publikowane na bieżąco (dla aktualnej doby) w internetowym serwisie pogodowym Instytutu.

Dodatkowe dane meteorologiczne pozyskać można (po zawarciu odpowiednich porozumień) również z innych instytucji, posiadających stacje pomiarowe na obszarze studialnym. W przypadku zlewni Zbiornika Dobczyckiego są to np. Główna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego czy Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe.

Informacja o poziomie i jakości wód podziemnych może być pozyskana z Map Hydrogeologicznych. W przypadku wód powierzchniowych wykorzystać można dane będące w dyspozycji Wojewódzkiej Inspekcji Ochrony Środowiska. Dane archiwalne z pomiarów prowadzonych przez WIOŚ (z lat 1974-1991) znajdują się w Archiwum Narodowym w Krakowie. Zarówno w przypadku danych meteorologicznych, jak i pomiarów jakości wód, w tworzonego systemu RBIS gromadzone są również dane pozyskane w różnych okresach czasu przez różne instytucje (m.in. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach).

Informacje dotyczące punktów poboru wody oraz oczyszczalni ścieków dostępne są w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Krakowie. Źródłem wiedzy o obiektach i działaniach antropogenicznych negatywnie wpływających na stan fizyko-chemiczny wód pierwszego poziomu wodonośnego może być Mapa Hydrogeologiczna Polski: Pierwszy Poziom Wodonośny – Wrażliwość na Zanieczyszczenia i Jakość Wód. Pewnych informacji w tym zakresie (składowiska i wylewiska odpadów) dostarczyć może również baza Mapy Sozologicznej Polski. W tym przypadku należy jednak wziąć pod uwagę poziom aktualności danych, a także możliwość pozyskania informacji historycznych, które są istotne z punktu widzenia celu budowanego systemu. Źródłem danych dotyczących zasięgu sieci kanalizacyjnej w poszczególnych okresach czasu mogą być zasoby gmin, leżących w analizowanej zlewni.

Rolnictwo

Niezbędne dane dotyczące prowadzonej na obszarze zlewni gospodarki rolnej pozyskać można w odniesieniu do obszarów poszczególnych gmin z Głównego Urzędu Statystycznego (GUS). Dane aktualne najpełniej opisujące rolnictwo pochodzą z Powszechnego Spisu Rolnego z roku 2010. Dostępne są również informacje z okresów wcześniejszych.

Informacja społeczno-ekonomiczna

Na stronie internetowej GUS dostępne są dane dotyczące liczby mieszkańców w poszczególnych gminach pochodzące z Narodowego Spisu Powszechnego (rok 2011). Badania GUS są również źródłem danych historycznych z tego zakresu. Szczegółowe dane dotyczące liczby ludności w poszczególnych miejscowościach pozyskać można z urzędów gmin. Są one również źródłem informacji o przeznaczeniu terenu w planach zagospodarowania przestrzennego. Źródłem aktualnej informacji o rozmieszczeniu obiektów infrastruktury drogowej i przemysłowej jest natomiast BDOT.

Dane obrazowe

Dla całości obszaru zlewni dostępna jest barwna ortofotomapa lotnicza o rozmiarze piksela terenowego wynoszącym 0,25 m, opracowana na potrzeby projektu LPIS ze zdjęć wykonanych w roku 2009. Drugim dostępnym jednolitym zestawem danych jest ortofotomapa wykonana w drugiej połowie lat 1990. w ramach projektu PHARE (piksel terenowy 0,75 m). Dla fragmentów zlewni dostępne są również w CODGiK archiwalne zdjęcia lotnicze z różnych okresów, mogące w razie potrzeby stanowić podstawę do opracowania ortofotomap.

