

## WYKORZYSTANIE DANYCH PRZESTRZENNYCH W KSZTAŁTOWANIU ZASOBÓW WODNYCH

### APPLICATION OF SPATIAL DATA IN WATER RESOURCES MANAGEMENT

Elżbieta Nachlik <sup>1</sup>, Agnieszka Buczek <sup>2</sup>, Stanisław Mazoń <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Politechnika Krakowska

<sup>2</sup> Okręgowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno Kartograficzne, Kraków.

**Słowa kluczowe:** zasoby wodne, gospodarka wodna, zagrożenie powodziowe, baza danych terenowych

**Keywords:** water resources, water management, flood hazard, geodesic database

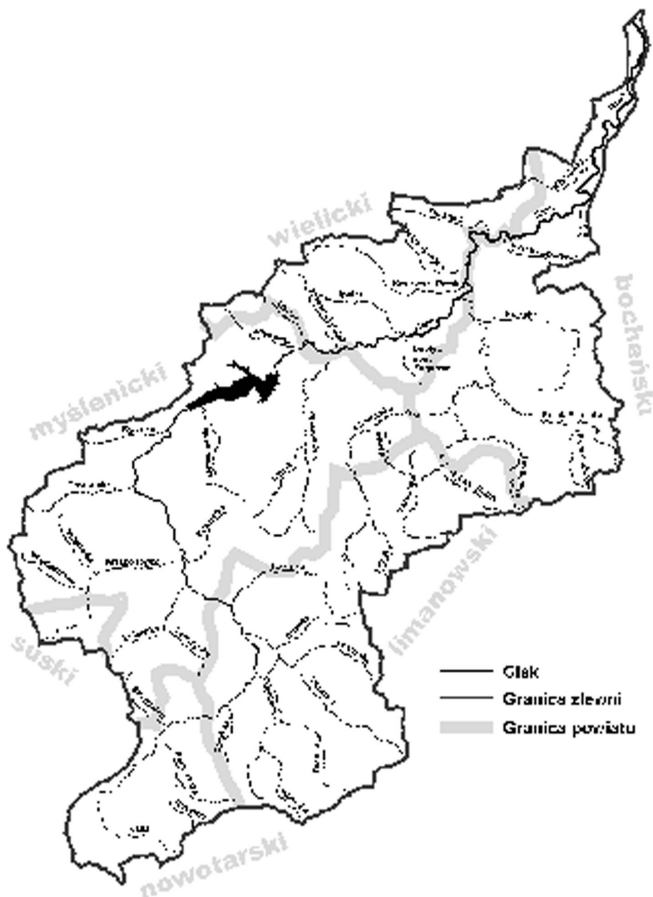
### Rola danych geodezyjnych w gospodarowaniu wodami

Kluczem do gospodarowania wodami w dorzeczu, zgodnie z myślą przewodnią Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) (Dyrektywa..., 2000), jest integracja:

- **celów środowiskowych**, obejmująca aspekty jakościowe, ekologiczne i ilościowe, dla ochrony ekosystemów wodnych o najwyższych walorach oraz zapewnienia ogólnie dobrego stanu innych wód;
- **rodzajów zasobów wodnych**, obejmująca w skali dorzecza powierzchniowe i podziemne wody słodkie, wody przejściowe i przybrzeżne;
- **kierunków wykorzystania wód**, obejmująca w skali dorzecza: gospodarkę komunalną, przemysł, rolnictwo, leśnictwo, transport, rekreację, naukę i inne możliwości korzystania z zasobów wodnych;
- **badania, analiz i ekspertyzy**, obejmująca hydrologię, hydraulikę, ekologię, chemię, gleboznawstwo, inżynierię oraz ekonomię, dla oceny bieżącej presji na zasoby wodne w dorzeczu oraz określania działań służących realizacji celów środowiskowych RDW, w sposób najbardziej ekonomicznie efektywny;
- **ustawodawstwa związanego z zasobami wodnymi**, obejmująca dostosowanie niektórych starych przepisów do RDW, tak aby odpowiadały nowoczesnemu myśleniu ekologicznemu oraz skoordynowanie innych przepisów, tak by były spójne z planami gospodarowania wodami w dorzeczu, w szczególności tam, gdzie stanowią one podstawę dla programów działań;
- **znaczących aspektów gospodarczych i ekologicznych**, obejmująca działania dla zrównoważonego rozwoju obszaru dorzecza, łącznie z tymi, które wykraczają poza zakres RDW, jak zapobieganie skutkom powodzi i ochrona przeciwpowodziowa;

