

## **MOŻLIWOŚCI POPRAWY BILANSU WODNO-GOSPODARCZEGO ZLEWNI RZEKI MAŁEJ WEŁNY**

***Mariusz Sojka, Sadzide Murat-Błażejewska***

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

### **Wstęp**

Środkowa część dorzecza Warty charakteryzuje się najmniejszymi zasobami wodnymi spośród większych rzek w Polsce; średni z wielolecia odpływ jednostkowy wynosi około  $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Województwo wielkopolskie znajduje się w I i II strefie o największych potrzebach rozwoju małej retencji [KOWALCZAK 2001], z uwagi na dużą częstość występowania susz atmosferycznych i hydrologicznych. Dodatkowo zanieczyszczenie rzek stanowi barierę w wykorzystaniu wody dla celów bytowych i gospodarczych. W Wielkopolsce dominują rzeki o wodach nadmiernie zanieczyszczonych; na 125 rzek i kanałów objętych monitoringiem diagnostycznym w 247 przekrojach pomiarowo-kontrolnych, wody niezadowalającej i złej jakości (IV i V klasy czystości) występowały w 191 przekrojach, tj. około 77% [RAPORT 2005].

Powyższe argumenty potwierdzają potrzebę prowadzenia kompleksowych badań w zlewniach rzecznych, których celem powinno być wskazanie optymalnych kierunków gospodarowania zasobami wodnymi, aby zwiększyć je pod względem ilościowym i poprawić jakość wód. Rozpoznanie aktualnych i perspektywicznych bilansów wodno-gospodarczych zlewni, a następnie właściwe sterowanie zasobami wodnymi, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, może w istotny sposób wpłynąć na zaspokojenie narastających potrzeb.

### **Materiały i metody**

Celem pracy było sporządzenie bilansu wodno-gospodarczego zlewni nizinnej oraz ocena możliwości poprawy tego bilansu poprzez sterowanie piętrzeniami na przykładzie zlewni rzeki Małej Wełny. W pracy wykorzystano wyniki badań i obserwacji terenowych, prowadzonych w zlewni tej rzeki w latach hydrologicznych 2002-2004. Obliczenia symulacyjno-optymalizacyjne, wykonane za pomocą własnego modelu sieciowego, miały udzielić odpowiedzi na pytania: · w jaki sposób racjonalna eksploatacja urządzeń hydrotechnicznych (jazów i zastawek) wpływa na kształtowanie zasobów wodnych zlewni i gwarancję pokrycia potrzeb użytkowników wód? · czy możliwy jest dalszy pobór wody z rzeki bez negatywnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze (zachowanie przepływów nienaruszalnych) i gwarancję pokrycia potrzeb innych użytkowników?

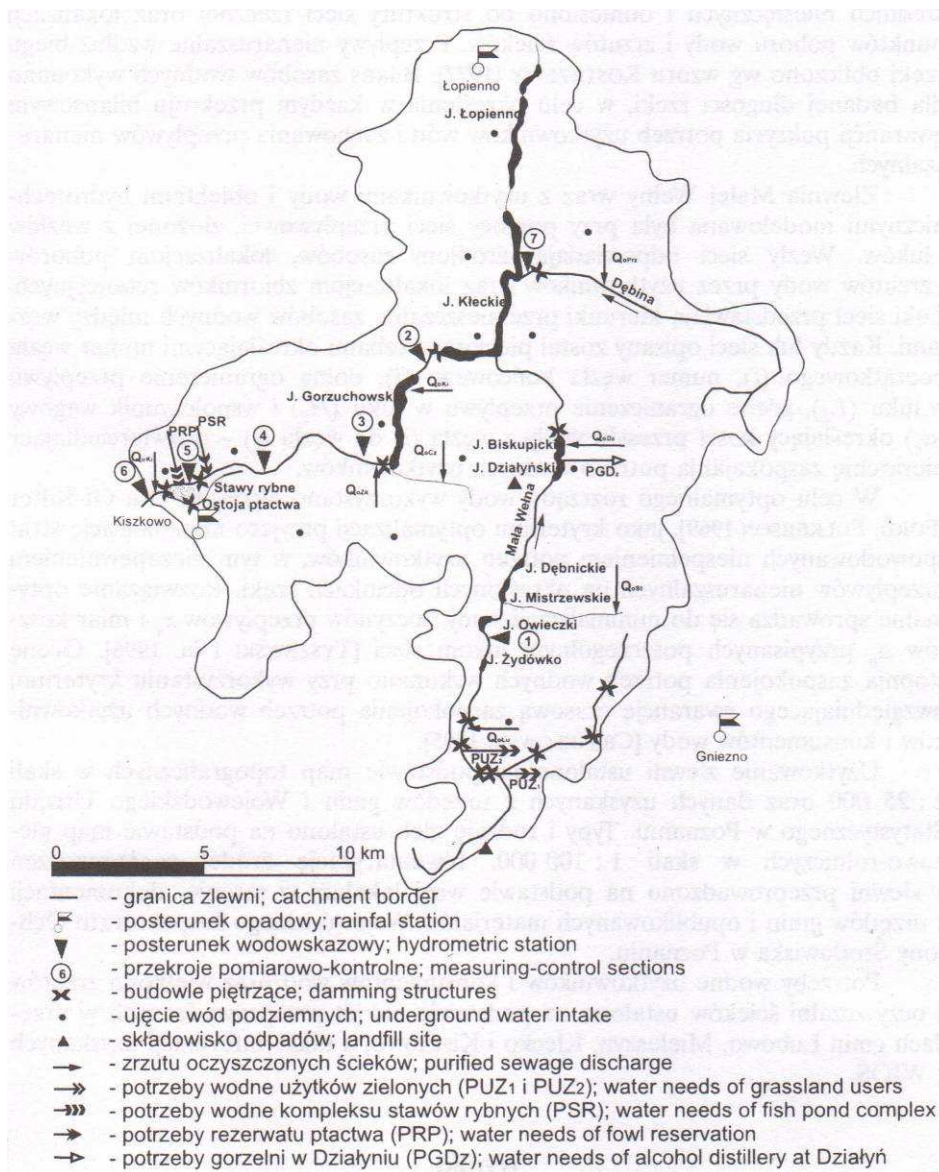
Zlewnia rzeki Małej Wełny położona jest w środkowej części Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej w makroregionie Pojezierze Wielkopolskie, mezoregionie Pojezierze Gnieźnieńskie [KONDRACKI 2000]. Pole powierzchni zlewni do przekroju Kiszkowo wynosi 342 km<sup>2</sup>. Od źródła położonego na wysokości 119 m n.p.m. do przekroju zamykającego badany obszar na wysokości 92,5 m n.p.m., rzeka pokonuje 46,6 km; daje to średni spadek podłużny rzeki 0,57‰. Mała Wełna przepływa przez 8 jezior o sumarycznej powierzchni wody 392,8 ha i kompleks stawów rybnych o powierzchni 235 ha. Zlewnia rzeki Małej Wełny jest zlewnią rolniczą. Użytki rolne stanowią 82,7% (grunty orne – 75,2%, użytki zielone – 7,2%), lasy – 6,0%, sady – 0,3% i nieużytki – 9,0%.

