

## WPLYW PIĘTRZEŃ RZEK ŁASICY I ŚWIDRA NA WYBRANE ELEMENTY ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Agata Włodarczyk

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

**Streszczenie.** Celem pracy było rozpoznanie wpływu piętrzenia wody na zmiany reżimu przepływu, jakości wody i osadów dennych oraz zbiorowisk roślinnych strefy korytowej. Analizę przeprowadzono na rzekach Łasica i Świder, położonych w obszarach chronionych. Wyniki badań wskazują, że odpowiednia lokalizacja i konstrukcja budowli piętrzących oraz właściwie prowadzona eksploatacja, polegająca na odpowiednim regulowaniu poziomu wody, może być korzystna dla środowiska przyrodniczego. Jest to szczególnie ważne na obszarach prawnie chronionych, na których zwiększenie retencji wodnej jest jednym z podstawowych warunków zachowania cennych siedlisk roślinnych.

**Słowa kluczowe:** jazy, piętrzenie wody, wpływ na środowisko, obszary chronione

### WSTĘP

Eksploatacja urządzeń wodnych w rzekach powinna być zgodna z zasadami proekologicznymi. Niezbędne jest utrzymywanie wymaganych wysokości piętrzenia, biorąc pod uwagę aktualną sytuację hydrologiczną i stan siedlisk roślinnych. Szczególnie dotyczy to urządzeń zlokalizowanych na obszarach chronionych [Ciepielowski i Włodarczyk 2004]. Obszary chronione wymagają zachowania dobrego stanu ekologicznego wód i charakterystycznych dla nich biocenoz oraz biologicznych stosunków w środowisku wodnym i na obszarach zalewowych [Ustawa – Prawo wodne 2001]. Wobec tego urządzenia piętrzące na obszarach chronionych muszą być racjonalnie eksploatowane i nie mogą przyczyniać się do niekorzystnych zmian ilościowych i jakościowych zasobów wodnych. Z przeglądu literatury wynika, że nie jest dostatecznie rozpoznany wpływ małych obiektów piętrzących na środowisko, zwłaszcza ich znaczenie ekologiczne [Mioduszewski 2003]. Bogata jest natomiast literatura dotycząca dużych zbiorników retencyjnych.

---

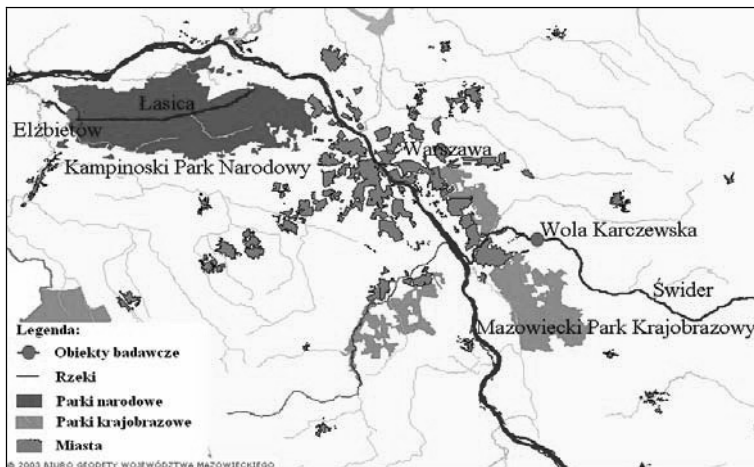
Adres do korespondencji – Corresponding author: Agata Włodarczyk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: agata\_wlodarczyk@sggw.pl

Celem badań było rozpoznanie wpływu spiętrzenia wody w rzece na zmiany reżimu przepływu, retencji korytowej i gruntowej, jakości wody i osadów dennych oraz zbiorowisk roślinnych strefy korytowej. Analizę przeprowadzono na rzekach Łasica i Świder, na odcinkach będących pod wpływem piętrzenia jazu w Elżbietowie i jazu w Woli Karczewskiej, położonych w obszarach chronionych. Podjęto próbę rozwiązania zagadnienia, czy wysokość piętrzenia, sposób eksploatacji jazów oraz uwarunkowania morfologiczne koryta warunkują zróżnicowanie jakości wody i osadów dennych oraz zmiany w składzie gatunkowym zbiorowisk roślinnych.

## METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na dwóch obiektach usytuowanych w granicach obszarów chronionych (rys. 1):

- jaz z przepławką w Elżbietowie, w 5,6 km Łasicy leżącej w granicach Kampinoskiego Parku Narodowego (rys. 2),
- jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze, położony na terenie Rezerwatu Świder (rys. 3).



Rys. 1. Położenie obiektów badawczych  
Fig. 1. Location of research weirs



Rys. 2. Jaz w Elżbietowie w 5,6 km Łasicy, widok od strony wody górnej (fot. A. Włodarczyk)  
Fig. 2. Elżbietów – weir on the Łasica Channel (photo A. Włodarczyk)

Rys. 3. Jaz w Woli Karczewskiej w 21,340 km Świdra, widok od strony wody dolnej (fot. A. Włodarczyk)

Fig. 3. Wola Karczewska – weir on the Świder River (photo A. Włodarczyk)

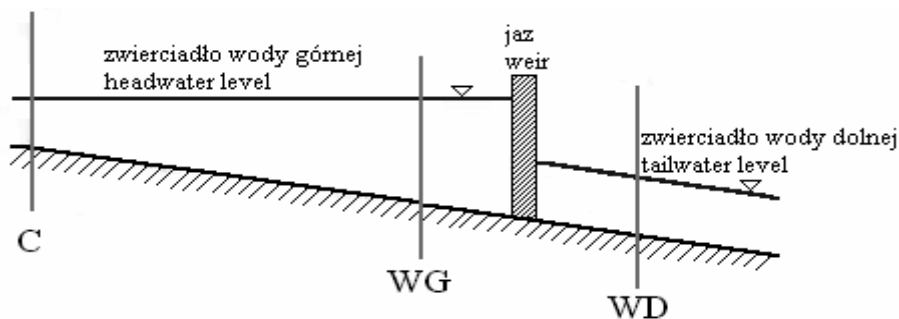


Przy wyborze obiektów badań, czyli odcinków rzek i jazów, kierowano się przesłankami hydrologicznymi i hydrotechnicznymi. Wybrano dwie rzeki o nieco odmiennym reżimie hydrologicznym i innych warunkach kształtujących jakość wody, co decyduje o występowaniu innej roślinności wodnej i różnym jej rozmieszczeniu w przekroju poprzecznym rzeki. Jazy mają różną konstrukcję i wysokość piętrzenia, co wpływa na stopień i rodzaj oddziaływań na warunki przepływu, jakość wody oraz roślinność wodną.

