

**Małgorzata Gutry-Korycka\***

## PODSUMOWANIE/Summarize

### Cel 2.2 WEZBRANIA I NIŻÓWKI W RÓŻNYCH REGIONACH POLSKI W WARUNKACH RZECZYWISTYCH I W PERSPEKTYWIE GLOBALNEGO OCIEPLANIA KLIMATU

Hipotezy badawcze postawione na wstępie celu 2.2 sprowadzały się do uzyskania odpowiedzi na następujące pytania :

- Czy, w jakim tempie i kierunku globalne ocieplenie klimatu wpłynie na uzyskanie warunków brzegowych systemów hydrologicznych reprezentujących różne regiony fizycznogeograficzne kraju?
- Jakie będą konsekwencje hydrologiczne wynikające ze zmian okresów suszy i oraz wzrostu natężenia opadów atmosferycznych i temperatury powietrza?
- Czy jest możliwe uchwycenie wystąpienia tendencji (wzrostowej lub niżkowej) wynikającej z grupowania się lat z wysokimi przepływami rzek, czy też lat suchych z głębokimi niżówkami i jakie są tego konsekwencje dla rzek?

Ich osiągnięcie wymagało podejścia zintegrowanego za pomocą zastosowania odmiennych metod i modeli matematycznych z kategorii probabilistycznych i deterministycznych. Parametryzacja, specyfikacja i weryfikacja metod obliczeniowych i modeli były przeprowadzone w różnych skalach czasowych i układach fizycznogeograficznych zlewni. Większość zadań badawczych zmierzało do oceny wielkości przekroczenia lub nieosiągnięcia ekstremalnych wartości hydrologicznych w zakresie niskich prawdopodobieństw  $p=1\%$ ,  $p=0,1\%$  oraz  $p=0,01\%$  estymowanych na podstawie różnej długości jednorodnych ciągów czasowych liczących co najmniej 30 lat, jednak nie dłuższych niż 100 lat.

W powyższym celu zdefiniowano miarę oceny ryzyka wystąpienia najwyższych wezbrań wybranych rzek uznanych za najwyższe w porównaniu ze zwykłymi zdarzeniami na podstawie 36-letnich ciągów przepływów dobowych z 33 rzek. Rozwiązanie tego problemu było możliwe dzięki znormalizowaniu

---

\* e-mail: msgutryk@uw.edu.pl

sumowej krzywej czasów trwania przepływów wraz z wartościami wyższymi. Na ich podstawie odrzucono hipotezę, że zdarzenia ekstremalne (przepływy wywołujące powodzie) przebiegają z jednakową lub zbliżoną częstotliwością. Uzasadniono także regionalny wymiar tych krzywych w 5 odrębnych grupach: rzeki górskie, podgórskie, nizinne, jeziorne–młodogłacjalne i przymorskie. Na przełomie wieku, analizowane rzeki górskie i podgórskie osiągnęły większą częstość wezbrań najwyższych wywołanych letnimi opadami nawalnymi deszczu, natomiast wezbrania ekstremalne genetycznie mieszane roztopowo-opadowe są coraz częstsze i wyraźniejsze we wszystkich analizowanych rzekach.

Przeprowadzona estymacja czasu powtarzalności  $Q_{\max\text{pr}}$  rzek polskich wykazała podobieństwo tych czasów do wyników uzyskanych dla innych rzek europejskich (Dunaj, Ren, Moza, Vecht). Należy przypuszczać, że w wyniku globalnego ocieplenia klimatu rzeki polskie będą zachowywać się w warunkach ekstremalnych podobnie jak ww. rzeki dla których zostały zastosowane scenariusze zmian globalnych klimatu; wykażą zatem kilkakrotne zmniejszenie czasu powtarzalności wezbrań, z jednoczesnym kilkunastoprocentowym zwiększeniem ich wartości.