- **mechanizmów, działań i instrumentów ekonomicznych i finansowych**, obejmująca wspólne podejście dotyczące gospodarowania wodami zmierzające do osiągnięcia celów środowiskowych RDW, w tym m.in. ustalanie opłat za użytkowanie wód;
- **społeczeństwa oraz grup interesu różnych rodzajów i poziomów zarządzania**, obejmująca działania zmierzające do tworzenia warunków dla uspołecznienia procesu podejmowania decyzji, poprzez wdrożenie przejrzystości procedur postępowania i szerokiego informowania opinii publicznej, przy opracowywaniu planów gospodarowania wodami w dorzeczu;
- **gospodarowania wodami w dorzeczach międzynarodowych**, obejmująca działania koordynacyjne pomiędzy aktualnymi i/lub przyszłymi państwami członkowskimi Unii Europejskiej.

Spełnienie powyższych założeń wymaga integracji – charakterystycznych dla zagadnień wodnych – danych terenowych o ekosystemach wodnych w układzie zlewniowym z danymi geodezyjnymi reprezentowanymi przez dane opisujące w układzie administracyjnym użytkowanie ziemi. Symbolicznie ilustruje to rysunek 1, gdzie na przykładzie zlewni Raby, poka-



Rys. 1. Powiązanie układu rzecznoego i granic zlewni z podziałem administracyjnym na przykładzie zlewni Raby

zono powiązanie granic zlewni z podziałem administracyjnym w układzie powiatowym. Jest sprawą oczywistą, że dla wielu zagadnień z obszaru gospodarki wodnej, zakres tych powiązań jest znacznie szerszy. Na przykład, przedstawiony na tym rysunku układ sieci rzecznej w rzeczywistości jest znacznie bardziej rozbudowany, a tym samym charakter powiązań z układem administracyjnym jest determinowany rodzajem i skalą potrzeb.

Na tym podstawowym założeniu rozwijana jest baza danych o terenie, stosownie do rodzaju szczegółowego zadania gospodarki wodnej oraz do etapu w procesie jego realizacji. Zadania gospodarki wodnej ujęte są w grupy, ukierunkowane na osiągnięcie następujących celów:

- ochrony ekosystemów wodnych i ekosystemów lądowych z nimi związanych, zgodnie z obowiązującym prawem oraz ze szczegółowymi założeniami strategicznymi rozwoju regionalnego i lokalnego;
- wykorzystania zasobów wodnych dla zabezpieczenia potrzeb w zakresie wody pitnej, przemysłowej i rolniczej oraz dla energetycznego, żeglugowego i rekreacyjnego wykorzystania wód;
- przeciwdziałania naturalnym zagrożeniom, czyli ograniczenie ryzyka powodziowego oraz skutków suszy.

Realizacja powyższych grup zadań wymaga zastosowania odpowiednich środków w i obejmuje następujące etapy: planowanie; prace studialne obejmujące odpowiedni obszar problemowy i przestrzenny zlewni; projektowanie techniczne; przygotowanie inwestycji; realizacja przedsięwzięcia (w tym inwestycji) oraz eksploatacja w okresie objętym działaniem.