Na terenie zlewni rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo położone są gminy: Łubowo, Kłecko, Mieleszyn i Kiszkowo, które zamieszkiwane są przez 22,4 tys. osób, co daje gęstość zaludnienia około 48 osób·km<sup>-2</sup>. Wszystkie gminy są prawie w pełni zwodociągowane, natomiast gospodarka ściekowa oparta jest głównie na zbiornikach bezodpływowych. Przez sieć kanalizacyjną obsługiwanych jest od około 8,4% ludności w gminie Mieleszyn i około 56,8% ludności w gminie Kłecko. Na omawianym obszarze znajduje się osiem oczyszczalni ścieków o sumarycznej przepustowości około 2000 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Z analizy zebranych materiałów dotyczących gospodarki wodnej zlewni wynika, że głównymi użytkownikami wpływającymi w istotny sposób na ilość wody dyspozycyjnej w profilu podłużnym rzeki są: użytki zielone nawadniane podsiąkowo, stawy rybne i rezerwat ptactwa w Kiszkanie.

Charakterystykę warunków meteorologicznych pod względem opadów atmosferycznych, wykonano na podstawie pomiarów z własnego posterunku opadowego w Kiszkanie na tle danych z wielolecia 1989-1999 ze stacji IMGW w Gnieźnie. Do scharakteryzowania warunków termicznych wykorzystano dane (średnie dobowe temperatury powietrza) ze stacji Leśnego Zakładu Doświadczalnego Arboretum w Zielonce Akademii Rolniczej w Poznaniu.

Charakterystykę warunków hydrologicznych wykonano na podstawie codziennych pomiarów stanów wody i comiesięcznych pomiarów przepływów w przekroju zamykającym zlewnię w latach 2002-2004. Powyższe pomiary pozwoliły na opracowanie krzywej natężenia przepływów oraz obliczenie

przepływów codziennych i charakterystycznych. Wielkość przepływów wzdłuż biegu rzeki ustalono na podstawie comiesięcznych pomiarów przekrojów poprzecznych i prędkości przepływu w pięciu przekrojach pomiarowo-kontrolnych, usytuowanych wzdłuż biegu rzeki Mała Wełna i w przekroju zamykającym ciek Dębina (rys. 1). W okresie badań prowadzono też pomiary stanów wody z częstotliwością jeden raz w miesiącu na trzech jeziorach przepływowych: Owieczki, Kłęckie i Gorzuchowskie, a także na zastawkach piętrzących wodę do nawodnień podsiąkowych użytków zielonych i jazach umożliwiającym pobór wody z rzeki, w celu napełnienia i utrzymania normalnego poziomu piętrzenia w stawach rybnych i rezerwacie ptactwa wodnego.



Rys. 1. Zlewnia rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo  
 Fig. 1. The catchment of Mała Wełna river down to Kiszkowo

Bilans wodno-gospodarczy zlewni Małej Wełny wykonano zgodnie z „Metodyką jednolitych bilansów wodno-gospodarczych”, opracowaną przez HYDROPROJEKT [1992] w Warszawie. Obliczenia bilansowe przeprowadzono w ujęciu dynamicznym w celu odwzorowania aktualnych i perspektywicznych warunków gospodarowania wodą. Bilans wodno-gospodarczy sporządzono dla miesięcznych przedziałów czasowych. Ilościową ocenę zasobów wodnych wykonano dla przepływów średnich miesięcznych i odniesiono do struktury sieci rzecznej oraz lokalizacji punktów poboru wody i zrzutów ścieków. Przepływy nienaruszalne wzdłuż biegu rzeki obliczono wg wzoru KOSTRZEWEY [1977]. Bilans zasobów wodnych wykonano dla badanej długości rzeki, w celu określenia w każdym przekroju bilansowym gwarancji pokrycia potrzeb użytkowników wód i zachowania przepływów nienaruszalnych.