**Zadaniem drugim – nadrzędnym** było uzyskanie długookresowej sięgającej 2100 roku prognozy zachowania się rzek pod wpływem założonego a priori globalnego ocieplenia klimatu. Zdecydowana większość zagadnień dotyczyła jednak oceny zjawisk w warunkach rzeczywistych w jakich rzeki osiągały przepływy najwyższe lub najniższe. Ten cel został osiągnięty w wyniku połączenia globalnego modelu klimatu *GCMs* (Globalne Modele Cyrkulacji) *ECHAM4* z hydrologicznym modelem fizycznym *MIKE SHE* (wersja z 2004r) zlewni o parametrach przestrzennie rozłożonych. Na podstawie wymienionego modelu globalnego *GCMs*, uwzględniającego scenariusz zrównoważonego rozwoju ekonomicznego *SRES1b* (warunek stabilizacji koncentracji  $\text{CO}_2$  na poziomie 720 ppm) wygenerowano najwyższe opady dobowe w 5-ciu wybranych zlewniach polskich reprezentujących odmienne warunki klimatu, wynikające z położenia geograficznego, rzeźby i pokrycia terenu oraz różnej powierzchni dorzecza. Szeregi czasowe opadów nawalnych stanowiły wejście do modelu ich transformacji w odpływ wezbraniowy w wybranych zlewniach: wysokogórskiej, górskiej, podgórskiej, nizinnej i młodogłacjalnej z jeziorami.

W pierwszej fazie dokonano identyfikacji parametrów modelu fizycznego każdej zlewni uwzględniających rzeźbę, pokrycie terenu, litologię utworów powierzchniowych i strukturę hydrograficzną sieci rzecznej. Pole opadów nawalnych zostało opisane cyfrowo na podstawie wielu dostępnych posterunków pluwiograficznych. Po skalibrowaniu i zweryfikowaniu hydrologicznego modelu fizycznego przeprowadzono obliczenia transformacji opadów godzinowych/dobowych w symulację hydrogramu wezbrania w wyniku wymuszenia założonym impulsem opadowym  $\Sigma P_{p1\%}$ . Przyjęto założenie, że opady o prawdopodob-

bieństwie wystąpienia raz na 100 lat transformują się w odpływ o tym samym prawdopodobieństwie wystąpienia. Wyniki tego modelowania odpływu ze zlewni na podstawie sum dobowych opadów prawdopodobnych obliczonych z 45 lat 1956–2001 z kilkudziesięciu stacji potwierdzają wyraźny wpływ rzeźby, użytkowania i litologii na kształtowanie wezbrań (powodzi). Hydrogramy odpływu i  $Q_{\max}$  rzek karpaccich (Biała, Solinka) wyraźnie różnią się wielkością i kształtem od hydrogramów rzek podgórskich i nizinnych (Skory i Utraty). Wniosek powtarza się, zarówno na podstawie symulacji z danych historycznych, jak i też z wygenerowanych sum opadów o prawdopodobieństwie  $\Sigma P_{p1\%}$ . W wyniku globalnego ocieplenia jakie zakłada model globalny *ECHAM4* w latach 2046 – 2065 oraz 2081–2100 wygenerowane sumy opadów dobowych potwierdzają wysunięte hipotezy badawcze. Zgodnie z nimi w perspektywie 2080–2090 lat, wezbrania rzek karpaccich będą różne od kształtujących się w warunkach obecnie obserwowanych. Generowany impuls opadowy o prawdopodobieństwie przekroczenia  $\Sigma P_{dp1\%}$  będzie niższy o 20–30% w zlewniach młodogłacjalnych i nizinnych (Regi i Utraty), a nawet o 50% mniejszy w zlewni podgórskiej Skory. Doprowadzić to powinno do zmniejszenia odpływu wezbraniowego, zwłaszcza w zlewniach nizinnych. W pozostałych zlewniach karpaccich należy oczekiwać niższych sum opadów nawalnych w wieloleciu 2046–2065 w porównaniu z opadami w latach 2081–2100. Należy podkreślić, że rozdzielczość przestrzenna ( $1^\circ \times 1^\circ$ ) i czasowa (1 doba) modelu *ECHAM4* może powodować niedostateczny opis pola opadowego (komórek burzowych), które są częstą przyczyną lokalnych opadów nawalnych o ekstremalnie wysokich sumach i natężeniach. Estymacja czasów powtarzalności  $Q_{\max p}$  rzek polskich wykazała, że w wyniku globalnego ocieplenia temperatury powietrza i zmiany opadów nastąpi kilkakrotne zmniejszenie czasu powtarzalności wezbrań z jednoczesnym kilkunastoprocentowym zwiększeniem ich wartości prognozowanej.