Jaz z przepławką w Elżbietowie na Łasicy jest budowlą IV klasy o konstrukcji żelbetowej o maksymalnej wysokości piętrzenia 1,6 m, z czego 0,5 m stanowi próg stały. Zamknięcia dwóch światłał bocznych jazu to drewniane zasuwki płaskie dwudzielne, których konstrukcja pozwala na utrzymanie dowolnego piętrzenia wody na jazie.

Jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze jest budowlą III klasy o konstrukcji żelbetowej, o maksymalnej wysokości piętrzenia 2,3 m, z czego 1,3 m stanowi piętrzenie stałe. Zamknięcia trzech światłał jazu stanowią kłapy soczewkowe.

Pomiary hydrometryczne polegały na określeniu głębokości wody, powierzchni przekroju poprzecznego koryta, średniej prędkości przepływu wody oraz natężenia przepływu. Wykonano je za pomocą czujnika elektromagnetycznego Nautilus 7 razy – 3 razy w 2004 roku i 4 razy w 2006 roku, w różnych sezonach, uwzględniając zmiany sytuacji hydrologicznej. Pomiary wykonywano w trzech przekrojach: poniżej jazu (WD), powyżej jazu (WG) i na końcu wpływu cofki (C) – rysunek 4. Wpływ piętrzenia jazu na warunki hydrologiczne określono na podstawie różnic (w %) wartości poszczególnych elementów hydrometrycznych pomiędzy badanymi przekrojami.



Rys. 4. Przekroje badawcze: WD – stanowisko wody dolnej jazu, WG – stanowisko wody górnej, C – koniec cofki

Fig. 4. Cross-sections: WD – headwater, WG – tailwater, C – end of backwater

Retencję korytową na badanych odcinkach rzek wyznaczono na podstawie sporządzonych wykresów zdolności retencyjnej koryta dla aktualnie panującej sytuacji hydrologicznej oraz dla odpowiadających tym przepływowi rzędnych zwierciadła wody, jakie występowały przed wybudowaniem jazu. Analizowano przyrost retencji w wyniku spiętrzenia rzeki. Położenie zwierciadła wody oraz charakterystyki geometryczne i hydrauliczne przekrojów poprzecznych koryta na odcinku powyżej jazu obliczono w założeniu ruchu ustalonego wolnozmiennego z równania [Kubrak 1993]:

$$\phi(h) = h_i = h_{i+1} + \frac{\alpha_{i+1}}{2g} \left( \frac{Q}{F_{i+1}} \right)^2 - \frac{\alpha_i}{2g} \left( \frac{Q}{F_i} \right)^2 + \frac{\Delta x}{2} (I_i + I_{i+1})$$

gdzie:  $Q = vF$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad \text{– wzór Manninga,}$$

$\Delta_x$  – odległość między przekrojami,

$h$  – rzędna zwierciadła wody w przekroju,

$\alpha$  – współczynnik Coriolisa [–],

$Q$  – natężenie przepływu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-3}$ ],

$F$  – pole przekroju [ $\text{m}^2$ ],

$I$  – spadek hydrauliczny [–],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ],

$v$  – średnia prędkość przepływu w przekroju [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$R$  – promień hydrauliczny [m],

$n$  – współczynnik Manninga [ $\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ ],

$i, i + 1$  – indeksy oznaczające przekrój.

Do obliczenia zasięgu krzywej spiętrzenia wody w gruncie wykorzystano wzór Scharfda na zasięg promienia leja depresji:

$$R = 3000Z\sqrt{k}$$

gdzie:  $R$  – zasięg krzywej spiętrzenia [m],

$Z$  – różnica pomiędzy zwierciadłem wody spiętrzonej i niespiętrzonej [m],

$k$  – współczynnik filtracji [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

Na podstawie zasięgu spiętrzenia wody w gruncie ( $R$ ) oraz podpiętrzenia zwierciadła wody w korycie ( $Z$ ) obliczono szacunkowo przyrost retencji gruntowej. Wyznaczono objętość bryły gruntu, jaka znalazła się pod wpływem spiętrzenia, i pomnożono ją przez współczynnik odsączalności grawitacyjnej dla danego rodzaju gruntu według Wieczystego [1982].

Próbki wody do analiz fizykochemicznych pobierano w czasie wykonywania pomiarów hydrometrycznych w trzech przekrojach: poniżej jazu (WD), powyżej jazu (WG) oraz na końcu cofki (C – rys. 4). Profile WD i WG obrazują, jak zmienia się jakość wód pod wpływem piętrzenia, natomiast profil C przedstawia jakość wody bez wpływu urządzenia piętrzącego. Analizy fizykochemiczne wody obejmowały 14 wskaźników, związanych z rozwojem roślinności wodnej. Badane wskaźniki to: temperatura wody, odczyn,

barwa pozorna, mętność, przewodność, tlen rozpuszczony, utlenialność, pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT<sub>5</sub>), amoniak (N–NH<sub>4</sub>), azotany (V) (N–NO<sub>3</sub>), ortofosforany (V) (P–PO<sub>4</sub>), fosfor ogólny (P<sub>og</sub>) oraz sód i potas. Wpływ piętrzenia jazu na jakość wody mierzono różnicą (w %) wartości poszczególnych wskaźników jakości wody pomiędzy stanowiskami: koniec cofki – woda górna, oraz woda górna – woda dolna.

Osady dennie badano pod kątem zawartości materii organicznej oraz azotu i fosforu ogólnego. Próbkę pobrano w lipcu 2006 roku z trzech stanowisk: poniżej jazu, powyżej jazu oraz na końcu wpływu cofki (rys. 4).