Zlewnia Małej Wełny wraz z użytkownikami wody i obiektami hydrotechnicznymi modelowana była przy pomocy sieci przepływowej, złożonej z węzłów i łuków. Węzły sieci odpowiadają: źródłom zasobów, lokalizacjom poborów i zrzutów wody przez użytkowników oraz lokalizacjom zbiorników retencyjnych. Łuki sieci przedstawiają kierunki przemieszczania zasobów wodnych między węzłami. Każdy łuk sieci opisany został pięcioma liczbami określającymi numer węzła początkowego ( $i$ ), numer węzła końcowego ( $j$ ), dolne ograniczenie przepływu w łuku ( $L_{ij}$ ), górne ograniczenie przepływu w łuku ( $H_{ij}$ ) i współczynnik wagowy ( $\alpha_{ij}$ ) określający koszt przesyłu wody z węzła ( $i$ ) do węzła ( $j$ ) – odzwierciedlający hierarchię zaspokajania potrzeb wodnych użytkowników.

W celu optymalnego rozrzędu wody wykorzystano algorytm Out-Of-Kilter [FORD, FULKERSON 1969], jako kryterium optymalizacji przyjęto minimalizację strat spowodowanych niespełnieniem potrzeb użytkowników, w tym niezapewnieniem przepływów nienaruszalnych na określonych odcinkach rzeki. Rozwiązanie optymalne sprowadza się do minimalizacji sumy iloczynów przepływów  $x_{ij}$  i miar kosztów  $\alpha_{ij}$  przypisanych poszczególnym łukom sieci [TYSZEWSKI i in. 1996]. Ocenę stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych wykonano przy wykorzystaniu kryterium uwzględniającego gwarancję czasową zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników i konsumentów wody [CIEPIEŁOWSKI 1995].

Użytkowanie zlewni ustalono na podstawie map topograficznych w skali 1 : 25 000 oraz danych uzyskanych z urzędów gmin i Wojewódzkiego Urzędu Statystycznego w Poznaniu. Typy i rodzaje gleb ustalono na podstawie map glebowo-rolniczych w skali 1 : 100 000. Inwentaryzację źródeł zanieczyszczeń w zlewni przeprowadzono na podstawie wizji lokalnej w terenie, dokumentacji z urzędów gmin i opublikowanych materiałów Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu.

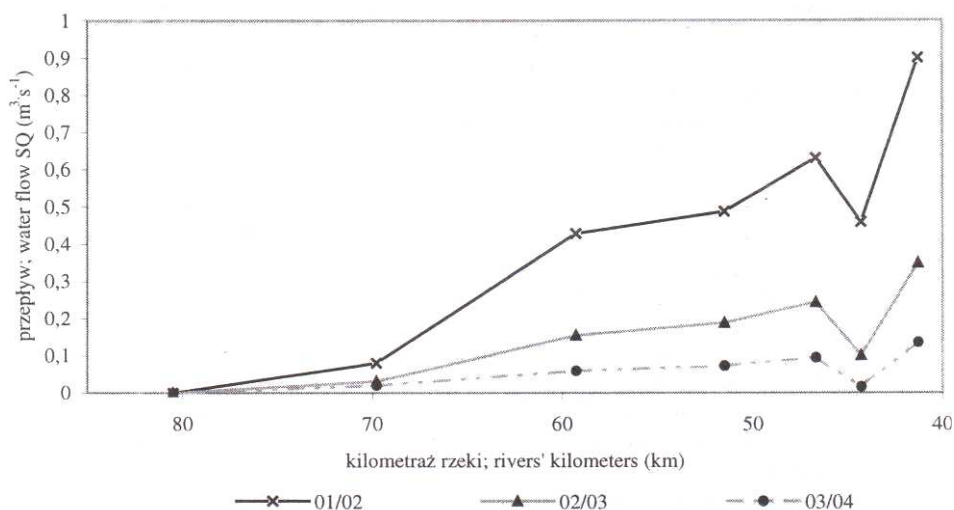
Potrzeby wodne użytkowników i konsumentów wód oraz wielkości zrzutów z oczyszczalni ścieków ustalono na podstawie ankiet przeprowadzonych w urzędach gmin Łubowo, Mieleszyn, Kłeco i Kiszkowo, a także informacji uzyskanych z WIOŚ.