System zostanie również zasilony ortofotomapami utworzonymi z pozyskiwanych w ramach projektu obrazów z satelitów RapidEye (piksel terenowy 5 m) oraz z dostępnych bezpłatnie obrazów z satelitów serii Landsat. Możliwe jest również pozyskanie danych obrazowych rejestrowanych od lat 1960. przez satelity wojskowe Stanów Zjednoczonych. Do systemu wprowadzone zostaną również inne dane teledetekcyjne, których pozyskanie przewidziano w projekcie dla fragmentów badanego obszaru (lotnicze obrazy hiperspektralne, zdjęcia termalne oraz chmura punktów ze skaningu laserowego).

Problemy i wyzwania

Budowa systemu RBIS dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego wymaga pozyskania z różnych źródeł i zintegrowania znacznej ilości danych różnego typu: danych przestrzennych w różnych formatach, danych analogowych (np. tabelarycznych) czy obrazowych. Oprogramowanie systemu RBIS dostarcza odpowiednich narzędzi do realizacji tych zadań, jednak niektóre z operacji wstępnego przetwarzania danych wykonywane być muszą poza tym systemem. Prawdziwy problem z punktu widzenia realizacji systemu wiąże się jednak z uwarunkowaniami prawnymi. Większość danych wprowadzanych do systemu obwarowana jest licencjami ograniczającymi możliwość ich rozpowszechniania. W praktyce oznacza to, że system w pełni wykorzystany być może tylko dla celów naukowych, przez jednostkę, która go tworzy. Wykorzystanie zawartych w nim danych przez innych użytkowników, w tym nawet ich prosta wizualizacja w przeglądarce internetowej, wymaga bowiem uzyskania przez nich prawa do korzystania ze zgromadzonych tam danych. Oprogramowanie systemu RBIS zawiera odpowiednie narzędzia umożliwiające określenie zróżnicowanych praw dostępu do danych dla różnych użytkowników (czy ich typów). Na najniższym poziomie dostępu użytkownik może otrzymywać informacje o istnieniu określonych danych wraz z ich metadanymi, co umożliwi mu w razie potrzeby kontakt z ich dysponentem. W praktyce stanowi to jednak znaczne ograniczenie możliwości wykorzystania tworzonego systemu, zwłaszcza po zakończeniu realizacji projektu.

Podsumowanie i wnioski

Pomimo ograniczeń, budowa systemu RBIS dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego wydaje się być przedsięwzięciem potrzebnym i uzasadnionym nie tylko ze względu na potrzeby realizowanego projektu. Grono potencjalnych użytkowników systemu jest bardzo szerokie i obejmuje zarówno instytucje naukowe zainteresowane problematyką zasobów wodnych i zarządzania przestrzenią, jak i jednostki administracji publicznej różnego szczebla, instytucje zarządzające zbiornikiem (np. Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie) i korzystające z niego (np. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie), czy szeroko rozumianych użytkowników indywidualnych.

Podstawowym celem systemu jest dostarczenie informacji na potrzeby opracowania strategii zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi i terenem przez modelowanie różnorodnych scenariuszy dotyczących m.in. możliwych zmian sposobu użytkowania terenu zlewni czy zmian klimatu oraz opracowanie różnego typu indyktorów opisujących zarówno stan zasobów wodnych, jak i inne, ważne z punktu widzenia poszczególnych interesariuszy, aspekty funkcjonowania systemu zlewni. Należy w tym miejscu podkreślić, iż o ile same dane źródłowe gromadzone w systemie nie zawsze mogą być udostępniane szerokiemu gronu interesariuszy, o tyle ograniczenie to nie dotyczy wyników modelowania.

Spotkania i rozmowy przeprowadzone z interesariuszami pokazały z jednej strony ich spore zainteresowanie utworzeniem tego rodzaju systemu, a z drugiej wolę współpracy w tym procesie, m.in. przez udostępnienie danych znajdujących się w ich zasobach. Wskazane przez nich potencjalne kierunki wykorzystania systemu RBIS obejmują m.in.: określenie poziomów ryzyka wystąpienia w zlewni potencjalnych zagrożeń dla jakości wody ujmowanej ze zbiornika, wykorzystanie systemu w planowaniu przestrzennym (np. przez modelowanie

wpływu intensywności zabudowy czy rekreacyjnego wykorzystania określonych obszarów na ilość i jakość zasobów wodnych) czy ocenę efektywności różnych rozwiązań w zakresie gospodarki ściekowej.