Badania fitosocjologiczne przeprowadzono w lipcu 2004 roku na Łasicy oraz w 2006 roku na Świdrze. Powyżej jazu badania obejmowały odcinek od jazu do końca cofki, czyli na długości około 2600 m na Łasicy, a na Świdrze – około 2300 m. Poniżej jazu odcinek badawczy wynosił: na Łasicy 250 m, a na Świdrze 300 m. Inwentaryzację roślinności wykonano w transektach odległych od siebie o 50–60 m. W każdym transekcie w nurcie, przy brzegu prawym i przy brzegu lewym wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta, w skali 7-stopniowej, oddzielnie dla roślinności wodnej i szuwarowej. Na podstawie wykonanych zdjęć fitosocjologicznych określono zbiorowiska roślinne. W celu wykazania wpływu jazu na roślinność korytową analizowano rozmieszczenie zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych w różnych odległościach od jazu w górę rzeki oraz w stanowisku wody dolnej, biorąc pod uwagę zróżnicowanie warunków hydrologicznych, jakości wody i osadów dennych. Dla każdego zdjęcia określono również różnorodność biologiczną na podstawie ogólnego wskaźnika różnorodności Shannona-Weavera [Lampert i Sommer 1996]:

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

gdzie:  $S$  – liczba gatunków,

$p_i$  – stosunek pokrycia pojedynczego gatunku do pokrycia wszystkich gatunków.

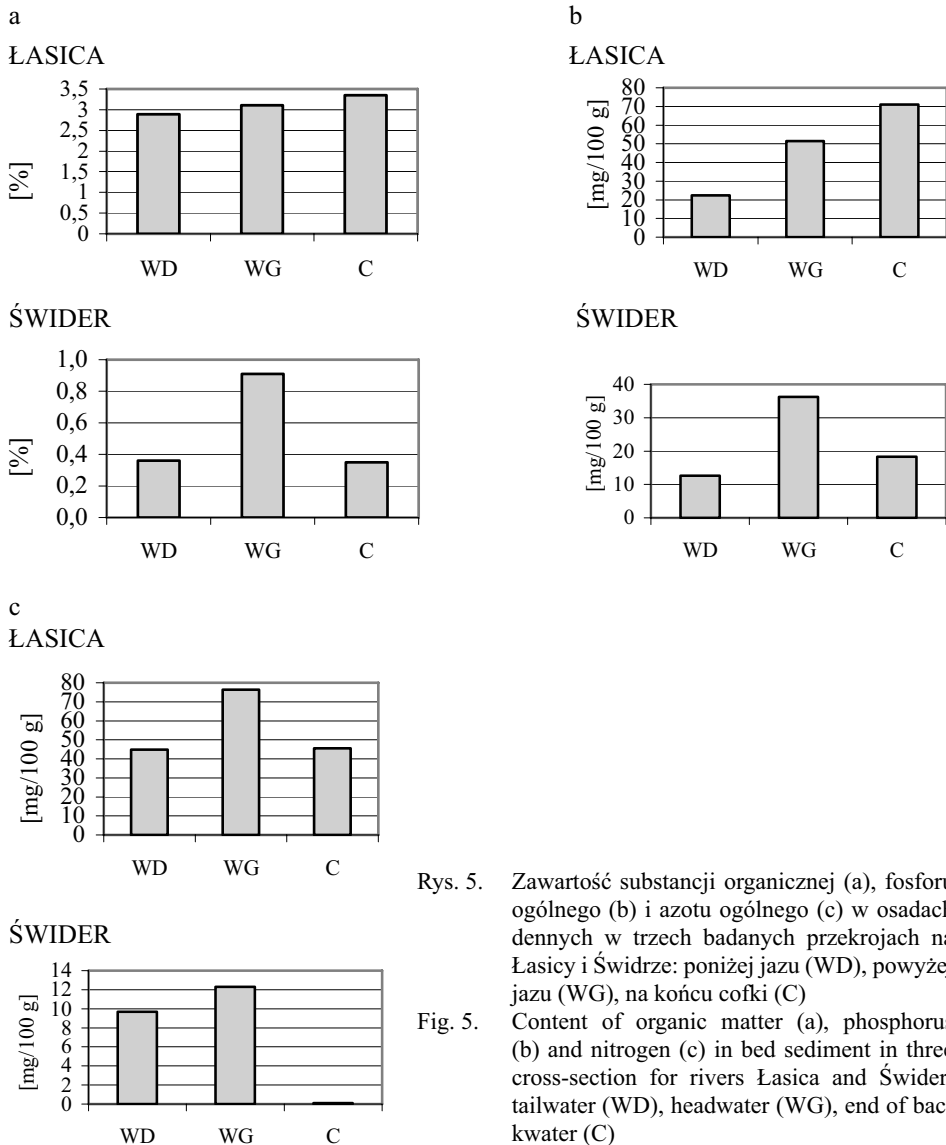
## WYNIKI BADAŃ

W wyniku piętrzenia jazu zaobserwowano zmiany przepływu w badanych przekrojach. W Elżbietowie na Łasicy w stanowisku wody górnej jazu prędkości wody były mniejsze o 31,6% w stosunku do końca cofki. W wyniku piętrzenia wody przez jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze w stanowisku wody górnej prędkości przepływu były mniejsze o 57,1% w stosunku do końca cofki.

Na jazu w Elżbietowie na Łasicy, gdzie różnica położenia zwierciadła wody górnej i dolnej wynosiła od 0,37 do 0,71 m, retencja korytowa wynosiła od 9,3 do 21,7 tys. m<sup>3</sup>. Jaz przyczynił się do zwiększenia retencji od 3,0 do 7,1 tys. m<sup>3</sup>. Natomiast retencja gruntowa w badanym okresie zwiększyła się od 0,438 do 2,12 tys. m<sup>3</sup>, w zależności od wysokości piętrzenia. Jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze utrzymywał znacznie wyższe piętrzenia, wynoszące średnio 2,0 m, przy wahaniami od 1,4 do 2,7 m. Retencja korytowa wynosiła od 33,1 do 114 tys. m<sup>3</sup>. Jaz w Woli Karczewskiej zwiększał retencję korytową o 7,5 do

69,6 tys. m<sup>3</sup>. Wzrost retencji gruntowej na badanym odcinku wynosił od 0,433 do 11,9 tys. m<sup>3</sup>.

W związku ze spiętrzeniem rzek stwierdzono zmiany badanych wskaźników w osadach dennych. Na Łasicy powyżej jazu w Elżbietowie następowała kumulacja związków azotu oraz redukcja związków fosforu i materii organicznej (rys. 5). Na Świdrze powyżej jazu w Woli Karczewskiej następowała kumulacja w osadach dennych materii organicznej oraz związków azotu i fosforu (rys. 5).