**Zadanie trzecie dotyczące odpływu wiosennego rzek** sprowadzało się do oceny odpływu w okresie zimowym, od lutego do kwietnia, na podstawie 40 lat (1966–2006). Został skwantyfikowany wg kwantyla 95% z szeregu czasowego dobowych przepływów z 16 rzek nizinnych.

W celu zbadania zmian terminu rozpoczęcia odpływu roztopowego rzeki w każdym roku hydrologicznym wyznaczono dzień, do którego wystąpiło 50% rocznego odpływu. Analizie poddano również udział sumy odpływu półrocza zimowego w odpływie rocznym oraz maksymalny przepływ w półroczu zimowym. Zastosowano testy statystyczne określające ich kierunek i tempo zmian: korelacji rang Spearmana, Manna-Kendalla. Założenia testowe o normalności rozkładów i niezależności serii danych sprawdzono w programach *Hydrospect* oraz *Statistica*. Stwierdzono malejącą tendencję odpływu w okresie zimowym w większości analizowanych rzek, ale tylko w trzech przypadkach zmiany te są

statycznie istotne. Potwierdza to jeszcze mało wyraźny wpływ globalnego ocieplenia, zwłaszcza temperatury powietrza, na przyspieszenie tempa kształtowania odpływu roztopowego rzek.

**Zadanie czwarte** sprowadzało się do oceny wieloletniej zmienności suszy wg wskaźnika przyjętego przez Palmera w dziesięciu regionach fizycznogeograficznych kraju. Zbadano jego związek korelacyjny z przepływem rzek, w wybranych zlewniach nizinnych, pojeziernych i górskich. Analiza objęła półrocze letnie (od maja do października) w układzie wieloletnim. Badano zagrożenie regionów kraju suszą hydrologiczną w XX wieku. W ostatnich dwóch dekadach stwierdzono występowanie zwiększonej liczby miesięcy suchych we wszystkich analizowanych regionach fizycznogeograficznych, z wyłączeniem Pobrzeża Bałtyku oraz Pojezierzy Wschodniobałtyckich. Na wzrost suszy hydrologicznej rzek wskazuje niższa wartość wskaźnika Palmera, który zaznacza się w ostatniej dekadzie XX-tego wieku. Na dużym obszarze kraju wartości wskaźnika Palmera były niższe w wieloleciu 1991–2000 niż w okresie referencyjnym 1961–1990, co świadczy o pogłębianiu się susz hydrologicznych w wielu zlewniach. Trudno jednak na tym etapie badań jednoznacznie odpowiedzieć, czy jest to wpływ niższych opadów czy wzrost temperatury powietrza.

**Zadanie piąte** sprowadza się do oceny konsekwencji zmian retencji systemów hydrologicznych podpowierzchniowych i podziemnych powiązanych ze zdarzeniami ekstremalnymi w rzekach i tempie ich osiągnięcia.

Analizie poddano szeregi cotygodniowych stanów płytkich wód podziemnych w 40 latach 1960–2000 reprezentowanych przez 46 posterunków pomiarowych IMGW zlokalizowanych w różnych warunkach fizycznogeograficznych w 19 zlewniach.

W różnych regionach stwierdzono niesynchroniczne osiągnięcie przez wody podziemne maksymalnego i minimalnego położenia zwierciadła oraz czasu jego trwania w porach roku i w wieloleciach. Są one wyraźnie podporządkowane, nie tylko ustrojowi pluwialnemu, lecz wynikają z różnic regionalnych cech fizycznych zlewni: górskich, nizinnych, przymorskich oraz młodoglacjalnych z jeziorami.

