

Meteorologia i hydrologia a zmiany klimatu

Pod redakcją Ryszarda Sziwy



Polskie Towarzystwo
Geofizyczne



Instytut Meteorologii
i Gospodarki Wodnej

Warszawa 2009

5. Analiza warunków przepływu wód wielkich w przełożonym odcinku koryta rzeki Małej Wełny¹

**Sadżide MURAT-BŁAŻEJEWSKA*, Mariusz SOJKA*,
Jolanta KANCLERZ***

Wstęp

Dokonywana według Polskiej Normy PN-EN 14614 ocena hydromorfologicznych cech rzek pozwoli ustalić ich stan ekologiczny i zaplanować działania zmierzające do poprawienia go. W Rozporządzeniu MŚ (2008) w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych w elementach hydromorfologicznych wyróżniono reżim hydrologiczny z zaznaczeniem, że I klasie odpowiadają tylko rzeki z dynamiką przepływu wody w warunkach niezakłóconych lub zbliżonych do tych warunków.

Budowle hydrotechniczne oraz sztuczne kształtowanie koryta wywierają istotny wpływ na ekosystem rzeczny. Przegrodzenie rzeki sztuczną przegrodą powoduje zakłócenie równowagi dynamicznej koryta, wskutek czego powstają dwa odmienne obszary o zróżnicowanych warunkach przepływu. Zakłócenie warunków przepływu wywołuje zmiany natężenia transportu rumowiska, tj. akumulację powyżej budowli piętrzącej, która może znacznie ograniczać przepustowość koryta oraz erozję poniżej budowli.

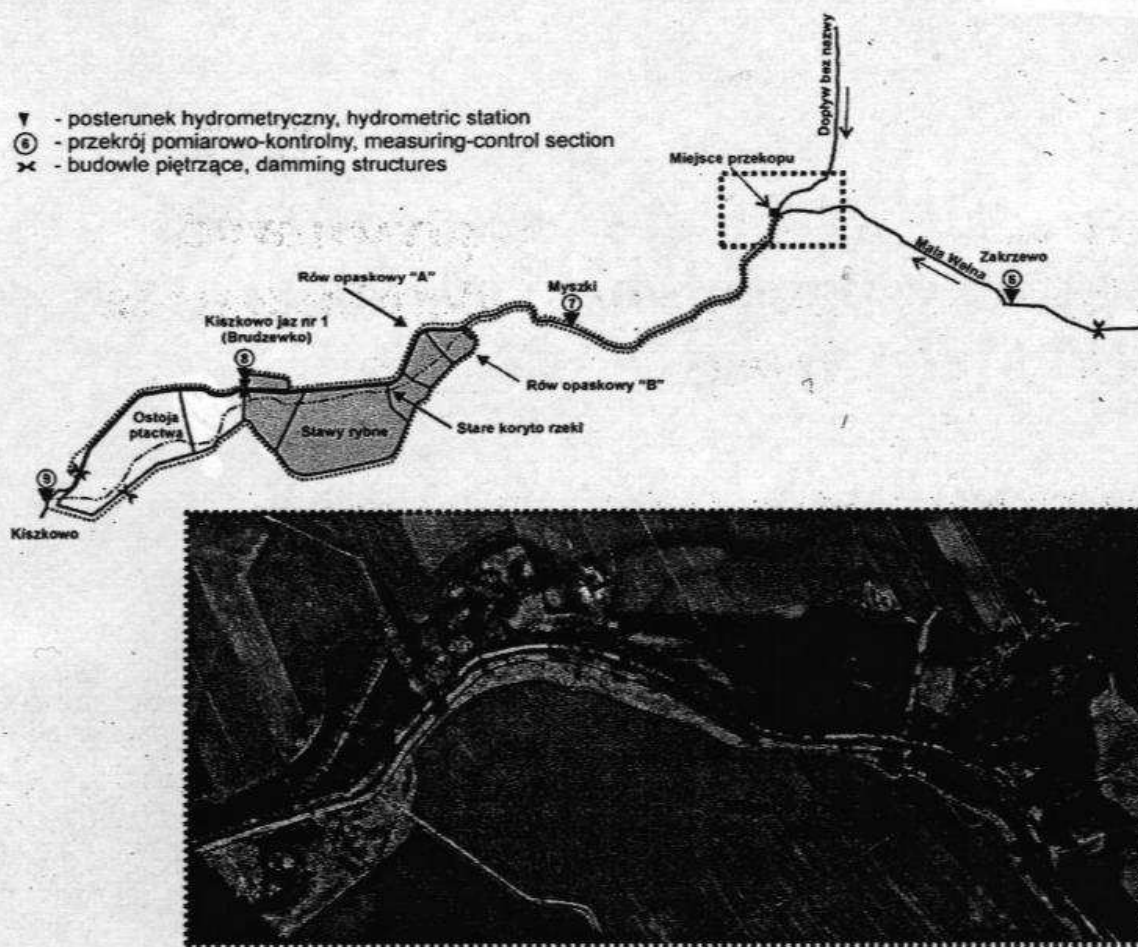
W latach 1986-1989 podczas budowy kompleksu stawów rybnych (karpio-owych) przełożono koryto rzeki Małej Wełny na odcinku w km 42+70 do 46+850 poza groble stawów i obwałowano je. Przełożony odcinek rzeki zabudowano dwoma dwuprzęsłowymi jazami zasuwowymi, które znajdują się w odległości 800 m od siebie (rys. 1).