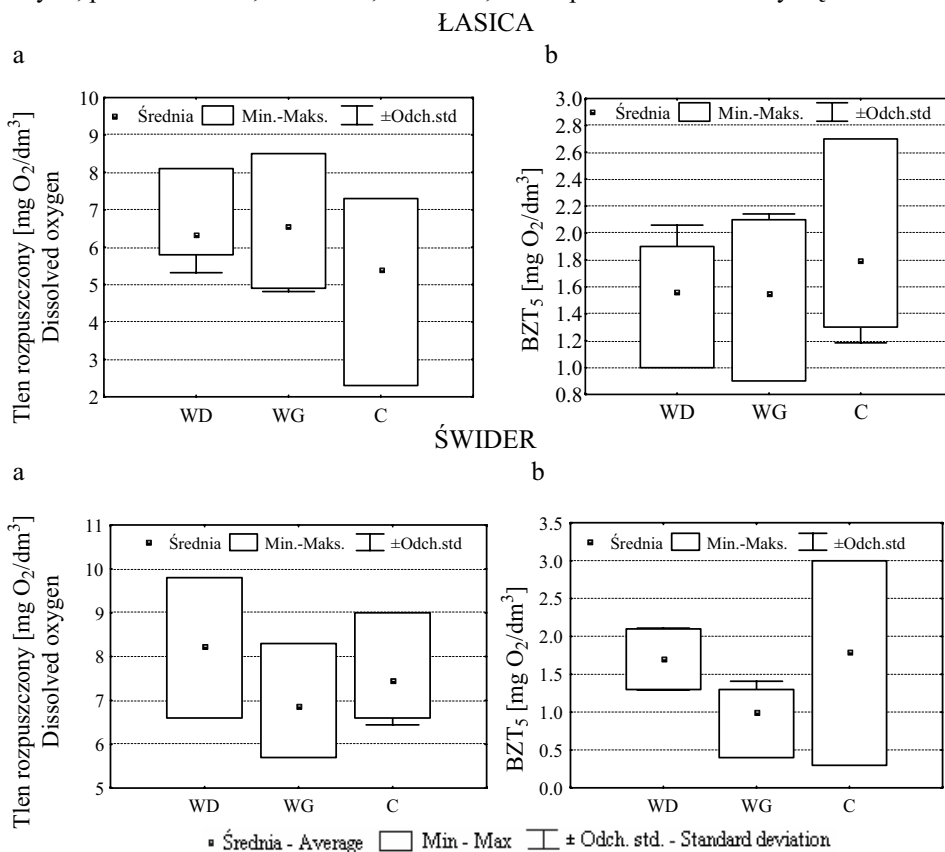


Rys. 5. Zawartość substancji organicznej (a), fosforu ogólnego (b) i azotu ogólnego (c) w osadach dennych w trzech badanych przekrojach na Łasicy i Świdrze: poniżej jazu (WD), powyżej jazu (WG), na końcu cofki (C)

Fig. 5. Content of organic matter (a), phosphorus (b) and nitrogen (c) in bed sediment in three cross-section for rivers Łasica and Świder: tailwater (WD), headwater (WG), end of backwater (C)

Zaobserwowano również zmiany niektórych wskaźników jakości wody. Podczas piętrzenia wody na jazie w Elżbietowie na Łasicy w wodzie powyżej jazu stwierdzono mniejsze wartości BZT<sub>5</sub> i utlenialności oraz większe wartości tlenu rozpuszczonego (rys. 6) w stosunku do końca cofki. Zaobserwowano również mniejsze wartości barwy i mętności wody w stanowisku wody górnej w porównaniu z końcem cofki. Różnice te widoczne były przy największych wysokościach piętrzenia. Zmiany w zawartościach fosforu ogólnego powyżej jazu były różnokierunkowe. Wartości pozostałych wskaźników nie zmieniały się.

Podczas piętrzenia wody na jazie w Woli Karczewskiej na Świdrze nastąpiło pogorszenie warunków tlenowych w stanowisku górnym jazu. W wyniku tego zmniejszyło się obciążenie materia organiczną wyrażoną wartością BZT<sub>5</sub> i utlenialnością (rys. 6). Podobnie jak w przypadku Łasicy, zmiany w zawartościach związków fosforu powyżej jazu były różnokierunkowe. Natomiast wartości temperatury wody, barwy, mętności, odczynu, przewodnictwa, amoniaku, azotanów, sodu i potasu nie zmieniały się.



Rys. 6. Porównanie tlenowych wskaźników jakości wody w trzech badanych przekrojach na Łasicy i Świdrze: poniżej jazu (WD), powyżej jazu (WG), na końcu cofki (C): a – tlen rozpuszczony, b – BZT<sub>5</sub>

Fig. 6. Comparison of oxygen indices of water quality in three cross-section for rivers Łasica and Świdra: tailwater (WD), headwater (WG), end of backwater (C): a – dissolved oxygen, b – BOD<sub>5</sub>

Koryto na całym badanym odcinku rzeki Łasicy było obficie zarośnięte roślinnością. Na niektórych odcinkach zbiorowiska roślinności wodnej i szuwaru przenikały się. W roślinności wodnej zidentyfikowano 3 zbiorowiska roślin wodnych z klasy Potametea (rys. 7). Wśród roślinności szuwarowej zidentyfikowano 4 zbiorowiska z klasy Phragmitetea [Matuszkiewicz 2001] (rys. 7b).

Wartości ogólnego wskaźnika różnorodności biologicznej Shannona-Weavera dla roślinności szuwarowej zmniejszały się na badanym odcinku wzdłuż biegu rzeki. Na końcu cofki średnia wartość wskaźnika wynosiła 1,1, na odcinku powyżej jazu 0,74, a poniżej jazu już 0,67. Dla roślinności wodnej średnia wartość wskaźnika powyżej jazu wynosiła 0,48 i była dwukrotnie większa niż w stanowisku wody dolnej.

W korycie Świdra zidentyfikowano 8 zbiorowisk roślin wodnych z klasy Potametea (rys. 8a). Wśród roślinności szuwarowej występowało 8 zbiorowisk z klasy Phragmitetea [Matuszkiewicz 2001] (rys. 8b). Wartość ogólnego wskaźnika różnorodności biologicznej Shannona-Weavera dla roślinności wodnej na Świdrze była największa w stanowisku wody dolnej i wynosiła 0,74. Na końcu cofki wynosiła 0,62. Im bliżej jazu, tym różnorodność biologiczna była mniejsza. Zbiorowiska roślin wodnych o najmniejszej różnorodności biologicznej występowały w stanowisku wody górnej (0,15). Natomiast największa wartość wskaźnika dla roślinności szuwarowej była powyżej jazu i wynosiła 1,2. Najmniejsze bogactwo zbiorowisk i gatunków występowało poniżej jazu.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Podjęte w pracy zagadnienie wpływu piętrzeń wody w rzekach na środowisko przyrodnicze jest ważne, biorąc pod uwagę zasady zrównoważonego rozwoju zawarte w dyrektywach unijnych i konwencjach międzynarodowych obowiązujących Polskę. Niezbędne jest pogodzenie aspektów technicznych, gospodarczych i przyrodniczych eksploatacji budowli wodnych, zwłaszcza na obszarach chronionych, gdzie mają być formą ochrony lub renaturyzacji przesuszonych obszarów bagiennych.