W analizowanym 40-leciu nie zostały potwierdzone przez wody podziemne żadne tendencje do zmian. Horyzonty wodonośne w obszarach nizinnych i pojeziernych wykazują największe podobieństwo rytmu wahań w czasie osiągania maksymalnego stanu rocznego. Występowanie stanów niskich uzyskuje horyzont wodonośny zależnie od warunków lokalnych, ale wynika często z małej zmienności położenia lustra wody podziemnej. Sezonowe położenie stanów ekstremalnych retencji podziemnej nie wykazuje wyraźnych i jednokierunkowych tendencji.

Stany ekstremalne wód podziemnych i rzek uzyskują najwyższą korelację w górnych odcinkach dolin rzek górskich. Stwierdzono również istotną statystycznie zgodność kierunku zmian stanów wody w obszarach dolinnych zlewni pojeziernych, jednak opóźnienie w reakcji na wzrost stanów ekstremalnych rzek i jezior jest co najmniej jednorodniowe. Czas trwania stanów wysokich i niskich wód podziemnych ma charakter cykliczny i odpowiada okresom wzmożonego zasilania opadowego. Jednak analiza sezonowych stanów ekstremalnych wód podziemnych w analizowanych regionach nie wykazała istotnych tendencji zmian retencji potamicznych wód podziemnych.

**Zadanie szóste** zmierzało do oceny zaobserwowanego w ostatnich 2–3 dziesięcioleciach stopniowego wzrostu częstości wezbrań najwyższych (powodziowych), jego tempo ma wyraźne uwarunkowanie regionalne lub nawet lokalne.

Większe ich nasilenie występowało w okresie przełomu i początkowych latach XXI wieku, jednak im bliżej lat ostatnich ich częstość maleje, ma charakter lokalny lub regionalny wymuszany strukturą i intensywnością pola opadowego. Lokalne krótkotrwałe wezbrania powstające w wyniku deszczy nawalnych występujących, nie tylko latem, lecz także wiosną wzmagają tempo roztopów. Wydaje się jednak, że przyjęty w modelu *GCMs* okres referencyjny obejmujący 30-lecie 1960–1990 jest zbyt krótki do postawienia adekwatnej prognozy ze względu na znaczną niestacjonarność procesów klimatycznych, malejący wpływ na zmiany i zaniżenia częstości występowania najwyższych wartości przepływu osiągniętych przez polskie rzeki.

Proces regionalizacji zlewni, która nie zawsze stanowi spójny pod względem cech fizycznogeograficznych i warunków genezy wezbrań, może posłużyć do ustalenia regionalnych krzywych prawdopodobieństwa przekroczenia maksymalnych przepływów rocznych przez rzeki. Metodą analizy skupień pogrupowano zlewnie w dwa główne regiony – rzeki górskie oraz rzeki nizinne i pojeziernie. Analiza probabilistyczna wykazała, że prawidłowa regionalizacja zlewni powinna wynikać z połączenia cech fizycznogeograficznych z parametrami wezbrań ekstremalnych. Otrzymane wyniki potwierdzają, że w zlewniach górskich nadal bardziej prawdopodobne będą wezbrania/powodzie, ale czas ich powtarzalności ulegnie zwiększeniu. Najczęściej zarysowuje się w rzekach górskich tendencja, że woda stuletnia jest w nich kilkukrotnie wyższa niż rzek nizinnych, czy pojeziernych. Ustalenie, uzasadnionych statystycznie, regionalnych krzywych prawdopodobieństwa przekroczenia przepływów najwyższych pozwala na ekstrapolację przestrzenną wezbrań w zlewniach niekontrolowanych i na przenoszenie charakterystyk hydrologicznych dotyczących zjawisk ekstremalnych do zlewni zlokalizowanych w tym samym regionie. Na podstawie cech fizycznogeograficznych zlewni można zatem w przybliżeniu estymować na

podstawie przyjętego kryterium, maksymalny przepływ o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia. Taka metoda umożliwi również ocenę wezbrań prawdopodobnych rzek, posiadających zbyt krótkie ciągi pomiarowe przepływów gdyż agregacja danych z wielu sąsiadujących zlewni o podobnych cechach fizycznych pozwala na zwiększenie ciągu danych. Zastosowana metoda oceny pośredniej przepływu maksymalnego prawdopodobnego rzeki wykorzystuje wyraźne podobieństwo regionalne, zależne od rytmu zmian cech fizycznogeograficznych zlewni.