Biorąc pod uwagę zainteresowanie, z jakim spotkała się inicjatywa utworzenia tego rodzaju systemu dla zlewni Zbiornika Dobczyckiego, wydaje się, iż uprawnionym będzie stwierdzenie, że tego rodzaju wyspecjalizowane systemy informacyjne są potrzebne. Jak pokazuje zestawienie zawarte w tabeli, w przyszłości pozyskanie danych niezbędnych do zasilenia systemu RBIS dla dowolnej zlewni w Polsce będzie możliwe w oparciu o dane z krajowej infrastruktury informacji przestrzennej. Jednak nawet wtedy system tego rodzaju będzie stwarzał użytkownikom możliwość łatwego dotarcia do informacji o ważnym dla nich obszarze, czy to przez możliwość bezpośredniego pozyskania danych czy to przez dostarczenie metadanych opisujących poszczególne zbiory danych i ich dysponentów. Co istotne, stanowić on może platformę wymiany informacji pomiędzy partnerami z różnych instytucji naukowych, jednostek administracji publicznej i organizacji pozarządowych. Jak wykazują nasze doświadczenia zebrane podczas tworzenia systemu RBIS dla Zbiornika Dobczyckiego, platforma taka jest potrzebna, gdyż rezultaty wielu działań, zwłaszcza badań naukowych, nie zawsze są łatwo dostępne dla potencjalnie zainteresowanych. Jednocześnie system tego rodzaju, m.in. przez udostępnienie wyników modelowania scenariuszowego, stanowić może znakomitą platformę udostępniania informacji i wiedzy społeczeństwu, poszerzając możliwość partycypacji społecznej w zarządzaniu obszarem zlewni.

Literatura

- Alcamo J., Henrichs T., 2002: Critical regions, A model-based estimation of world water resources sensitive to global changes. *Aquat. Sci.* 64: 352-362.
- Dobler A., Yaoming M., Sharma N., Kienberger S., Ahrens B., 2011: Regional climate projections in two alpine river basins: Upper Danube and Upper Brahmaputra. *Adv. Sci. Res.* 7: 11-20.
- EC, European Commission, 2000: EU Water Framework Directive. Bruksela, 2000/60/EC.
- Fink M., Beisecker R., Kralisch S., Mauden R., 2007: Strategien zur Reduktion des diffusen Stickstoffaustrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 1: 63-69.
- Flügel W.-A., 2011: Twinning European and South Asian river basins to enhance capacity and implement adaptive integrated water resources management approaches – results from the EC-project BRAHMA-TWINN. *Adv. Sci. Res.* 7: 1-9.
- Flügel W.-A., 2010: Climate impact analysis for IWRM in Man-made landscapes: Applications for Geoinformatics in Africa and Europe. *Initiativen zum Umweltschutz* 79: 101-134.
- Flügel W.-A., 1996: Hydrological Response Units (HRU) as modelling entities for hydrological river basin simulation and their methodological potential for modelling complex environmental process systems Results from the Sieg catchment. *DIE ERDE*, 127: 42-62.
- Flügel W.-A., Busch C., 2011: Development and implementation of an Integrated Water Resources Management System (IWRMS). *Adv. Sci. Res.* 7: 83-90.
- Heathcote I.W., 1998: Integrated Watershed Management. Nowy Jork, John Wiley & Sons.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007a: Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007b: Climate Change 2007, Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007c: Climate Change 2007, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm

- IUCN, 2003: Change. Adaptation of Water Management to Climate Change. Gland i Cambridge, IUCN.
- Jain S.K., Singh V.P., 2003: Water Resources System Planning and Management. Amsterdam, Elsevier.
- Kralisch S., Flügel W.-A., Böhm B., Fink M., Fischer C., Kipka H., Matejka E., Michel C., Reinhold M., Roick O., Schwartze C., Varga D., Vogel A., Wetzel M., Zander F., 2011: Generating an Integrated Landscape Management System (ILMS) for Water Management, Local and Regional Planning. Final Report. ilms.uni-jena.de/downloads/ILMS_AB.
- Kralisch S., Krause P., Fink M., Fischer C., Flügel W.-A., 2007: Component based environmental modelling using the JAMS framework [w:] Kulasiri, D., Oxley, L. (red.) MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
- Kralisch S., Krause P., 2007: JAMS – A Framework for Natural Resource Model Development and Application [w:] Voinov A., Jakeman A., Rizzoli A.E. (red.) Proceedings of the iEMSs Third Biannual Meeting Summit on Environmental Modelling and Software, Burlington, Int. Env. Modelling and Software Society.
- Krause P., 2002: Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. *Physics and Chemistry of the Earth* 27: 663-673.
- Krause P., Flügel W.-A., 2005: Model Integration and Development of Modular Modelling Systems. *Advances in Geosciences* 4: 1-2.
- Krause P., Bende-Michl U., Bäse F., Fink M., Flügel W.-A., Pfennig B., 2006: Investigations in a Mesoscale Catchment - Hydrological Modelling in the Gera Catchment. *Advances in Geosciences*, 9: 53-61.
- Kumar K.R., Sahai A.K., Kumar K.K., Patwardhan S.K., Mishra P.K., Revadekar J.V., Kamaka K. Pant C.B., 2006: High-resolution climate change scenarios for India for the 21st century. *Current Science* 90(3): 334-345.
- Pfennig B., Kipka H., Wolf M., Fink M., Krause P., Flügel W.-A., 2009: Development of an extended spatially distributed routing scheme and its impact on process oriented hydrological modelling results. *IAHS Publ.* 333: 37-43.
- Schmidli J., Frei C., 2005: Downscaling from GCM precipitation: A benchmark for dynamical and statistical downscaling methods. *Int. J. of Climatology* 26(3): 679-689.
- Zander F., Kralisch S., Busch C., Flügel W.-A., 2012: Data Management in multidisciplinary research projects with the River Basin Information System [w:] Pillmann W., Arndt H.-K., Knetsch G., Shaker Verlag: 137-143.
- Zander F., Kralisch S., Busch C., Flügel W.-A., 2011: RBIS – An Environmental Information System for Integrated Landscape Management [w:] Hřebíček J., Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment. 9th IFIP WG 5.11 International Symposium, Brno, ISESS: 349-356.

Abstract

In the paper, River Basin Information System (RBIS), developed by the University of Jena, is presented. It allows the user to manage, integrate, visualize, analyze and exchange different types of data (including spatial) from the level of an internet browser. It was designed as the integral entity, which can function independently, or as an element of Integrated Landscape Management System (ILMS) package. In the paper, the system architecture and functionality is described. Its role in the integrated river basin management is also discussed, and especially the benefits for users and their support in the holistic approach of environmental and landscape management. The main part of the article is devoted to characterize the availability and usefulness of data existing within Polish Spatial Data Infrastructure to build RBIS. Data sources and challenges connected with their implementation to RBIS are discussed in the case study of the Dobczyce reservoir, for which RBIS is developed within the framework of the Sustainable Land and Water Management of Reservoir Catchments (SaLMaR) project.

dr inż. Wojciech Drzewiecki
drzewiec@agh.edu.pl

dr inż. Tomasz Bergier
tbergier@agh.edu.pl

prof. dr. Wolfgang Albert Flügel
c5waf@uni-jena.de

dr Manfred Fink
manfred.fink@uni-jena.de

dipl.-geogr. Björn Pfennig
bjoern.pfennig@uni-jena.de

mgr inż. Katarzyna Bernat
kbernat@agh.edu.pl