## Wyniki

Analizę warunków meteorologicznych w zlewni w okresie badań wykonano na podstawie odchyleń półrocznych, rocznych oraz z okresu wegetacyjnego sum opadów atmosferycznych pomierzonych we własnym posterunku opadowym w Kiszkwie i średnich temperatur powietrza ze stacji LZD Arboretum w Zielonce, na tle pomiarów z wielolecia 1988/1989-1997/1998 ze stacji IMGW w Gnieźnie. W wieloleciu 1988/1989-2003/2004 średni roczny wskaźnik opadu nieskorygowanego wynosił 514 mm, w tym w półroczu zimowym 197 mm i letnim 317 mm. Średnia roczna temperatura powietrza wynosiła 8,5°C, w tym w półroczu letnim 14,7°C i zimowym 2,2°C. W okresie badań wystąpiły lata, które pod względem opadu wg KACZOROWSKIEJ [1964] zaliczono do wilgotnych, suchych i bardzo suchych. Rok hydrologiczny 2002 był wilgotny i ciepły. Suma rocznego opadu była wyższa od średniej z wielolecia o 82 mm, przy temperaturze wyższej o 0,8°C od średniej z wielolecia. W kolejnych latach badań notowano opady niższe od średniej z wielolecia, w roku 2003 o 169 mm - przy temperaturze 7,7°C (rok bardzo suchy i chłodny) i w roku 2004 o 68 mm - przy temperaturze równej 8,8°C (rok suchy i przeciętny). W zimowym i letnim półroczu hydrologicznym w roku 2002 zanotowano opady wyższe od średnich z wielolecia odpowiednio o 64 mm i 14 mm. W kolejnych półroczach sumy opadów były niższe od 17 do 113 mm od średnich z wielolecia. Okresy wegetacyjne przy temperaturach wyższych od średniej z wielolecia o od 0,1°C (w roku 2004) do 1,4°C (w roku 2002) były ubogie w opady atmosferyczne - wynosiły odpowiednio 257, 186 i 218 mm.

W latach hydrologicznych 2002-2004 w przekroju Kiszkwie przepływy dobowe Małej Wełny wahały się od 0,022 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> do 3,183 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, a średni roczny przepływ wynosił 0,460 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, w tym w półroczu zimowym 0,662 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i półroczu letnim 0,263 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Średni niski przepływ SNQ w okresie badań wynosił 0,078 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Zaobserwowano, że w roku wilgotnym (2002) i bardzo suchym (2003) charakterystyczne przepływy w półroczach zimowych były od około 1,5 do 4,4 razy wyższe niż w półroczach letnich. Na skutek retencjonowania wody w jeziorach oraz przez pobór wody do napełnienia kompleksu stawów rybnych w roku suchym (2004), średni przepływ z półrocza zimowego w przekroju Kiszkwie wynosił 0,079 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i był o około 2,4 razy niższy niż w półroczu letnim.

Zależności pomiędzy natężeniami przepływów w przekroju zamykającym zlewnię a w przekrojach pomiarowo-kontrolnych położonych powyżej były istotne na poziomie ufności  $\alpha = 0,05$  i można je było opisać równaniami regresji liniowej postaci:  $y = ax + b$ , co pozwoliło na wyznaczenie przepływów codziennych i charakterystycznych w tych przekrojach i sporządzenie profilu hydrologicznego rzeki (rys. 2).



Rys. 2. Profil hydrologiczny rzeki Mała Wełna  
 Fig. 2. Hydrological profile of Mała Wełna river

Bilans wodno-gospodarczy zlewni Małej Wełny obejmował ilościowe porównanie zasobów wód powierzchniowych z potrzebami użytkowników oraz kształtowanie i rozrząd tych wód z uwzględnieniem hierarchii zaspokajania potrzeb i wymagań środowiska przyrodniczego. Podstawowymi składnikami bilansu wód powierzchniowych były z jednej strony zasoby wodne, określone średnim miesięcznym natężeniem przepływu w przekrojach bilansowych, z drugiej strony - średnie miesięczne pobory i zrzuty wody.

Wody Małej Wełny nie są pobierane do celów komunalnych i przemysłowych. Zakłady produkcyjne i ludność z miejscowości położonych na terenie zlewni korzystają z ujęć wód podziemnych. Wyjątek stanowi gorzelnia w Działyniu, która zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym może pobierać około 50 tys. m<sup>3</sup>·rok<sup>-1</sup> wody do układu chłodzenia. Wody chłodnicze umownie czyste po uprzednim ochłodzeniu odprowadzane są do Jeziora Działyńskiego.

W górnym biegu rzeki - powyżej miejscowości Łubowo - wody wykorzystywane są do nawodnień rolniczych. W tym celu na rzece wykonane zostały trzy zastawki piętrzące, a zatrzymane w ten sposób wody wykorzystywane są do nawodnień podsiąkowych użytków zielonych o powierzchni od 4,1 ha do 6,5 ha. Zapotrzebowanie na wodę do nawodnień w okresie wegetacyjnym obliczono na podstawie instrukcji wyznaczania potrzeb wodnych i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych [ROGULSKI i in. 1988]. Niedobory wody łąk określono jako różnicę między ilością wody zużytą na ewapotranspirację rzeczywiście nawadnianego pola a naturalnymi przychodami zasobów wodnych. Parowanie

terenowe obliczono wzorem Penmanna, wprowadzając współczynnik roślinny zależny od fazy rozwojowej użytków zielonych. Ilość wody, niezbędna do pokrycia potrzeb wodnych użytków zielonych, zależy głównie od retencji użytecznej na początku okresu wegetacyjnego (pochodzącej z opadów zimowych) oraz od przebiegu warunków meteorologicznych w okresie nawadniania. Średnie zapotrzebowanie na wodę użytków zielonych wahało się w okresie badań od  $0,22 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku wilgotnym do  $0,36 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku bardzo suchym.