Realizacja tych etapów jest skoordynowana analizą DPSIR (**D**river – **P**ressure – **S**tate – **I**mpact – **R**esponse), którą Unia Europejska przyjęła jako podstawę realizacji przedsięwzięć w działaniach zintegrowanych wielodyscyplinarnie, prawnie i instytucjonalnie. Dla przykładu, w dziedzinie ochrony wód w polskiej nomenklaturze analiza ta obejmuje: czynnik sprawczy (rodzaj działalności człowieka wywołującej negatywny efekt środowiskowy); presję (oddziaływanie – bezpośredni skutek czynnika sprawczego); stan (ilościowy i jakościowy stan wód/warunki panujące w systemie wodnym); skutek (środowiskowy efekt oddziaływania); środki działania (środki zaradcze podjęte dla poprawy stanu, a obejmujące zmiany w działalności człowieka).

Ten typ analizy został dostosowany do wszystkich wymienionych wyżej celów gospodarki wodnej. W ten sposób, na poziomie analiz i ocen określa się ogólnie i szczegółowo zakres powiązań bazy danych geodezyjnych z tematyczną bazą danych gospodarki wodnej. Platformą, która organizacyjnie i funkcjonalnie ułatwia te powiązania w układzie przestrzennym jest system informacji geograficznej (GIS). Powiązania baz danych odgrywają podstawową rolę przy realizacji planowania przedsięwzięć gospodarki wodnej, które wymaga powiązania z planowaniem przestrzennym i gospodarczym. Obecnie stało się to wymogiem ustawowym ujętym w Narodowym Planie Rozwoju na lata 2007–2013 (Komisja Europejska, 2004; Rada Ministrów RP, 2005). W konsekwencji jest to już respektowane na poziomie opracowywanych obecnie dokumentów wojewódzkich (Małopolski Urząd Marszałkowski, 2005).

## Rodzaj i zakres powiązań danych terenowych w planowaniu gospodarowania wodami

Przedmiotowe powiązania danych terenowych w ujęciu rodzajowym, obejmują następujące główne grupy tematyczne:

- granice rzeki dla niskiego i średniego stanu wód z przybrzeżną zabudową biologiczną, jej rodzajem i gęstością, a także z rodzajem podłoża (geologia), zasięgiem przemieszczeń pionowych i w planie koryta rzeki,
- granice rzeki dla wysokiego stanu wód z rodzajem użytkowania terenu pokrytego wodą i sąsiadującego z granicą zalewu, a także z rodzajem, gęstością i przeznaczeniem zabudowy trwałej,
- granice zbiorników wód podziemnych i ich stref ochronnych z rodzajem użytkowania ziemi,
- granice zlewni cząstkowych układy rzeczne z rodzajem użytkowania ziemi oraz z charakterystykami tego użytkowania w kategoriach negatywnych oddziaływań i ich skutków na stan wód.

Na tej podstawie budowane są koniunkcje, które w rezultacie analiz i ocen służą budowie warunków ograniczających lub wskazujące nowe (inne, częściowo modernizowane) użytkowanie ziemi bądź ograniczające przyszłą zabudowę terenu, na tle wymagań w zakresie ochrony wód lub ochrony przed wodą (powódź).

Zakres powiązań jest zdeterminowany rodzajem problemu postawionego do rozwiązania. Jednak zasadą generalną jest tutaj ujęcie przestrzenne i dostosowanie analiz punktowych i liniowych do tego wymogu. Ma to wpływ na metodykę interpolacji i ekstrapolacji informacji bazowej (punktowej lub liniowej) w układzie przestrzennym. Jest to zagadnienie podzielone na kategorie dziedzin, ale wciąż rozwijane i otwarte na nowe rozwiązania.

## Wykorzystanie danych przestrzennych w planowaniu ochrony przed powodzią

Od wielu lat tej polityce towarzyszą w Europie działania na rzecz integracji ochrony przed powodzią z generalną polityką wodną i środowiskową. Dotychczasowe dokumenty tj. Ramowa Dyrektywa Wodna (Dyrektywa..., 2000) i Raport nr 21 (European Environmental Agency, 2001) i inne, zamknięte wytycznymi (Dyrektorzy Wodni UE, 2003, Komisja Europejska 2005), formułują następujące zalecenia:

- **Strategia powodziowa powinna obejmować cały obszar dorzecza i zachęcać do skoordynowanego rozwoju, zarządzania i podtrzymywania działań w zakresie gospodarki wodnej, lądowej oraz wykorzystywania powiązanych zasobów.**
- Biorąc pod uwagę zachodzące zmiany, konieczna jest zmiana podejścia do zagrożeń naturalnych.
- Należy odejść od działań skupiających się na ochronie przez zagrożeniami, a skierować się ku działaniom koncentrującym się na zarządzaniu ryzykiem i postępowaniu w sytuacji zagrożenia. Należy jednocześnie pamiętać, że zapobieganie powodziom nie powinno ograniczać się wyłącznie do przypadków częstych powodzi, lecz powinno również obejmować przypadki rzadkich wezbrań.

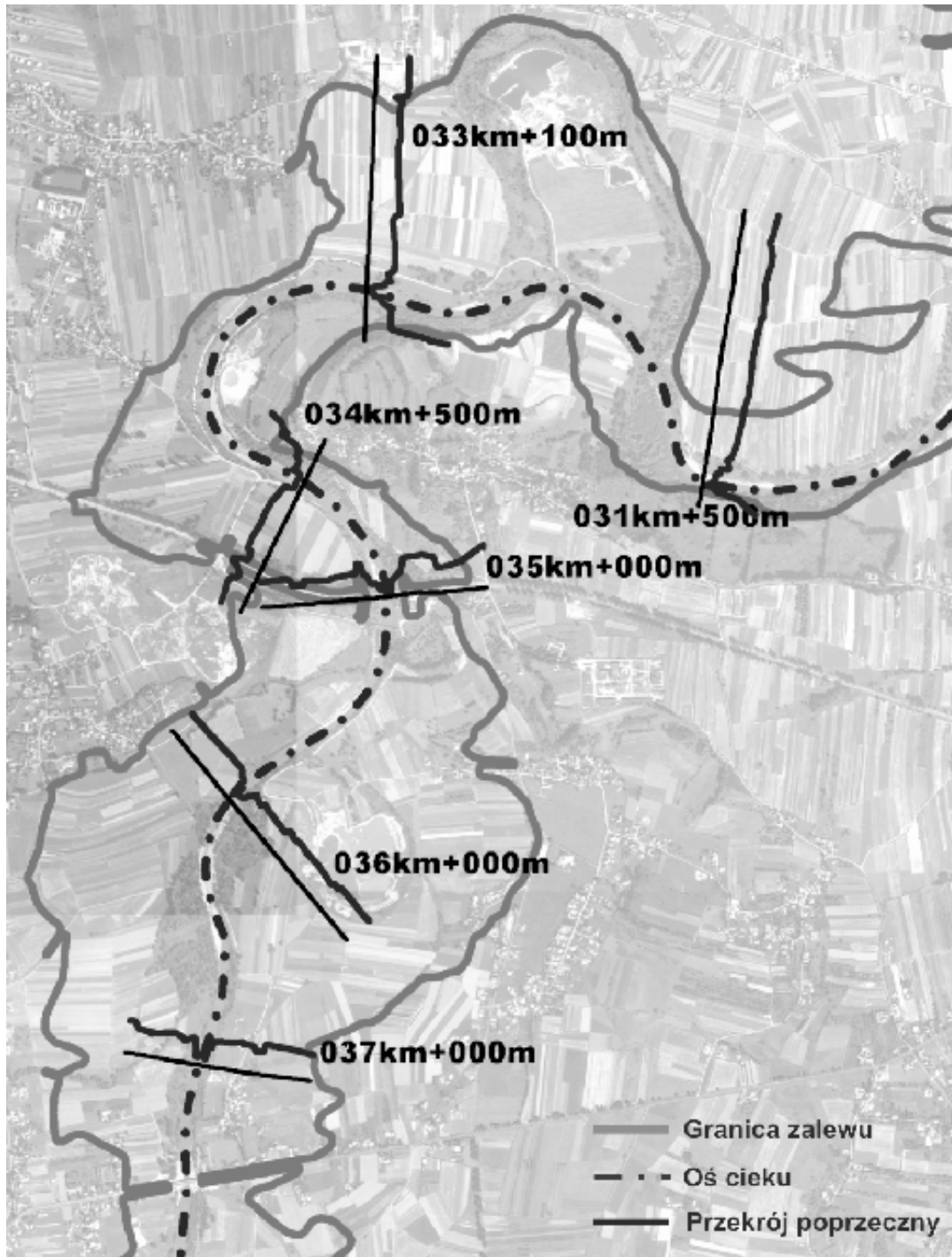
- Aby przywrócić naturalne obszary wylewania rzek, konieczne jest zwiększenie wysiłków ponadnarodowych.
  - **Sposób użytkowania przez człowieka obszarów zalewowych powinien być dostosowany do istniejących zagrożeń.** Dla wszystkich problemów związanych z zagrożeniem powodziowym należy opracować odpowiednie środki i działania.
  - **Uważa się, że bardziej skuteczne są działania minimalizujące skutki powodzi oraz rozwiązania niestrukturalne.** Należy ulepszyć długoterminowe, bardziej zrównoważone rozwiązania problemów gospodarki wodnej, zwłaszcza po to, aby zmniejszyć narażenie człowieka i jego dóbr materialnych na zagrożenie związane z wystąpieniem powodzi.
  - **Ważnym elementem pozostaną rozwiązania strukturalne (konstrukcje ochronne).** Ich główną rolą będzie zapewnienie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa człowieka oraz zabezpieczenie rzeczy wartościowych i majątku.
  - Każda osoba, która może ucierpieć w wyniku powodzi, powinna w miarę możliwości podjąć własne działania. W tym celu właściwe organy powinny stworzyć skuteczne systemy informacji, ostrzegania o powodzi oraz jej prognozowania.