Na zewnątrz przełożonego koryta rzeki – od strony północnej – wykonano rów odwadniający „A”, który zbiera wodę z przesiaków przez groble cofkowe

¹ Praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2007-2010 jako projekt badawczy nr N305 084 32/2845.

* Katedra Melioracji Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

- ▼ - posterunek hydrometryczny, hydrometric station
- ⊙ - przekrój pomiarowo-kontrolny, measuring-control section
- ✕ - budowle piętrzące, damming structures



Rys 1. Rzeka Mała Wełna na odcinku od Zakrzewa do Kiszkowa

rzeki i wodę odpływającą z przyległych terenów. Od strony południowej wykonano rów „B”, który jest odbiornikiem wody przesiąkającej przez groble stawów i wody odpływającej ze stawów. Przełożenie rzeki Mała Wełna poza teren stawów oraz wykonanie rowu „A” i „B” pozwoliło na niezależne napełnianie i opróżnianie stawów, ale spowodowało dość duże zaburzenia stosunków wodnych w tym obszarze. Zaburzenia te polegają przede wszystkim na cyklicznym podtapianiu terenów przyległych do rzeki.

Materiały i metody

Celem niniejszej pracy była ocena warunków przepływów wód wielkich na przełożonym odcinku koryta rzeki Małej Wełny. W pracy przedstawiono obliczenia układu zwierciadła wody przy przepływach wód wielkich podczas roztopów wiosennych oraz wskazano możliwości udrożnienia koryta rzeki w celu przywrócenia jego równowagi dynamicznej.

Podstawą pracy były wyniki własnych badań i obserwacji terenowych prowadzonych w latach 2000-2008 w analizowanej zlewni do przekroju Kiszkowo. Badania terenowe obejmowały między innymi:

- codzienne pomiary stanów wody w profilu Kiszkowo,
- comiesięczne pomiary stanów wody w profilach Myszki i Kiszkowo jaz,
- comiesięczne pomiary hydrometryczne (przekrojów poprzecznych i prędkości przepływu młynkiem hydrometrycznym) w trzech przekrojach pomiarowo-kontrolnych usytuowanych na przełożonym odcinku rzeki,
- inwentaryzację obiektów hydrotechnicznych oraz światła przekrojów mostowych (budowle piętrzące, stawy rybne, obiekty melioracyjne),
- pomiary sytuacyjno-wysokościowe przekrojów pomiarowo-kontrolnych i terenów przyległych do rzeki,
- pomiary geometrii koryta i prędkości przepływu w pięciu przekrojach na przełożonym odcinku rzeki,
- pomiary geodezyjne za pomocą GPS w marcu 2008 r. powierzchni nadmierznych podtopień w dolinie rzeki, a 31 marca 2008 r. zdjęcia lotnicze tych terenów (rys. 1).

Obliczenia rzędnych zwierciadła wody na przełożonym odcinku rzeki Małej Wełny wykonano za pomocą programu RUBiKoN opracowanego w Katedrze Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego AR w Poznaniu (Komputerowe obliczenia... 1993).