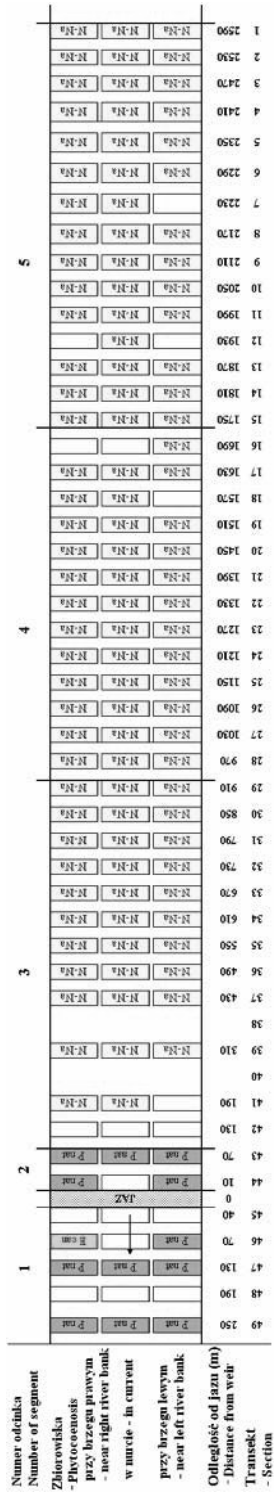
Z przeprowadzonych badań wynika, że czynniki abiotyczne, które zmieniają się pod wpływem piętrzenia jazu, to: ilość przepływającej wody, jej prędkość i głębokość oraz jakość wody i osadów dennych. Jak podaje Haslam [1978], są to główne czynniki wpływające na rozwój roślinności wodnej w rzekach. Zatem spiętrzenie rzeki oraz zmiany jakościowe i ilościowe wody i osadów dennych wpływają na rozwój roślinności wodnej. Im mniejsze zmiany w reżimie przepływu, niewychodzące poza granice tolerancji gatunków, tym mniejszy jest wpływ na roślinność. Jeśli zmiany są drastyczne, to roślinność zmienia się wyraźnie. Potwierdziły to niniejsze badania.

Piętrzenie wody znacząco wpływało na zmianę warunków hydraulicznych i hydrologicznych obu badanych rzek. Wielkość tych zmian zależy od wysokości piętrzenia, ale również od aktualnie panującej sytuacji hydrologicznej (wielkości przepływu). Największe różnice w warunkach przepływu pomiędzy badanymi przekrojami zaobserwowano latem i jesienią, przy przepływach niskich. Przy przepływach średnich te różnice były mniejsze.

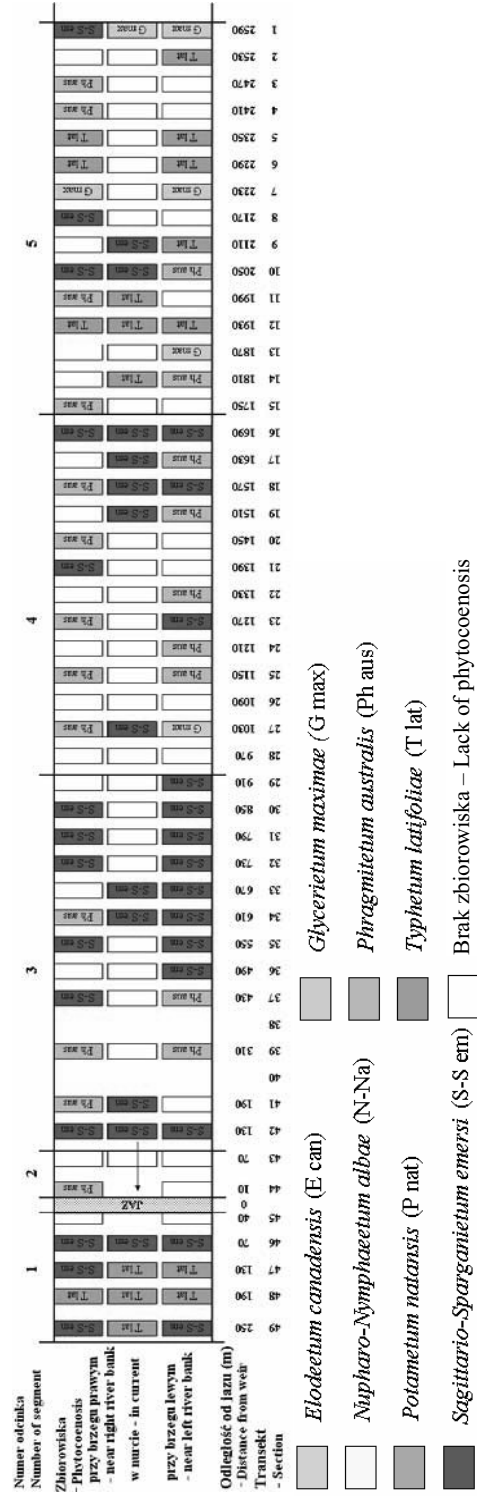
Piętrzenie wody na jazach przyczynia się do korzystnych zmian w bilansie wodnym i warunków siedliskowych, wstrzymując nadmierny odpływ wód powierzchniowych