  - **Niezbędne jest gromadzenie podstawowych informacji oraz nieustanne prowadzenie działań szkoleniowych.** Należy zaplanować i wprowadzić w życie na wszystkich szczeblach: procedury przygotowania do alarmu powodziowego; procedury działań ratunkowych oraz środków bezpieczeństwa.
  - **Solidarność jest elementem niezbędnym. Nie można zrzucać odpowiedzialności za rozwiązanie problemów gospodarki wodnej w danym regionie na innych. Właściwa strategia składa się z trzech elementów: gromadzenia, magazynowania i odprowadzania wody.** Zapobieganie powodziom musi się również opierać na zasadzie zapobiegawczości.
  - Na obszarach zagrożonych zalaniem należy podjąć działania zapobiegawcze celem zmniejszenia możliwych, a niepożądanych oddziaływań (np. w postaci zanieczyszczenia wody i gleby) na system wodny i glebowy.
  - Stosownie do potrzeb i sytuacji należy wziąć pod uwagę przedstawione w tym dokumencie zalecenia, zwłaszcza te dotyczące:
    - **zintegrowanego podejścia zlewniowego,**
    - wiedzy społeczeństwa, udziału społeczeństwa i ubezpieczenia,
    - badań, edukacji i wymiany wiedzy,
    - **retencji wody i rozwiązań niestrukturalnych,**
    - **użytkowania terenów, podziału na strefy i oceny ryzyka,**
    - rozwiązań strukturalnych,
    - **stanu zagrożenia powodziowego,**
    - zapobieganiu zanieczyszczeniu.
- Czcionką wytłuszczoną zaznaczono te kategorie działań, które w szczególny sposób opierają swe szczegółowe rozwiązania na informacji terenowej. Zasady realizacji tych rozwiązań wymagają:
- z jednej strony odpowiedzialnego określenia poziomu zagrożenia powodziowego i jego skutków, a w rezultacie ryzyka powodziowego,
  - z drugiej strony, społecznie, ekonomicznie i przyrodniczo uzasadnionego zarządzania ryzykiem powodziowym.