W pracy założono, że na rozpatrywanym odcinku występuje wolnozmienny ruch ustalony. Analizę układu zwierciadła wody na przełożonym odcinku Kiszkowo jaz–Myszki wykonano na podstawie rzędnych zwierciadła wody w przekrojach poprzecznych koryta rzeki (rys. 1) obliczonych na podstawie równania:

$$\Delta H_m = (1 + \beta) \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_m^2} - \frac{1}{A_{m+1}^2} \right) + \frac{Q^2 l}{K^2} \quad (1)$$

gdzie: ΔH_m – różnica rzędnych zwierciadła wody w przekrojach m i $m+1$, β – współczynnik strat miejscowych, α – współczynnik Saint-Venanta, g – przyspieszenie ziemskie, Q – natężenie przepływu, l – odległość między przekrojami m i $m+1$, A – pola powierzchni przekrojów poprzecznych w przekrojach m i $m+1$, K – moduł przepływu

$$\frac{1}{K^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{K_m^2} - \frac{1}{K_{m+1}^2} \right) \quad (2)$$

gdzie

$$K_m = A_m \frac{1}{n_m} R_{hm}^{2/3} \quad (3)$$

R_h – promień hydrauliczny, n – współczynnik szorstkości Manninga.

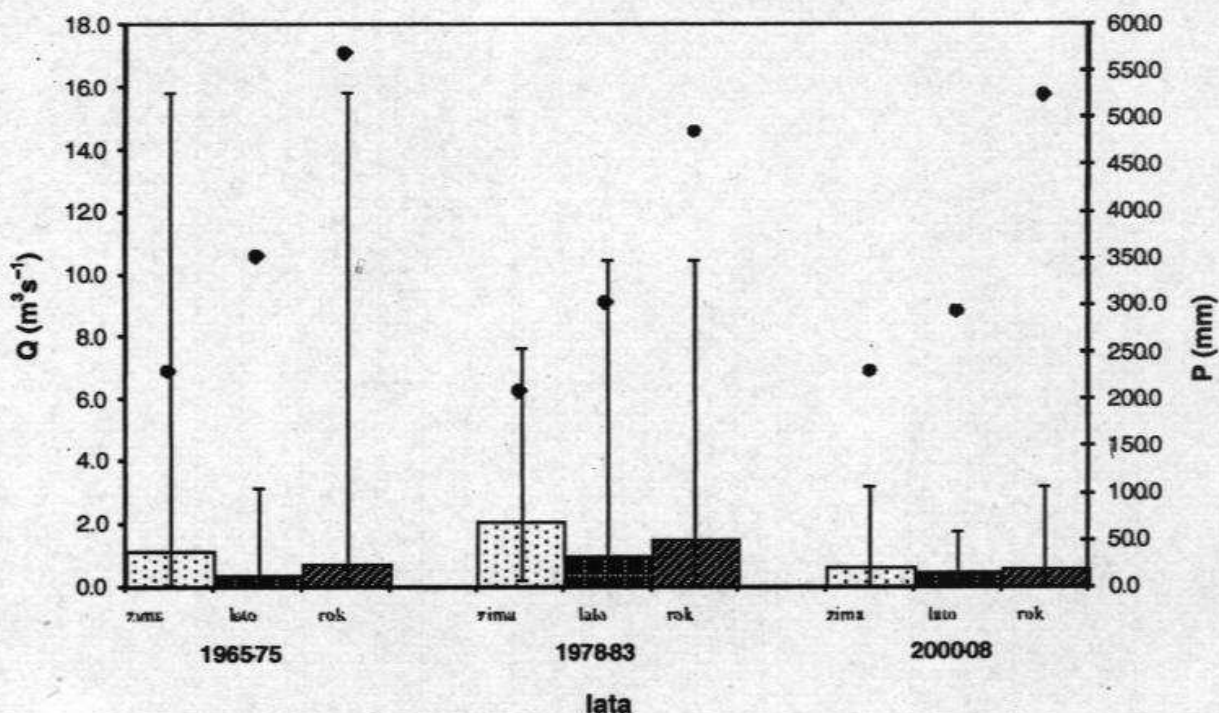
Obliczenia prowadzono od przekroju Kiszkowo jaz do przekroju Myszki, tj. w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu. Z uwagi na nieliniowy charakter równania ruchu ustalonego wolnozmiennego (1), wyznaczenie ΔH_m w korytach naturalnych w sposób analityczny jest niemożliwe. Rozwiązanie równania można poszukiwać metodami przybliżonymi, na przykład metodą stycznych Newtona (Komputerowe obliczenia... 1993). Analizę warunków przepływu wód wielkich w przełożonym odcinku koryta rzeki Małej Wełny wykonano dla najwyższego przepływu z wielolecia 2000-2008 $WWQ = 3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oraz przepływu najwyższego w roku hydrologicznym 2008 – $WQ = 2,79 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Wyniki i dyskusja