Gospodarowanie wodą w stawach rybnych w Kiszkwie o powierzchni 114,4 ha polega na ich napełnianiu w okresie wiosennych roztopów i podtrzymywaniu normalnego poziomu piętrzenia w okresie hodowlanym. Spust wody ze stawów prowadzony jest w październiku rowem opaskowym B. W okresie badań prowadzono comiesięczne pomiary natężenia dopływu i odpływu oraz stanów wody w stawie nr 12 (o całkowitej powierzchni zalewu 15,9 ha), które pozwoliły na ustalenie jego potrzeb wodnych. Obliczone wielkości zapotrzebowania na wodę stawu nr 12 przeniesiono na pozostałe stawy rybne (98,5 ha). Istotnym elementem bilansu wodnego tych stawów były straty wody na przesiąki przez groblę i podłoże oraz parowanie z powierzchni wody. Straty powodowane parowaniem i filtracją przez groble w okresie hodowlanym wynosiły średnio około  $0,63 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku wilgotnym,  $0,72 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku bardzo suchym i  $0,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku suchym.

Od roku 2000 dwa stawy (nr 20 i 21) o sumarycznej powierzchni 120,3 ha eksploatowane są przez Polskie Towarzystwo Ochrony Przyrody „Salamandra” jako rezerwat ptactwa (ostoja ptactwa wodnego) i powinny być stale zalane średnio 40 cm warstwą wody. Całkowita objętość wody potrzebna do napełnienia tych stawów (określona jako objętość misy stawowej i zbiornika podziemnego) wynosi 0,57 mln  $\text{m}^3$ . W okresie wegetacyjnym potrzeby wodne rezerwatu były związane przede wszystkim z uzupełnieniem strat na parowanie - od 0,24 mln  $\text{m}^3$  w roku wilgotnym (2002) do 0,39 mln  $\text{m}^3$  w roku bardzo suchym (2003) oraz w mniejszym stopniu przez filtrację przez i pod groblą. Miesięczne niedobory wody rezerwatu ptactwa wynosiły średnio od  $0,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku wilgotnym do  $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  w roku bardzo suchym. Rzeczywiste gwarancje czasowe pokrycia potrzeb użytkowników zestawiono w tabeli 1 jako wariant „0”.

W celu poprawy bilansu wodno-gospodarczego w zlewni opracowano model symulacyjno- optymalizacyjny. Przy bezpośrednim korzystaniu z wód Małej Wełny założono następującą hierarchię zaspokajania potrzeb wodnych: zachowanie przepływów nienaruszalnych, wg kryterium hydrobiologicznego, zaopatrzenie w wodę gorzelnii w Działyniu, zaopatrzenie w wodę stawów rybnych w Kiszkwie, zapewnienie wody do pokrycia potrzeb rezerwatu ptactwa i nawodnienie użytków zielonych.

Zlewnia Małej Wełny wraz z obiektami hydrotechnicznymi i użytkownikami modelowana była za pomocą sieci przepływowej złożonej z węzłów i łuków