**Cel 5.7.2 „ZBADANIE PRAWIDŁOWOŚCI PRZEBIEGU  
ZDARZEŃ EKSTREMALNYCH W OBSZARACH MIAST  
(Na przykładzie Wisły w Warszawie)”**

Postawiony cel 5.7.2 złożony z kilku zadań badawczych (w większości wcześniej opublikowanych)\* uwzględni ocenę relacji wód wielkich do obszarów gęstej zabudowy miejskiej, realizowane na wybranych przykładach. Plan badawczy sformułowany w 2003r wskazywał na większy zakres tematyczny, który został zawężony (odrzucono przyczynę niżówek), a skoncentrowano się wyłącznie na ekstremalnych wezbraniach i ich konsekwencjach.

Jak wynika z zapisów historycznych, powodzie katastralne Wisły w Warszawie występowały często. Zachowały się o nich relacje, w których opisywano zasięg obejmujący niższe tarasy nadzalewowe rzeki. Dzięki możliwościom numerycznym (GIS) i zastosowaniu matematycznych modeli hydrodynamicznych podjęto próbę ich odtworzenia za pomocą symulacji.

Obecnie, znaczna część dzielnic miasta jest zlokalizowana w strefie zagrożenia powodziowego. Przepływ wód wielkich przez te obszary komplikuje istnienie uwarunkowanego geologicznie zwężenia przekroju doliny rzecznej, dodatkowo zmniejszonego powstałymi u schyłku XIX w. i w XX w. budowlami hydrotechnicznymi, takimi jak ostrogi i wały przeciwpowodziowe.

**W pierwszym zadaniu** badawczym zajęto się wyznaczeniem zasięgu stref zalewowych Wisły według scenariusza gwałtownego przerwania wałów przeciwpowodziowych w wytypowanych strefach. Do oceny zagrożeń wykorzystano hydrodynamiczny model jednowymiarowy *HEC-RAS*, przyjmując dwa przepływy wód wielkich,  $Q_{p0.1\%} = 9960 \text{ m}^3/\text{s}$  (obliczony z ciągu wartości maksymalnych rocznych 1921–2000) oraz  $Q_{p1\%} = 7214 \text{ m}^3/\text{s}$  (lata 1921–1997).

Wybrano obszary zagrożenia doliny: Wilanów (km 495–511), Saska Kępa (km 501,5–512) i Łomianki (km 525,7–542). Wykorzystano do obliczeń cyfrowy model terenu (DTM) o rozdzielczości 20x20 m, który powstał z kompilacji danych pochodzących z:

\* Spis artykułów zawarto na końcu rozdziału.

- sondowanie koryta rzeki;
- fotogrametrycznego modelu międzywała rzeki;
- rzędnych korony wałów przeciwpowodziowych;
- numerycznego modelu rzeźby doliny.

Do symulacji awarii wałów wykorzystano dwuwymiarowy model hydrodynamiczny nieustalonego przepływu szybkozmiennego (Szydłowski 2006), oparty na równaniu płytkiej fali, z rozwiązaniem schematem Roe i metodą skończonych objętości. Algorytm programu został przetestowany na danych opisujących propagację fali wezbraniowej wywoływanej awarią zapory hydrotechnicznej i dla warunków przepływu w obszarach zurbanizowanych.