Rzeka Mała Wełna w systemie kodowania jednostek hydrograficznych otrzymała kod 1866 (Atlas podziału... 2005). Badania i obserwacje terenowe prowadzono w zlewni cząstkowej do przekroju Kiszkowo o powierzchni 342 km^2 i długości rzeki 45,3 km. Rzeka od źródeł do przekroju Kiszkowo pokonuje różnice wysokości 26,5 m, co daje spadek podłużny rzeki 0,58‰. Dolina rzeki ma charakter rynny polodowcowej, pozostały obszar to płaska lub falista wysoczyzna morenowa o spadkach od 5-30‰. Spadki poprzeczne w górnej części zlewni są znaczne i wynoszą ok. 25% (lokalnie dochodzą do 80%).

Mimo że rzeka przepływa przez siedem jezior, natężenie jej przepływów było w przekroju Kiszkowo w latach 2000-2008 dość zróżnicowane, na co decydujący wpływ ma eksploatacja budowli wodnych usytuowanych w górnym biegu rzeki (4 jazy i 6 zastawek). Przepływy chwilowe rzeki w przekroju Kiszkowo wynosiły od $NNQ = 0,022 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $WWQ = 3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a średnie roczne wynosiły od $0,135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,952 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Średni roczny przepływ w analizowanym wieloleciu wyniósł $SSQ = 0,541 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przeprowadzona szczegółowa analiza półrocznych i rocznych przepływów charakterystycznych rzeki w przekroju Kiszkowo w wieloleciach: 1965-1975, 1978-1983 i 2000-2005 wykazała wyraźne zmniejszanie się przepływów rzeki w czasie (Kanclerz i in. 2008). Należy zauważyć, że przy projektowaniu stawów rybnych (Projekt... 1974-1987) ze względu na krótki i niejednorodny ciąg obserwacji i pomiarów hydrometrycznych rzeki Małej Wełny natężenie jej przepływów w przekroju Kiszkowo w wieloleciu 1951-1972 obliczono metodą analogii hydrologicznej. Jako analog przyjęto rzekę Wełnę w przekroju Janowiec – pole powierzchni zlewni 563 km^2 . Średni roczny przepływ w przekroju Kiszkowo obliczony w projekcie wyniósł $SSQ = 0,927 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $WWQ = 15,848 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Porównując natężenia przepływów charakterystycznych w obu wieloleciach, można stwierdzić, że SSQ w latach 2000-2008 były prawie 2-krotnie mniejsze od obliczonego przy projektowaniu stawów rybnych, a WWQ prawie 5-krotnie (rys. 2).

Mimo notowanych wyraźnie niższych przepływów w latach 2000-2008, podczas roztopów wiosennych na przełożonym odcinku rzeki i powyżej niego – do Jeziora Gorzuchowskiego dochodziło do wylewania się wody z koryta rzeki i zalania terenów przyległych. Podtopienie terenów przyległych prawdopodobnie następuje na skutek piętrzenia wody rzeki jazem nr 1.