Te dwa wymagania determinują inne, niż dotychczas stosowane w naszym kraju, podejście do zarządzania danymi o terenie. Należy w tym miejscu podkreślić, że dotyczy to baz danych geodezyjnych oraz tematycznych – pozyskiwanych, przetwarzanych i gromadzonych przez instytucje branży wodnej. **Na południu Polski, a zwłaszcza w obszarze dorzecza górnej Wisły jest to problem priorytetowy. Tutaj bowiem zagrożenie powodziowe ciągle pozostaje barierą rozwoju.**

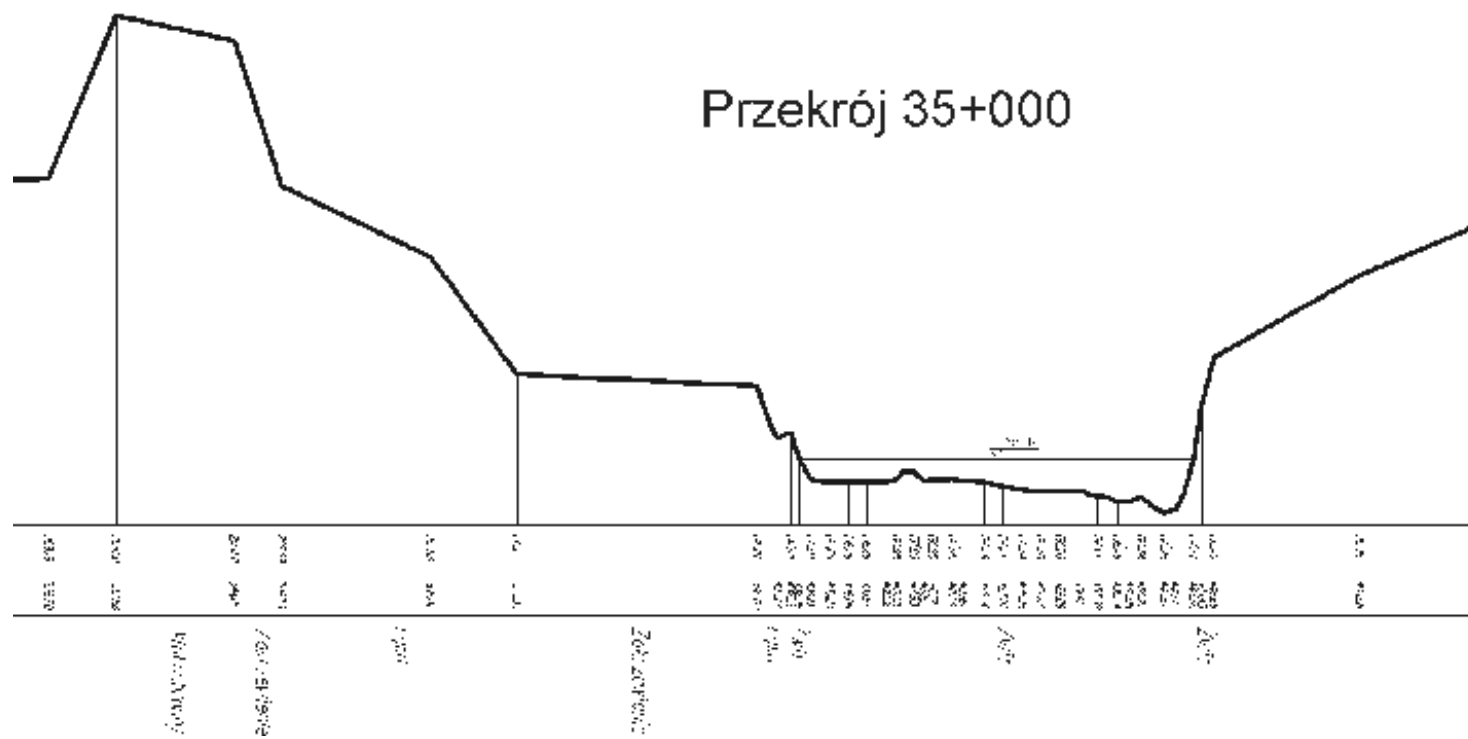
Pierwszy wymóg ma charakter podstawowy i obligatoryjny, a zatem w pierwszej kolejności musi być poddany procesowi standaryzacji. Jego rezultat jest powszechnie określany w Prawie wodnym (Ustawa Prawo wodne, 2001) mianem map zagrożenia powodziowego, zaś dojście do niego nosi nazwę studium zagrożenia powodziowego. Jednakże jest to zaledwie pierwsza część rozwiązania w tym zakresie (Nachlik E. i inni, 2000). Mapa jest bazą dla oceny skutków zagrożenia powodziowego w kategoriach ekonomicznych i społecznych, a następnie dla zarządzania ryzykiem powodziowym, którego podstawę stanowi zarządzanie planowaniem zagospodarowania przestrzennego w obszarach zagrożonych powodzią. Obrazy te z kolei są ściśle związane bądź stanowią element projektowania systemu ochrony przed powodzią w układzie zlewniowym ściśle związanym z układem administracyjnym (zarządczym w zakresie planowania rozwoju). W ten sposób dochodzimy do spełnienia drugiego wymogu.