a

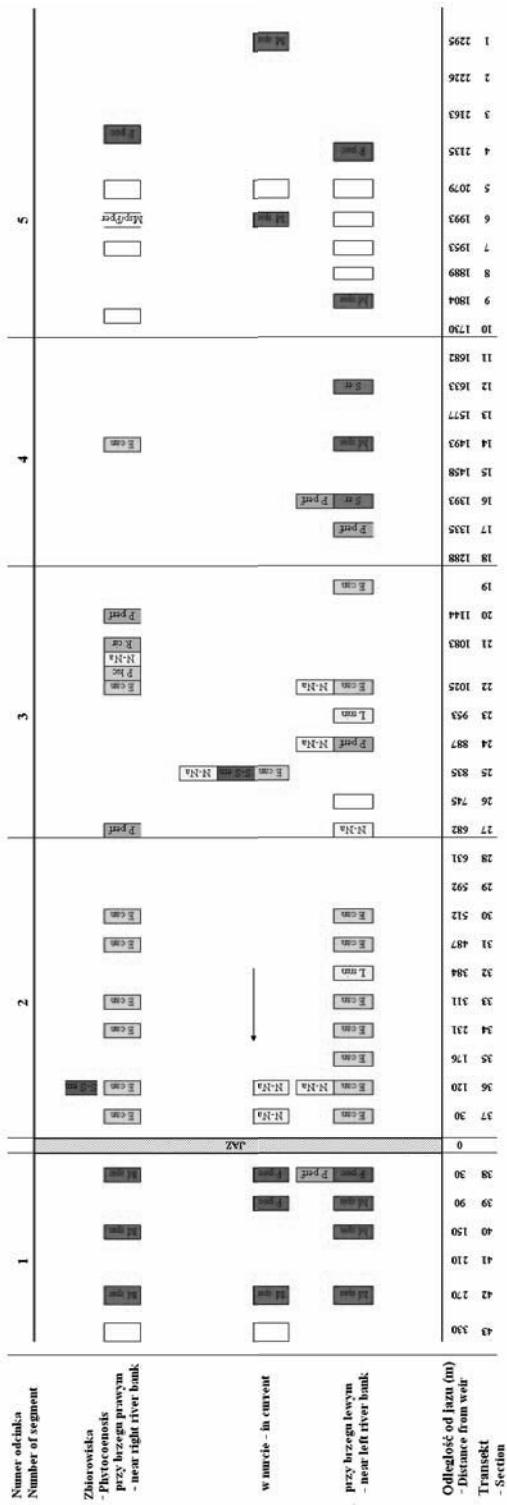


b

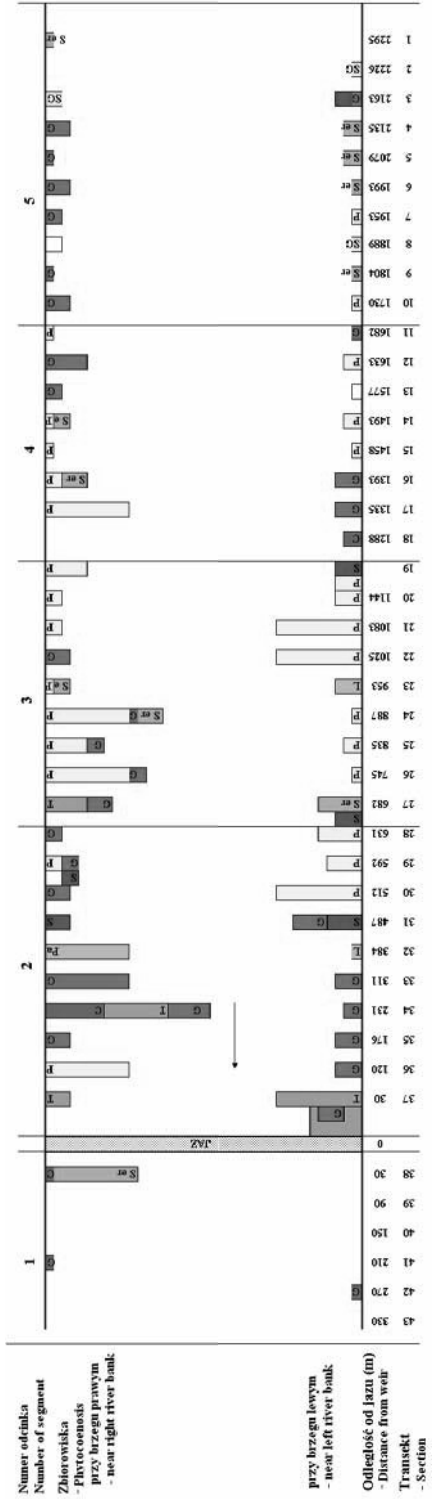


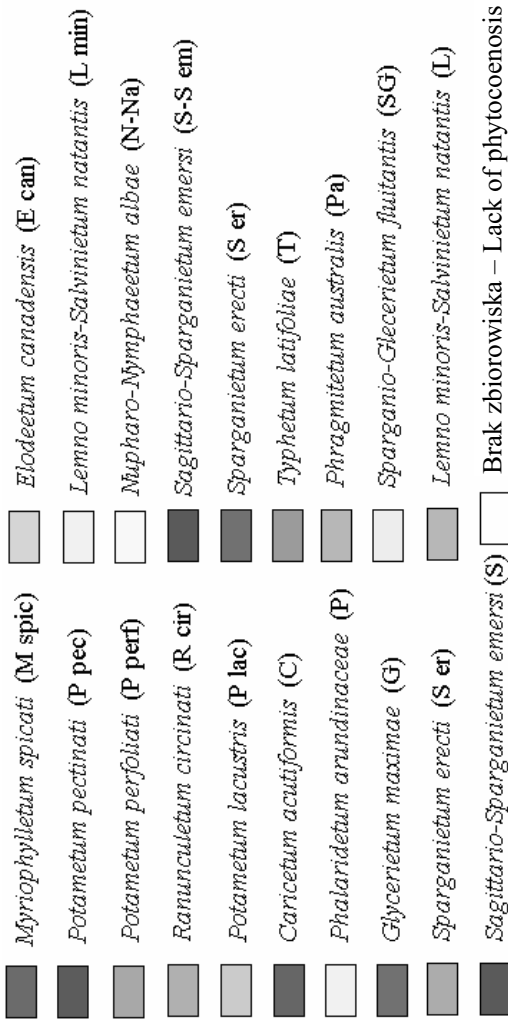
Rys. 7. Schemat rozmieszczenia zbiorowisk roślin wodnych (a) i szuwarowych (b) na badanym odcinku Łasicy Fig. 7. The scheme of distribution of water phytocoenosis (a) and of thick phytocoenosis (b) on Lasic River

a



b





Rys. 8. Schemat rozmieszczenia zbiorowisk roślin wodnych (a) i szuwarowych (b) na badanym odcinka Świdra  
 Fig. 8. The scheme of distribution of water phytocoenosis (a) and of thicket phytocoenosis (b) on Świdra River

i gruntowych, zwiększając retencję korytową i gruntową w okresie letnim. Zwiększenie zdolności retencyjnej koryta zależało od wysokości piętrzenia i natężenia przepływu.