Uzyskany obraz ilustrujący zasięg przestrzenny zalewu doliny porównano z wynikami modelu jednowymiarowego *HEC-RAS*. Jak z porównania wynika, model 1D oddaje przybliżony zasięg strefy zalewowej, nie uwzględnia jednak lokalnych obniżień terenu, np. starorzeczy, które w dolinie spełniają rolę retencyjną. Model hydrodynamiczny 2D zatem lepiej odwzorowuje ukształtowanie rzeźby doliny i zalewu uwzględniając, przez równanie ciągłości, efekty retencjonowania wody.

**W drugim zadaniu badawczym** oceniono wielkość strat wywołanych przez przerwanie wałów spowodowane przez wielką wodę o prawdopodobieństwie  $Q_{p1\%}$  rozlewająca się na obszar zurbanizowany. Dominującą głębokością zatopienia doliny jest wartość 0,5–1 m. Powierzchnia zatopionych budynków do tej głębokości w obszarze gęstej zabudowy na Saskiej Kępie wynosi 36 ha, w strefie podmiejskiej Łomianek jest o połowę mniejsza 18 ha. Uzyskane wyniki modelowania pozwoliły wskazać miejsca zagrożone przez powódź dla lokalizacji zabudowy, gdzie głębokość zatopienia może być  $\geq 2$  m. Szczególną uwagę należy zwrócić na obszar Wilanowa, Czerniakowa (Sadyba, Sielce), gdzie wkracza gęsta zabudowa miejska, często bez uwzględnienia ryzyka jakim jest lokalizacja inwestycji na obszarze zalewowym w jego najniższych częściach.

**W trzecim zadaniu badawczym** podjęto próbę rekonstrukcji zalewów historycznych, przejścia przez miasto wód wielkich w warunkach rzeki naturalnej i uregulowanej. Uwzględniono w tym wpływ zarastania drzewami i wysoką roślinnością obszaru międzywała. Jako narzędzie badawcze zastosowano model *CCHE2D* wykorzystujący uśrednione w pionie równania hydrodynamiczne Naviera-Stokesa. Rozwiązanie dostarcza danych o prędkości średniej w pionach i rzędnej powierzchni lustra wody, a także parametrach pośrednich, takich jak: naprężenie styczne, liczba Froude'a i przepływ jednostkowy. W modelu do rozwiązania równań zastosowano zmodyfikowaną metodę elementów skończonych, wykorzystujących technikę komórek kontrolnych. Symulacja objęto dolinę rzeki i tarasy nadzalewowe o długości 50 km (501–551) biegu rzeki. Model rzeźby terenu doliny i tarasów o rozdzielczości 20 m został numerycznie połączony z modelem *CCHE2D*, Jako górny warunek brzegowy przyjęto przepływ ustalony

o prawdopodobieństwie  $Q_{p0,1\%}$ , zaś dolny warunek brzegowy pozostawiono jako otwarty.

**W czwartym i piątym zadaniu** ustalono wpływ prac porządkowych w międzywalu na kształtowanie rzędnych wód wielkich wykonano symulację wg scenariusza rzeczywistego zarośnięcia roślinnością oraz wg scenariusza zakładającego wycinkę lasu łęgowego między 509–519 km biegu rzeki na prawym brzegu. Symulowane zmiany szorstkości wpłynęły na obniżenie wygenerowanych rzędnych poziomu lustra wód wielkich w profilu podłużnym w wyniku wycinki drzew przy przepływie z 1997 r.,  $Q_{p1\%}$ ,  $Q_{p0,1\%}$ . Największe obniżenie o 0,56 m rzędnej poziomu wielkiej wody wystąpiło przy przepływie  $Q_{p0,1\%}$  na 510 km rzeki. Jest to bardzo wrażliwa strefa doliny ze względu na niebezpieczeństwo pęknięcia wałów lub przelania się przez nie wody na lewym brzegu w Czerniakowie.