Jednakże pierwszym wyzwaniem jest dla nas dopracowanie i przestrzeganie standardów w zakresie budowy map zagrożenia powodziowego oraz określania ich skutków w kategoriach ekonomicznych, społecznych i przyrodniczych. Na rysunku 2 przedstawiono fragment mapy zalewu powodziowego, wywołanego wodą stuletnią (w polskich kategoriach hydrologicznych: przepływem wysokim o prawdopodobieństwie przewyższenia 1%). Zasięg zalewu dotyczy fragmentu doliny Raby i dla zobrazowania omawianego problemu został przedstawiony na tle ortofotomapy.

Problem ten w pierwszej kolejności dotyka powiązania numerycznego modelu terenu z liniowym modelem układu zwierciadła wody na długości rzeki, określonego na podstawie pomiarowych poprzecznych przekrojów tego cieku. Dodatkowo obejmuje powiązanie przestrzennego układu zabudowy hydrotechnicznej, mostowej i drogowej w obrębie zalewu z jego zasięgiem. Mamy zatem do czynienia z różnymi wymiarami informacji, różnymi skalami informacji (patrz rysunek 3 – fragment przekroju poprzecznego) oraz z problemem dokładności informacji, a także metodami jej interpolacji i ekstrapolacji. Zagadnienie ulega poszerzeniu jeśli w tym obszarze występują budowle ochronne (np. wały przeciwpowodziowe, polдеры retencjonujące okresowo wody powodziowe) ograniczające częściowo zasięg zalewu. W drugiej kolejności problem dotyczy powiązania zasięgu zalewu oraz jego struktury pionowej (głębokości zalewu) z rodzajem użytkowania terenu, wartością produkcji rolnej i przemysłowej, liczbą mieszkańców, rodzajem, przeznaczeniem oraz charakterystykami ilościowymi trwałej zabudowy oraz wartością majątku związanego z tą zabudową i majątkiem indywidualnym mieszkańców – dla oceny ryzyka powodziowego.



Rys. 2. Przestrzenny zasięg zalewu wodą stuletnią rzeki Raby wyznaczony na ortofotomapie podstawie przekrojów poprzecznych doliny Raby



Rys. 3. Fragment przekroju poprzecznego doliny rzeki Raby w kilometrze 35



## Zamiast podsumowania

W podstawowych założeniach inicjatywy INSPIRE jako pierwsze sformułowano wskazanie, że dane powinny być pozyskiwane i gromadzone raz oraz utrzymywane na poziomie zapewniającym ich najwyższą efektywność. W omawianym zakresie zagadnień zapis ten odnosi się nie tylko do standaryzacji metod wykorzystania danych terenowych, ale przede wszystkim do odpowiedzialności za daną w procesie jej wykorzystania. Ta odpowiedzialność dotyczy podziału kompetencji pomiędzy instytucjami w zakresie zasad weryfikacji informacji oraz jej bieżącej aktualizacji i udostępniania.