Na odcinkach rzek Łasicy i Świdra, będących pod wpływem piętrzenia wody przez jaz, wskutek zmian warunków przepływu zmieniały się wartości wskaźników jakości wody i osadów dennych. W związku z piętrzeniem wody przez jaz w Elżbietowie na Łasicy redukcja związków fosforu i materii organicznej następowała prawdopodobnie w wyniku sorpcji zawieszin w korycie, które było bardzo silnie zarośnięte roślinnością. Mniejsze wartości BZT<sub>5</sub> i utlenialności, stwierdzone w wodzie powyżej jazu, wynikały z utlenienia związków organicznych na badanym odcinku. Koryto było obficie zarośnięte roślinnością wodną, która w procesie fotosyntezy powodowała wzrost stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie powyżej jazu. Mniejsze wartości barwy i mętności wody w stanowisku wody górnej, w porównaniu z końcem cofki, widoczne przy największych wysokościach piętrzenia, spowodowane były prawdopodobnie sedymentacją zawieszin wywołaną zmniejszeniem prędkości przepływu w korycie rzeki.

Pod wpływem piętrzenia wody przez jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze w wyniku zmniejszonej prędkości przepływu i procesów sedymentacji powyżej jazu następowała kumulacja materii organicznej oraz związków azotu i fosforu w osadach dennych. Pogorszenie warunków tlenowych, zaobserwowane w wodzie powyżej jazu, wynikało z procesów utlenienia materii organicznej. Stąd mniejsza zawartość materii organicznej wyrażonej wartością BZT<sub>5</sub> i utlenialnością. Mniejsza zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie powyżej jazu mogła być spowodowana mniejszym zasilaniem wody tlenem atmosferycznym w wyniku zmniejszenia prędkości przepływu w czasie piętrzenia wody.

Zmiany ilościowe i jakościowe wody oraz osadów dennych, wywołane piętrzeniem wody na obu badanych rzekach, w różny sposób wpływały na fitocenozy wodne. Na badanym odcinku Łasicy nie stwierdzono zmian w roślinności korytowej. Wynika to z faktu, iż zróżnicowanie warunków abiotycznych, występujące w zasięgu oddziaływania jazu w Elżbietowie, nie wykracza poza granice tolerancji występujących tu roślin wodnych i większości szuwarowych. Stwierdzono natomiast zmiany różnorodności biologicznej na badanym odcinku.

Na badanym odcinku Świdra występowało zróżnicowanie rozmieszczenia zbiorowisk wodnych w korycie rzeki, które było efektem zmian prędkości przepływu wody i osadów dennych, wynikających ze spiętrzenia rzeki. Zróżnicowanie prędkości przepływu, najważniejszego czynnika wpływającego na zbiorowiska wodne [Wysocki i Sikorski 2002], było wyraźne. W stanowisku górnym jazu, gdzie prędkości wody były najmniejsze, dominowało zbiorowisko preferujące wody zaciszne, czyli *Elodeetum canadensis*. Na końcu cofki i poniżej jazu dominowały fitocenozy zespołów: *Myriophylletum spicati*, *Potametum pectinati* i *Potametum perfoliati*, którym zasiedla dość szybko płynące cieki. Ponadto poniżej jazu na 8 stanowiskach zarejestrowano obecność mchu *Fontynalis antipyretica*, czyli gatunku, który można spotkać w potokach górskich [Podbielkowski i Tomaszewicz 1996]. Na zróżnicowanie zbiorowisk wodnych na badanym odcinku Świdra wpływał również rodzaj osadów dennych. Zbiorowiska, które wymagają większych zawartości fosforu i azotu ogólnego oraz materii organicznej w osadach dennych, tj. *Elodeetum canadensis* i *Nupharo-Nymphetum albae* [Clarke i Wharton 2001], występowały powyżej jazu, gdzie stwierdzono największą zawartość tych składników w osadach dennych. Poniżej jazu i na końcu cofki, gdzie były znacznie mniejsze zawartości fosforu

i azotu ogólnego oraz materii organicznej, występowały zbiorowiska *Myriophylletum spicati*, *Potametum pectinati* i *Potametum perfoliati*. Piętrzenie wody przyczyniło się do stworzenia w stanowisku górnym licznych zatok i rozlewisk o małej prędkości przepływu, w których występowały zbiorowiska roślin szuwarowych. Na odcinku od końca cofki do jazu wraz ze zmniejszaniem się prędkości przepływu zwiększała się szerokość strefy szuwarowej w korycie (rys. 8b).

Na wodach rzeki Świder stwierdzono duże bogactwo gatunkowe. Związane to było z dużym zróżnicowaniem warunków przepływu. Największą wartość ogólnego wskaźnika różnorodności biologicznej Shannona-Weavera dla roślinności szuwarowej stwierdzono powyżej jazu na odcinku 1200 m. Natomiast wskaźnik różnorodności biologicznej dla roślinności wodnej był największy w stanowisku wody dolnej. Zbiorowiska roślin wodnych o najmniejszej różnorodności biologicznej występowały w stanowisku wody górnej.

Instrukcje eksploatacji budowli wodnych w zakresie gospodarowania wodą, polegającą na regulowaniu poziomu wody zamknięciami jazów, powinny uwzględniać potrzeby wodne zbiorowisk roślinnych, zwłaszcza na obszarach chronionych, oraz wymogi hydrologiczne przejścia wielkich wód i zapewnienia przepływu nienaruszalnego. Należy stosować rozwiązania kompromisowe, prowadzące do spełnienia wymagań zarówno hydrologicznych, ekologicznych rzeki, jak i właścicieli gruntów sąsiadujących z rzeką. W celu utrzymania odpowiedniego uwilgotnienia doliny niezbędne jest utrzymywanie maksymalnych poziomów piętrzenia w okresie niskich stanów wody. W przypadku przejścia wielkich wód zamknięcia powinny być otwarte.

Czynnikiem niepokojącym, zwłaszcza na obszarach chronionych, jest spadek bogactwa gatunków i zbiorowisk oraz wskaźnika bioróżnorodności na niektórych odcinkach rzeki, zwłaszcza poniżej jazu. Ponadto ze względu na brak przepławki na jazie w Woli Karczewskiej rzeka Świder nie pełni funkcji korytarza ekologicznego, co jest niezgodne z zasadami proekologicznymi, zawartymi w ustawach Prawo wodne i Ochrona przyrody.