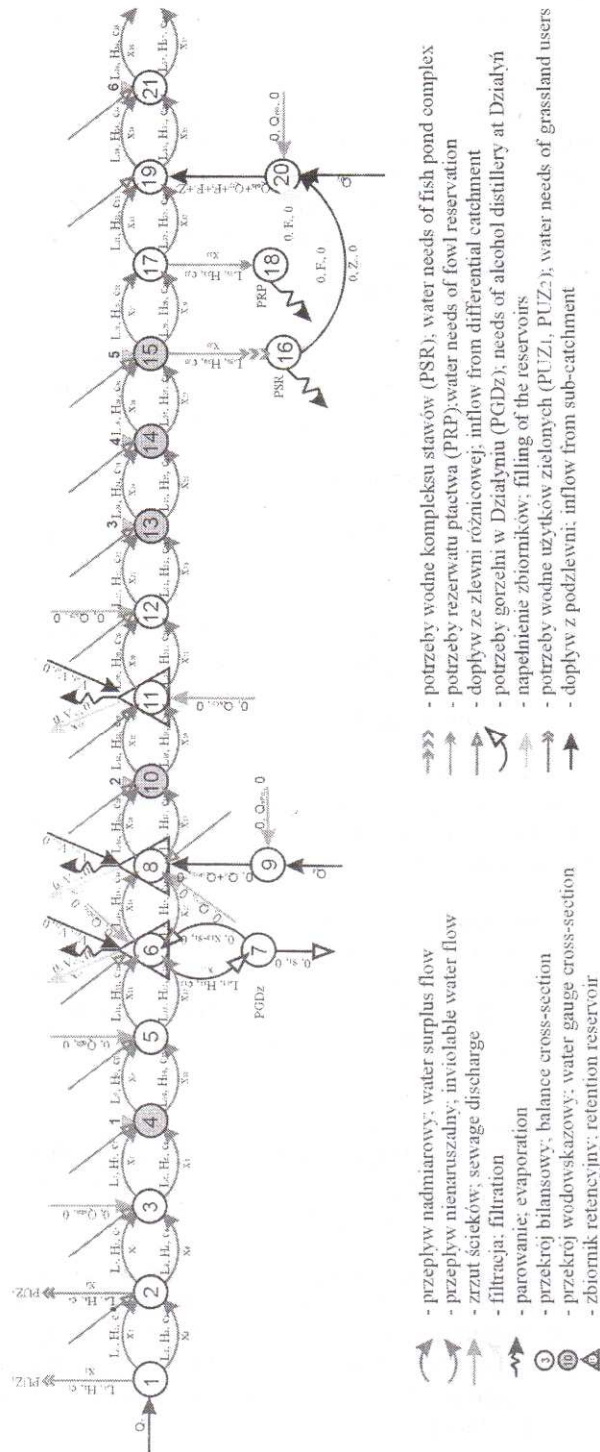


(rys. 3). Opracowany model zawiera wszystkie składowe bilansu wodno-gospodarczego dotyczące: zasobów wodnych (średnie miesięczne przepływy rzeki), przepływów nienaruszalnych, jakości wody, zrzutu ścieków i potrzeb użytkowników.

Jako przepływ nienaruszalny ( $Q_n$ ) w przekroju Kiszkowo przyjęto średni niski przepływ ( $SNQ = 0,188 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) z lat hydrologicznych 1996/1997-2003/2004, który następnie metodą analogii hydrologicznej przeniesiono na pozostałe przekroje bilansowe rzeki. Przepływy te były zarazem dolnym ograniczeniem zasobów dyspozycyjnych wzdłuż biegu badanej rzeki.

Obliczenia symulacyjne obejmowały następujące scenariusze:

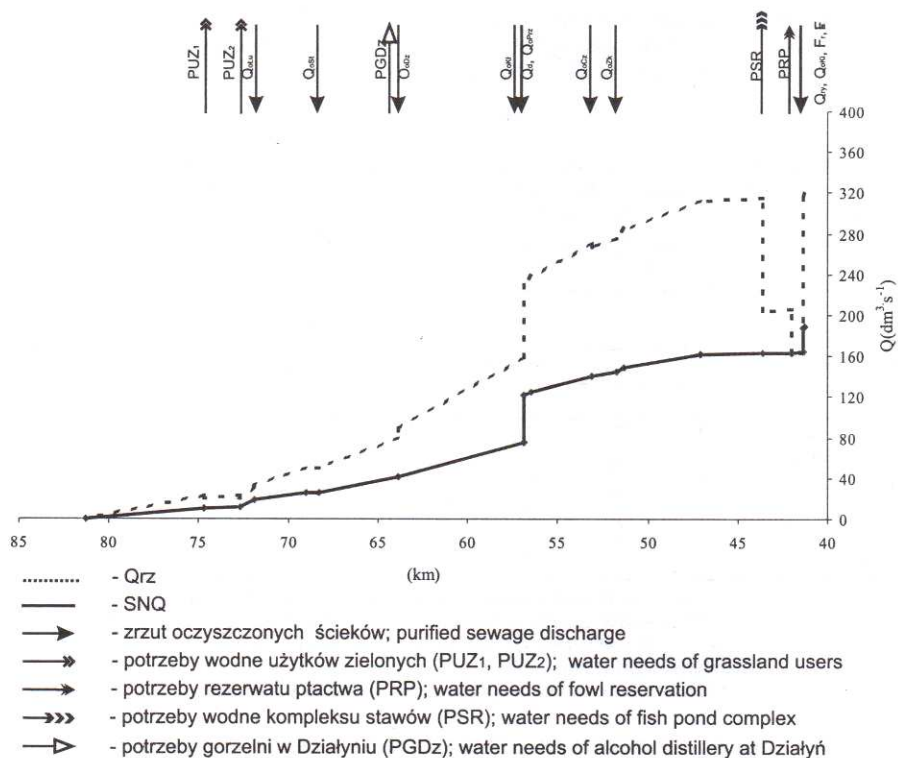
- Wariant „0” – pobór wody na potrzeby wszystkich użytkowników wód powierzchniowych przy niepełnym wykorzystaniu istniejących jazów i zastawki do piętrzenia trzech jezior przepływowych (Biskupickie – nie piętrzone, Kłęckie i Gorzuchowskie okresowo piętrzone odpowiednio o 0,5 i 0,4 m);
- Wariant „A” – pobór wody na potrzeby wszystkich użytkowników wód powierzchniowych w zlewni, tj. kompleksu stawów rybnych, rezerwatu ptactwa, gorzelni i użytków zielonych; założono możliwość piętrzenia trzech jezior przepływowych (Biskupickiego o 1,0 m, Kłęckiego o 0,8 m i Gorzuchowskiego o 0,6 m), co spowoduje wzrost retencji użytecznej o około 2,0 mln  $\text{m}^3$ ;
- Wariant „B” – uwzględniono użytkowników jak w wariantcie „A”; założono możliwość maksymalnego piętrzenia wody w dwóch jeziorach Kłęckim o 1,3 m i Gorzuchowskim o 1,1 m (w granicach naturalnych wahań stanów wody), co spowoduje wzrost retencji użytecznej o około 3,2 mln  $\text{m}^3$ ;
- Wariant „C” – założenia jak dla wariantu „B”, z tym, że dodatkowo przyjęto możliwość wykorzystania zastawki na rowie opaskowym B do piętrzenia i poboru wody na potrzeby rezerwatu ptactwa (zwiększenie możliwości poboru wody w stosunku do wariantu „A” poprzez zagospodarowanie wód filtrujących z kompleksu stawów rybnych oraz wód poprodukcyjnych w okresie jesiennego zrzutu).