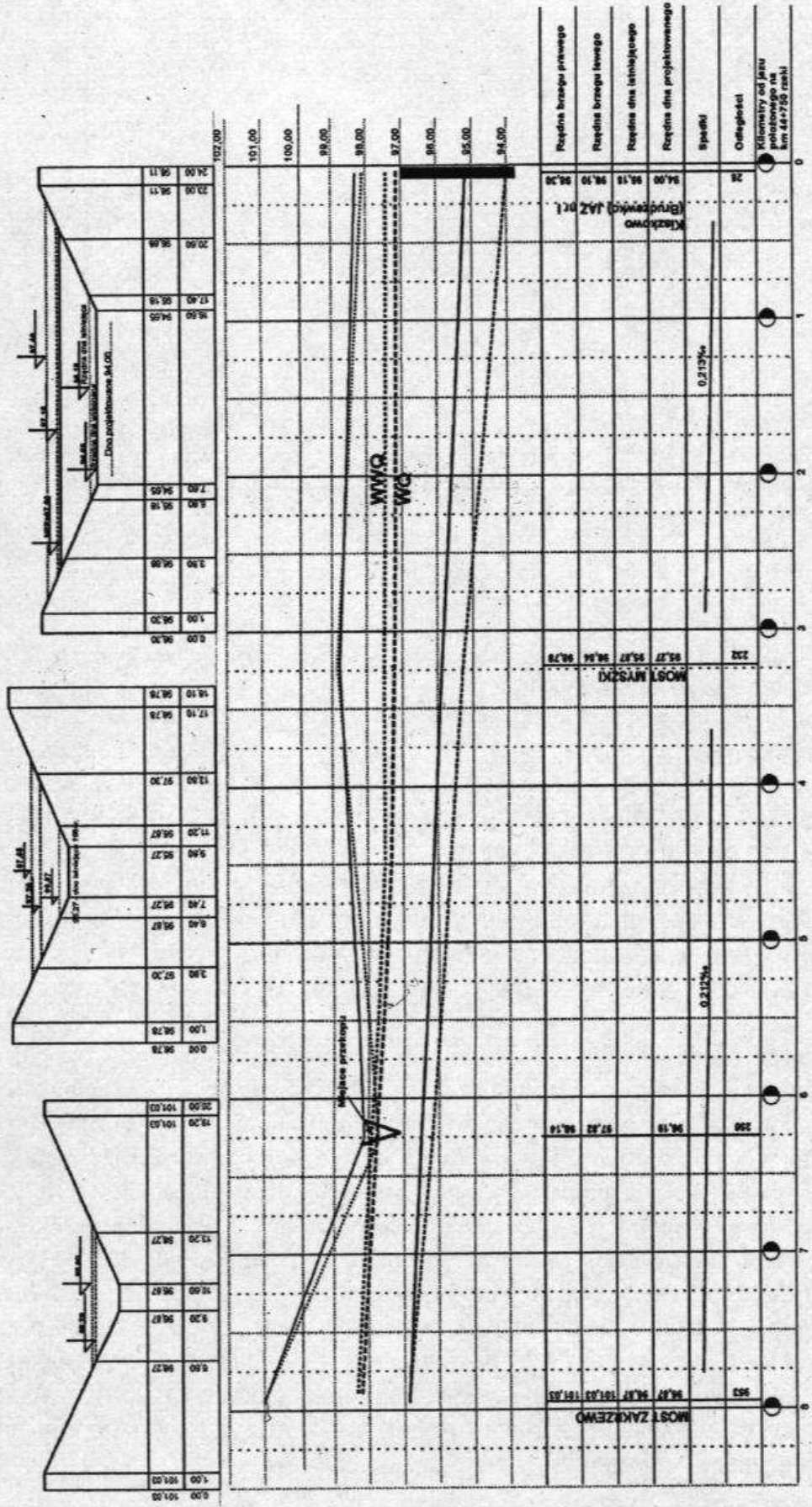


Rys. 2. Średnich półroczne i roczne sumy opadów atmosferycznych oraz przepływy charakterystyczne rzeki Małej Wełny w przekroju Kiszkowo

Szczegółowe pomiary geodezyjne i hydrometryczne wykonane w kwietniu i maju 2008 r. na odcinku od przekroju Zakrzewo do przekroju Kiszkowo jaz nr 1 wykazały, że kształt i parametry przekrojów poprzecznych są zmienne, a spadek podłużny dna koryta wynosi $i = 0,215\%$ (rys. 3).

Przeprowadzone obliczenia wskazują, że przy takiej geometrii koryta rzeki i spadku podłużnym dna piętrzenie wody jazem nr 1 do NPP = 97,00 m n.p.m. powoduje, że w okresie od lutego do kwietnia przy wysokich przepływach napełnienie koryta na końcu wałów cofkowych jest wyższe od 1 m, co jest maksymalnym napełnieniem koryta rzeki w tym przekroju.