W ramach konserwacji istniejących kanałów w Kampinoskim Parku Narodowym prowadzone było do 1996 roku wykaszanie roślinności korytowej i brzegowej. Zaniechanie wykaszania jest korzystne z punktu widzenia przyrodniczego. Nie powoduje zubożenia ekosystemów wodnych i przyczynia się do zwiększenia oporów ruchu, ograniczając nadmierny odpływ wód powierzchniowych i gruntowych z terenu parku.

## WNIOSKI

1. Budowle piętrzące korzystnie wpływają na retencję korytową i gruntową, a jej wielkość zależy od reżimu przepływu i wysokości piętrzenia:

– spiętrzenie wody na jazie w Elżbietowie na Łasicy, wynoszące od 0,37 do 0,71 m, wpłynęło na zwiększenie retencji korytowej w granicach od 3,0 do 7,1 tys. m<sup>3</sup> oraz retencji gruntowej od 0,438 do 2,12 tys. m<sup>3</sup>,

– jaz w Woli Karczewskiej na Świdrze, na którym spiętrzenie wody wynosiło od 1,4 do 2,7 m, zwiększało retencję korytową od 7,5 do 70 tys. m<sup>3</sup> oraz retencję gruntową od 0,438 do 2,12 tys. m<sup>3</sup>.

2. Piętrzenie na rzece wpływa na niektóre wskaźniki jakości wody:

– w stanowisku górnym obu jazów stwierdzono zmiany ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie; na Łasicy ilość tlenu rozpuszczonego powyżej jazu była większa w stosunku do końca cofki; koryto na tym odcinku było obficie zarośnięte roślinnością wodną, która mogła powodować wzrost stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie w wyniku procesu fotosyntezy; na Świdrze ilość tlenu rozpuszczonego powyżej jazu była mniejsza niż na końcu cofki; następowało większe zużycie tlenu na utlenienie materii organicznej oraz mniejsze zasilanie wody tlenem atmosferycznym w wyniku zmniejszenia prędkości przepływu; w stanowisku górnym obu jazów stwierdzono również mniejsze wartości BZT<sub>5</sub> i utlenialności, wynikające z utlenienia materii organicznej w wodzie w stosunku do końca cofki; w korycie Świdra mniejsza prędkość przepływu powyżej jazu powodowała również sedymentację materii organicznej w osadach dennych,

– oddziaływanie piętrzenia na barwę i mętność wody powyżej jazu było różne w badanych obiektach; na Łasicy, przy największych wysokościach piętrzenia, zaobserwowano mniejsze wartości barwy i mętności wody w stanowisku wody górnej; spowodowane to było sedymentacją zawieszin wywołaną zmniejszeniem prędkości przepływu w korycie rzeki; na Świdrze nie stwierdzono zmian barwy i mętności wody,

– zmiany w zawartości związków fosforu powyżej jazu były różnokierunkowe; w niektórych przypadkach ilość fosforu była mniejsza, niekiedy większa lub równa zawartości fosforu w wodzie na końcu cofki; dopiero dalsze badania mogą wyjaśnić przyczyny tych zmian.

3. Piętrzenie wody wpływa na zróżnicowanie roślinności w korycie. Większe bogactwo zbiorowisk i gatunków roślin występowało na Świdrze niż na Łasicy. Wynika to z większego zróżnicowania warunków przepływu. Na Świdrze wyróżniono 17 zbiorowisk roślinnych w korycie, w tym 8 zbiorowisk roślin wodnych i 9 zbiorowisk szuwarowych. Natomiast na Łasicy, gdzie występowało mniejsze zróżnicowanie warunków przepływu, wyróżniono tylko 7 zbiorowisk, w tym 3 zbiorowiska roślin wodnych i 4 szuwarowe.

4. Na Łasicy wartość ogólnego wskaźnika Shannona-Weavera była największa na końcu cofki i zmniejszała się wraz ze zbliżaniem się do jazu. Najmniejszą wartość stwierdzono w stanowisku wody dolnej. Na Świdrze wartość ogólnego wskaźnika Shannona-Weavera wskazywała na większą różnorodność zbiorowisk szuwarowych w korycie rzeki powyżej jazu, a mniejszą w stanowisku wody dolnej. Różnorodność zbiorowisk roślin wodnych była najmniejsza powyżej jazu.

## PIŚMIENNICTWO

- Ciepielowski A., Włodarczyk A., 2004. Budowle wodne na obszarach chronionych. *Acta Scientiarum Polonorum, Architectura* 3 (1), 3–21.
- Clarke S.J., Wharton G., 2001. Using Macrophytes for the Environmental Assessment of Rivers: The Role of Sediment Nutrients. R&D Technical Report E1-S01/TR. Environment Agency ([www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk)).
- Haslam S.M., 1978. River plants of Western Europe. The macrophytic vegetation of watercourses in the E.E.C. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kubrak J., 1993. Obliczenie zwierciadła wody w korytach otwartych w ruchu ustalonym. XIII Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki „Współczesne problemy hydrauliki wód śródlądowych”

- wych". Kraków – Szczyrk, 21–24 września 1993. PAN Instytut Budownictwa Wodnego Gdańsk, 149–153.
- Lampert W., Sommer U., 1996. Ekologia wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mioduszewski W., 2003. Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego. Poradnik. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz T., 1996. Zarys hydrobotaniki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. DzU z 2004 r., nr 92, poz. 880.
- Ustawa – Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r., DzU z 2001 r., nr 115, poz. 1229 z późniejszymi zmianami
- Wieczysty A., 1982. Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa.
- Wysocki Cz., Sikorski P., 2002. Zarys fitosocjologii stosowanej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

## THE IMPACT OF DAMMING THE LASICA AND SWIDER RIVERS ON SELECTED ELEMENTS OF THE ENVIRONMENT

**Summary.** The work aimed at investigating the impact of water damming on changes of discharge regime, quality of water and river bed sediments, and plant associations within the river channel. The analysis was carried out on the Łasica and Świder rivers situated in protected areas. The research results point out that suitable location and construction of damming facilities as well as their suitable exploitation consisting in right regulation of water level can be favourable for environmental. This is especially important for legally protected areas where the increase of water retention is a precondition for conservation of valuable plant sites.

**Key words:** weirs, water damming, impact on environment, protected areas

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.03.2008