Rys. 3. Schemat sieciowy zlewni Małej Wełny do przekroju Kiszkowo do bilansu wodno-gospodarczego  
 Fig. 3. Network diagram of the Mała Wełna river down to Kiszkowo cross-section for water-economic balance

Jako wynik obliczeń symulacyjnych przedstawiono przykładowy profil zasobów wód powierzchniowych wzdłuż biegu rzeki (rys. 4) oraz gwarancje pokrycia potrzeb wodnych użytkowników, które w sposób syntetyczny opisują stan zasobów wodnych przy optymalnym rozrządzie wody w zlewni (tab. 1).

Wyniki pierwszej serii obliczeń symulacyjnych (wariant „A”) wskazują, że przy piętrzeniu trzech jezior: Biskupickiego, Kłęckiego i Gorzuchowskiego w zakresie od 0,6 do 1,0 m w latach hydrologicznych 2001/2002-2003/2004, gwarancja zapewnienia w rzece przepływów nienaruszalnych od źródeł do przekroju bilansowego powyżej Jeziora Biskupickiego wynosi około 64%. Od kolejnego przekroju bilansowego, dzięki retencjonowaniu wody w jeziorach w okresie wezbrań (wiosennych roztopowych i letnich opadowych) i odprowadzaniu jej w okresie deficytów, gwarancja zapewnienia przepływów nienaruszalnych rzeki wzrasta od 69% do około 79% w przekroju zamykającym zlewnię Małej Wełny. W wariantcie obliczeniowym „A” potrzeby wodne gorzelni w Działyniu mogą być pokryte z gwarancją czasową wynoszącą około 71%, czyli niższą od wartości normatywnych.



Rys. 4. Profil wodno-gospodarczy Małej Wełny  
 Fig. 4. Water-economic balance of Mała Wełna river

Analiza zebranych materiałów wykazała, że stawy rybne w Kiszku są głównym użytkownikiem wód Małej Wełny. Gwarancja pokrycia potrzeb wodnych tego obiektu przy optymalnym rozrządzie wody w zlewni wynosiła 67%. Potrzeby wodne stawów rybnych i rezerwatu ptactwa pokryte zostały w 100% tylko w roku wilgotnym.

Brak zasobów dyspozycyjnych najczęściej ograniczał możliwość pobierania wody z rzeki do nawadniania użytków zielonych, położonych w górnej części zlewni, szczególnie w dwóch ostatnich latach badań, które były bardzo suche i suche pod względem opadów atmosferycznych. Gwarancja zaspokojenia ich potrzeb wodnych wносиła odpowiednio 42% (PUZ<sub>1</sub>) i 53% (PUZ<sub>2</sub>).

W drugim wariantcie obliczeniowym „B” założono maksymalne piętrzenie dwóch największych jezior: Kłęckiego i Gorzuchowskiego. Analiza uzyskanych

wyników wykazała, że retencjonowanie dodatkowej ilości wody w jeziorach pozwała na zwiększenie gwarancji zachowania w rzece przepływów nienaruszalnych (od przekroju bilansowego nr 6 do przekroju zamykającego analizowaną zlewnię) od 4 do 13 punktów procentowych. Uzyskana użyteczna rezerwa spowodowała wzrost czasowej gwarancji pokrycia potrzeb pozostałych użytkowników, z wyjątkiem nawadnianych podsiąkowo użytków zielonych.

Zanotowany wzrost stopnia pokrycia potrzeb wodnych wynosił odpowiednio dla gorzelni w Działyńiu 8% (w stosunku do symulacji przeprowadzonej w wariancie „A”), kompleksu stawów rybnych 12 i rezerwatu ptactwa 9%.

Tabela 1; Table 1

Porównanie czasowych gwarancji ( $G_t$ ) pokrycia potrzeb wodnych użytkowników w zlewni Małej Wełny w analizowanych wariantach obliczeniowych pracy systemu wodno-gospodarczego

Comparison of temporal guarantees ( $G_t$ ) for covering water needs in the catchment of Mała Wełna river for analyzed variants

Użytkownik Water user	Gwarancja czasowa Temporal guarantee (%)			
	Wariant obliczeniowy; Calculation variant			
	„0”	„A”	„B”	„C”
PUZ <sub>1</sub>	33	42	42	42
PUZ <sub>2</sub>	39	53	53	53
PGDz	61	71	79	79
PSR	56	67	79	83
PRP	44	63	72	81

PUZ<sub>1</sub>, PUZ<sub>2</sub> potrzeby wodne użytków zielonych; water needs of the grassland

PGDz potrzeby wodne gorzelni w Działyńiu; water needs of alcohol distillery at Działyń

PSR potrzeby wodne kompleksu stawów rybnych w Kiszkwie; water needs of fish pond complex at Kiszkowo

PRP potrzeby rezerwatu ptactwa; water needs of wildfowl reservation

W wariancie obliczeniowym „C” założono, że częściowo potrzeby rezerwatu będą pokrywane z piętrzenia wody zastawką szandorową, zlokalizowaną na rowie opaskowym. Zaproponowany wariant obliczeniowy - łącznie z maksymalnym wykorzystaniem piętrzenia trzech jezior - pozwoliły na pokrycie z gwarancją 83% potrzeb wodnych kompleksu stawów rybnych w Kiszkwie. Pobór wody z rowu opaskowego B spowodowałoby także zwiększenie możliwości zaspokojenia potrzeb rezerwatu ptactwa o 9 punktów procentowych.