Z obliczenia układu zwierciadła wody na analizowanym odcinku przy przepływach $WWQ = 3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i $WQ = 2,79 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ wynika, że napełnienie koryta rzeki w końcu wałów cofkowych wynosi odpowiednio 1,3 i 1,1 m (rys. 3) i przekracza poziom wody brzegowej. Przepiętnienie koryta powoduje, że ujście cieku – dopływu bez nazwy – ma utrudniony odpływ i w związku z tym dochodzi do podtopienia terenów przyległych. Wykonany na końcu wałów cofkowych przekop (o szerokości 2,5 m i głębokości średniej ok. 0,5 m) w okresie niskich stanów powoduje, że wody z dopływu bez nazwy są bezpośrednio kierowane do rzeki Małej Wełny, natomiast podczas roztopów przy wysokich stanach wody Małej Wełny wpływają do rowu opaskowego „A”. Do rowu wpływają także wody przesiąkające przez groble cofkowe, które są zbudowane z gruntów średnio przepuszczalnych. Zwiększone przepływy i napełnienie w rowie przyczyniają się do podniesienia poziomu wód gruntowych terenów przyległych do stawów.



Rys. 3. Przekroje poprzeczne i profil podłużny rzeki Małej Wełny na odcinku od Zakrzewa do jazu nr 1 w Kiszkwie (Brudzewko)

Obliczenia wykazały, że należy obniżyć rzędną dna przełożonego koryta rzeki Małej Wełny o 1 m i dostosować spadek podłużny do warunków piętrzenia. Właściwe ukształtowanie dna i usunięcie roślinności porastającej koryto udroźni je i umożliwi piętrzenie wody jazem nr 1 do założonej rzędnej 97,00 m n.p.m.

Podsumowanie i wnioski

Analiza warunków przepływu wód wielkich wykazała, że warunki hydrauliczne w przełożonym korycie Małej Wełny, tj. pola powierzchni przekrojów poprzecznych i małe spadki dna oraz brak konserwacji dna i skarp koryta rzeczno, powodują, że przepustowość rzeki jest stosunkowo mała. Prowadzi to do podtopień w dolinie rzeki na odcinku Zakrzewo–Kiszkowo.

W celu poprawienia warunków hydraulicznych koryta rzeki i rowów opaskowych „A” i „B” należy wykonać szczegółowe pomiary geodezyjne na analizowanym obszarze, a następnie przeprowadzić modernizację urządzeń hydrotechnicznych i całego systemu wodnego w zlewni rzeki Mała Wełna. Rzędną dna rzeki w przekroju Kiszkowo jaz nr 1 (Brudzewko) należy obniżyć o 1,0 m, a spadek dna przełożonego koryta dostosować geometrii koryta i warunków piętrzenia.

W celu ograniczenia możliwości podtapiania terenów przyległych należy przeprowadzić prace konserwacyjne w korycie rzeki Małej Wełny oraz odmulenie i usunięcie roślinności porastającej dno i skarpy rowów opaskowych „A” i „B”. Należy również zlikwidować przekop wału cofkowego „A”, który w okresie niskich przepływów kieruje wody z dopływu bez nazwy bezpośrednio do rzeki Małej Wełny, zaś podczas wezbrań kieruje część wód wielkich do rowu opaskowego „A”.

Literatura

- Atlas podziału hydrograficznego Polski, 2005, red. H. Czarnecka, IMGW, Warszawa.
- Kanclerz J., Murat-Błażejewska S., Sojka M., 2008, Zmienność przepływów małej rzeki nizinnej, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., ser. Mel. Wod. w Inż. Kszt. Środ., 528, 71-78.
- Polska Norma PN-EN 14614. Jakość wody. Wytyczne do oceny hydromorfologicznych cech rzek. Komputerowe obliczenia hydrauliczne dla budownictwa wodno-melioracyjnego, 1993, B. Wosiewicz red., Wyd. AR w Poznaniu, s. 158.
- Projekt stawów rybnych w Kiszkowie, 1974-1987, Hydroprojekt – Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz.U. nr 162, poz. 1008.