W naszym przekonaniu jest to problem wielobranżowy, którego poprawne rozwiązanie warunkuje właściwą realizację wszystkich innych działań na polu integracji danych terenowych w układzie przestrzennym dla rozwiązywania złożonych problemów gospodarki wodnej.

### Literatura

- Buczek A. i inni, 2004: Materiały szkoleniowe zadania C3 w projekcie B.1.1.2. Ośrodki Koordynacyjno-Informacyjne Ochrony Przeciwpowodziowej (OKI) w Krakowie, we Wrocławiu i Gliwicach, Projekt Likwidacji Skutków Powodzi, World Bank, Kraków.
- Dyrektorzy Wodni UE, 2003: Wytoczne dotyczące zapobiegania powodziom, zabezpieczania przed nimi oraz minimalizowania ich skutków. Ateny.
- Dyrektywa nr 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady – RDW UE z 23 października 2000.
- European Environmental Agency, 2001: Sustainable Water Use in Europe. Part 3: Exstreme hydrological events: floods and droughts. Report No 21, Copenhagen.
- Komisja Europejska, 2004: III. Raport na temat spójności gospodarczej i społecznej UE.
- Komisja Europejska, 2005: Flood Prevention/Flood protection: Measures and Funding Tools within the EU Community Policies. Materiał roboczy.
- Małopolski Urząd Marszałkowski, 2005: Założenia do Strategii Rozwoju Małopolski do 2015 roku.
- Nachlik E. i inni, 2004: Materiały szkoleniowe zadania C3 w projekcie B.1.1.2. Ośrodki Koordynacyjno-Informacyjne Ochrony Przeciwpowodziowej (OKI) w Krakowie, we Wrocławiu i Gliwicach, Projekt Likwidacji Skutków Powodzi, World Bank.
- Nachlik E., Kostecki S., Gądek W., Stochmal R., 2000: Strefy zagrożenia powodziowego, Biuro Koordynacji Banku Światowego we Wrocławiu.
- Rada Ministrów RP, 2005: Wstępny projekt Narodowego Planu Rozwoju na lata 2007–2013.
- Ustawa Prawo wodne z 18 lipca 2001 (Dz.U. Nr 115, poz. 1229 wraz z późniejszymi zmianami).

### Summary

*The objective of this paper is to show the role of spatial terrain data in planning solutions of problems in the area of water resources management as well as the identification of main methodical and technical problems accompanying the planning process. Basing in the first place on the rules used in water resources management in connection with regional policy of socio-economic development, we have defined:*

- Spatial scales – levels of analysis of subjects in defining problems within the framework of water management (regional, basin and local) and their reference to terrain data bases*
- Subjects selected for further analysis in order to formulate some particular problems on junction of water resources management and application of terrain data bases for planning water management undertakings.*

*Subjects which are the aim of analysis concentrate on problems dealing with flood protection, where looking for effective solutions is strongly connected with spatial terrain data base, differentiated both thematically and with respect to accuracy level. The following two subjects have been selected:*

– *Formation of river space for safe flood water outflow in conformity with environmental requirements*

– *Retention of rainfall in a catchment in order to reduce flood discharge into the river.*

*The element connecting both the above mentioned subjects at the stage of formulation of technical solutions, is determination of flood hazard level and assessment of possibility of its limitation. This analysis is based on the data base collecting terrain data and information about its development. Problems arise from spatial interpretation of the range of flood hazard. It results from the fact that the initial information is not complete and that combination of the two subjects is in different dimensions. Relation: type of data – accuracy of data – analysis of results and their interpretation was performed on example of flood hazard assessment. We identified main methodical and technical problems. We also referred to the role of some additional information coming both from another source and concerning another form of geodesic data presentation as, for example, the use of ortophotomaps in particular analyses and assessments.*

prof. dr hab. Elżbieta Nachlik  
enachlik@smok.wis.pk.edu.pl  
elzbieta.nachlik@iigw.pl

mgr inż. Agnieszka Buczek  
agab@opgk.krakow.pl

dr inż. Stanisław Mazoń  
smazone@smak.wis.pk.edu.pl