### Wnioski

Z przedstawionych obliczeń symulacyjnych wynika, że sterowanie

urządzeniami hydrotechnicznymi (jazami i zastawkami) piętrzącymi jeziora: Biskupickie, Kłęckie i Gorzuchowskie wpływa korzystnie na kształtowanie zasobów wodnych zlewni. Dodatkowe piętrzenie dwóch jezior (Kłęckiego i Gorzuchowskiego) o 0,5 m (w porównaniu z wariantem „A”) pozwoliło na zwiększenie gwarancji pokrycia potrzeb głównych użytkowników Małej Wełny. Zanotowany wzrost stopnia zapewnienia na rzece przepływów nienaruszalnych poniżej Jeziora Działyńskiego wynosił od 4 do 13%, a potrzeb wodnych użytkowników od 8 do 12%. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wykonana zastawka na rowie opaskowym B może poprawić rozrząd wody w zlewni i zwiększyć gwarancję pokrycia potrzeb rezerwatu ptactwa o 9%. Przy aktualnym stanie użytkowania wód rzeki Małej Wełny nie jest możliwy dalszy pobór wody z rzeki, ponieważ gwarancje pokrycia potrzeb wodnych użytkowników w przedstawionych symulacjach były niższe od normatywnych.

## Literatura

**CIEPIEŁOWSKI A. 1995.** *Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych.* SGGW, Warszawa: 152 ss.

**FORD L.R., FULKERSON D.R. 1969.** *Przepływy w sieciach.* PWE, Warszawa: 256 ss.

**HYDROPROJEKT 1992.** *Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych.* Warszawa (maszynopis).

**KACZOROWSKA Z. 1964.** *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Tendencje, okresowość oraz prawdopodobieństwo występowania niedoboru i nadmiaru opadu.* Pr. Geogr. IG PAN 33: 12–127.

**KONDRACKI J. 2000.** *Geografia regionalna Polski.* PWN, Warszawa: 440 ss.

**KOSTRZEWA H. 1977.** *Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski.* Mat. Bad. IMGW. Ser. Gosp. Wod. i Ochr. Wód: 207 ss.

**KOWALCZAK P. 2001.** *Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty.* Wyd. Nauk. IMGW, Warszawa: 123 ss.

**RAPORT 2005.** *Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2004.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań: 202 ss.

**ROGULSKI W., SARNACKA F., DRUPKA S. 1988.** *Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych.* Mat. Instr. 66, IMUZ, Falenty: 90 ss.

**TYSZEWSKI S., PUŚŁOWSKA D., OKRUSZKO H. 1996.** *Retencja dolinowa w bilansach wodno-gospodarczych.* Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 11: 245-252.

**Słowa kluczowe:** zasoby wodne, potrzeby wodne, bilans wodno-gospodarczy, model symulacyjno-optymalizacyjny

### **Streszczenie**

Sporządzono bilans wodno-gospodarczy zlewni nizinnej oraz oceniono możliwości poprawy tego bilansu. Na podstawie bilansu wodno-gospodarczego, wykonanego zgodnie z „Metodyką jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” stwierdzono, że występują trudności w pokryciu potrzeb wodnych stawów rybnych i rezerwatu ptactwa.

W pracy wykorzystano wyniki kompleksowych badań i obserwacji terenowych prowadzonych w latach hydrologicznych 2002-2004 w zlewni rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo o powierzchni 342 km<sup>2</sup>.

Uzyskane wyniki wykazały, że optymalne sterowanie urządzeniami hydrotechnicznymi w zlewni może wpływać korzystnie na zwiększenie gwarancji czasowej zachowania przepływów nienaruszalnych w rzece oraz pokrycie potrzeb użytkowników.

### **FEASIBILITY OF IMPROVING OF WATER-ECONOMIC BALANCE IN THE CATCHMENT OF MAŁA WEŁNA RIVER**

*Mariusz Sojka, Sadžide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz*

Department of Land Reclamation, Environmental Development and Geodesy,  
Agricultural University, Poznań

**Key words:** water resources, water needs, water-economic balance, simulation-optimization model

### **Summary**

The research was conducted to estimate the capabilities of covering the needs of water users in the catchment. On the basis of water-economic balance on the Mała Wełna river catchment, conducted according to the Polish Standard „Method the uniform water-economic balance” it was stated that there are in the catchment some difficulties with covering the water needs of fishponds and wild fowl reservation. The analysis carried out on the basis of measurement results from hydrological years 2002-2004 in Mała Wełna river catchment down to Kiszkowo cross-section. The catchment area was 342 km<sup>2</sup>. The results of computer simulation showed that the optimum steering the gate's and weir's operation in the catchment would increase the time warranty to keep natural water flow in the river and to satisfy the needs of water users.

Dr. inż Mariusz **Sojka**  
Katedra Melioracji Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego  
ul. Piątkowska 94  
60-648 POZNAŃ  
e-mail: [masojka@au.poznan.pl](mailto:masojka@au.poznan.pl)