Podsumowując realizację celu 5.7.2 można stwierdzić, że rozwój miasta od końca XIX w. do lat 60. XX w. doprowadził do ogromnego zwężenia koryta i równin zalewowych rzeki. W wyniku znacznej koncentracji nurtu przez budowle regulacyjne (co czynią ostrogi) nastąpiło niewielkie ( $\approx 2$  m) obniżenie dna koryta rzeki, jednak bardzo niekorzystnie układa się zwężenie rozstawu wałów przeciwpowodziowych. Dla przejścia wód wielkich to właśnie wały przeciwpowodziowe są ograniczeniem, a powierzchnie przekrojów poprzecznych międzywala wyznaczają rzędne poziomu wód wielkich rzeki. W południowej części miasta doszło do znacznych zmian położenia koryta rzeki, od zimowego do uregulowanego. Obecne wały przeciwpowodziowe na Czerniakowie i Saskiej Kępie odcięły dawne ramiona koryta rzeki i starorzeczca. Są to obecnie obszary silnie zurbanizowane, jednak nadal pozostają obszarami zalewowymi. Przeprowadzona rekonstrukcja największych powodzi letnich z roku 1635 i z 1844 daje wyobrażenie o zasięgu stref zalewowych w warunkach rzeki naturalnej. Obecne zabezpieczenia przeciwpowodziowe dają ochronę miastu przed przejściem katastrofalnych wód wielkich, jednak przy planowaniu przestrzennym zagospodarowania dawnych równin zlewowch i międzywala należy nadal brać pod uwagę ryzyko powodzi. Monitorowanie tego problemu jest zdecydowanie zbyt słabe, a zabezpieczenia części aglomeracji warszawskiej jest stale mało efektywne.

Uzyskane wyniki studiów nad oceną ekstremalnych zdarzeń hydrologicznych i ich przyczyn klimatycznych, posiadają nie tylko wartość poznawczą, ale także metodyczną zapełniającą lukę w rozwiązywaniu zadań stojących przed współczesną hydrologią stosowaną.

Podsumowując, uzyskane wyniki podczas realizacji wymienionych celów pozwoliły odpowiedzieć na podstawowe pytania postawione we wniosku projektowym. Nowe hipotezy i możliwości aplikacyjne metod i modeli zastosowane w badaniach były dotąd mało znane w kraju, zaś upowszechnienie ich zalet



i możliwości jest cennym elementem poznawczym i właściwym narzędziem prognostycznym.

Ekstremalne zdarzenia hydrologiczne ujęte monograficznie pozostają stale aktualne. Wyrażam nadzieję, że poruszone przez nas zagadnienia znajdą swoje miejsce w dalszych opracowaniach zespołowych, wyjaśniających przyczyny i skutki zdarzeń ekstremalnych różnych elementów hydrologicznych.

W imieniu autorów  
Małgorzata Gutry-Korycka

Warszawa, czerwiec 2009 r.

## Literatura

- Gutry-Korycka M., Magnuszewski A., Suchożeberski J., Jaworski W., Marcinkowski M., Szydłowski M., 2006, *Numerical estimation of flood zones in the Vistula River valley*, Warsaw, Poland. [w:] *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006)*, IAHS Publ. 308, ss. 191–195.
- Gutry-Korycka M., Magnuszewski A., Szydłowski M., 2006, *Two dimensional modeling of the Vistula River valley in Warsaw*. Extreme hydrometeorological events in Poland and their impacts – European context, Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Warszawa-Sosnowiec, ss. 27–30.
- Gutry-Korycka M., Magnuszewski A., Szydłowski M., 2009, *Two dimensional modeling of the flood zones in the Vistula river valley in Warsaw*. *Geographica Polonica* vol. 82, No. 1 Spring 2009, 79–87.
- Magnuszewski A., Gutry-Korycka M., Szydłowski M., *Zastosowanie hydrodynamicznego modelu dwuwymiarowego do wyznaczania stref zalewowych w dolinie Wisły w Warszawie* [w:] Namysłowska Wilczyńska B. (red.), *Modelowanie Procesów Hydrologicznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. ss. 445–462.
- Szydłowski M., Magnuszewski A., 2007, *Free surface flow modeling in numerical estimation of flood risk zones: a case study*. *TASK Quarterly – Gdańsk* : TASK Publishing – Vol. 11, nr 4 , ss. 301–313.