

ZBIGNIEW POPEK¹, TOMASZ FALKOWSKI², PIOTR OSTROWSKI²

¹Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

²Katedra Geoinżynierii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ANALIZA POTRZEB I MOŻLIWOŚCI PRZEBUDOWY KORYTA WISŁY W WARSZAWIE

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wpływu zabudowy regulacyjnej i poboru kruszywa na zmiany morfologiczne w korycie Wisły w Warszawie. Największe zmiany morfologiczne, obejmujące erozję wgłębną dna koryta głównego z jednoczesną sedymentacją rumowiska w przestrzeniach między tamami poprzecznymi, wystąpiły w ciągu ostatnich 40 lat. Wyniki badań wykonanych w 2008 roku wskazują, że proces erozji wgłębnej koryta uległ pewnemu zahamowaniu, niemniej jednak obecny stan koryta okresowo powoduje utrudnienia w żegludze lub całkowicie ją uniemożliwia, utrudnia korzystanie z portów i przystani; zanikły piaszczyste plaże oraz nadmiernie zarósł teren międzywala. Wszystko to spowodowało zmniejszenie znaczenia gospodarczego, wartości przyrodniczych oraz turystyczno-rekreacyjnych rzeki. W celu przywrócenia stanu koryta Wisły z pierwszej połowy XX wieku zaproponowano wielowariantową koncepcję częściowej renaturyzacji rzeki. Główne zmiany dotyczą przebudowy systemu tam poprzecznych oraz budowy niskich progów dennych lub jazu powłokowego do stabilizacji dna i spiętrzenia wód niskich i średnich.

Słowa kluczowe: zabudowa regulacyjna, morfologia koryta, renaturyzacja rzeki

Wstęp

Wisła na odcinku w Warszawie jest rzeką uregulowaną i obwałowaną. Pierwszy projekt regulacji Wisły został opracowany przez inż. Kostaneckiego w 1873 roku (ŻELAZO i IN. 1998, WIERZBICKI i UJDA 2002). W latach 1884-1889 według tego projektu prowadzono roboty regulacyjne w rejonie ujęcia wody dla budowanego przez Lindleya wodociągu warszawskiego. Do 1910 roku koryto Wisły zostało uregulowane na odcinku od Wilanowa do mostu Kierbedzia, tj. na długości 11,3 km. Ukształtowany wówczas układ poziomy Wisły o szerokości koryta wód średnich wynoszącej 340 m zachował się do lat pięćdziesiątych XX wieku. W latach 1960-1970 dokonano istotnej korekty trasy

regulacyjnej, w wyniku której koryto wód średnich zostało zabudowane systemem tam poprzecznych i podłużnych, co spowodowało jego zwężenie mniej więcej o 34% – do szerokości 225 m. Wały przeciwpowodziowe w Warszawie były budowane w sposób mało systematyczny i w długim okresie czasu. Pierwsze krótkie odcinki wałów powstawały już w pierwszej połowie XIX wieku, ale dopiero w latach siedemdziesiątych XX wieku zakończono budowę systemu obwałowań w rejonie Warszawy. W zasadzie od początku lat sześćdziesiątych rozpoczął się również proces modernizacji starych odcinków wałów. W wyniku budowy wałów koryto wód wielkich na śródmiejskim odcinku Wisły uzyskało szerokość 450-500 m, tj. około dwukrotnie mniejszą od średnich szerokości międzywała zarówno na odcinku Wisły powyżej, jak i poniżej Warszawy. Tak ukształtowane warunki przepływu w obrębie Warszawy, wyraźnie różniące się od występujących na odcinkach powyżej i poniżej miasta (GUTRY-KORYCKA i IN. 2006), miały istotny wpływ na zmiany morfologii koryta Wisły. W wyniku znacznej koncentracji zarówno koryta wód średnich, jak i wielkich nastąpiła erozja wgłębna dna w obrębie trasy regulacyjnej z jednoczesnym załadowaniem przestrzeni między ostrogami. Na proces ten ujemny wpływ miało również intensywne wydobywanie kruszywa z koryta głównego, powodujące zachwianie bilansu transportu rumowiska, a także usuwanie głazów i raf kamiennych, powodujące odsłonięcie i osłabienie odporności na rozmywanie utworów stanowiących lokalne bazy erozyjne w podłożu aluwii (SKIBIŃSKI 1963, ŻELAZO i IN. 1998). Na podstawie symulacyjnych obliczeń numerycznych przepływu wody i transportu rumowiska z uwzględnieniem ilości wydobywanego z rzeki kruszywa w latach 1967-2002 stwierdzono (ŻELAZIŃSKI i IN. 2005), że erozja koryta Wisły na odcinku km 500-520 w 60-70% jest spowodowana nadmierną eksploatacją kruszywa, a pozostała część – zwężeniem koryta przez zabudowę regulacyjną.

Na skutek zmian morfologicznych koryta nastąpiło pogorszenie warunków żeglugi na Wiśle, zwłaszcza w okresach niżówek, utrudnienia w korzystaniu z portów i przystani (a niekiedy całkowite uniemożliwienie korzystania z nich), zanikły piaszczyste plaże oraz nadmierne zarósł teren międzywała, co spowodowało zmniejszenie znaczenia gospodarczego rzeki, walorów turystyczno-rekreacyjnych oraz przyrodniczych (DAMIĘCKI i IN. 2008).

Material i metody

Dotychczasowe analizy przebiegu i dynamiki zmian morfologicznych na rozpatrywanym odcinku Wisły przeprowadzono przede wszystkim na podstawie wyników pomiarów dokonywanych w latach 1981-1997 pod kierunkiem doc. Wierzbickiego (WIERZBICKI 1994, 1997), które obejmowały m.in. coroczne sondowania dna koryta w 150 przekrojach poprzecznych oraz pomiary układu zwierciadła wody na odcinku od ujścia Pilicy do ujścia Narwi. Na podstawie tych pomiarów WIERZBICKI (1994) stwierdził, że od początku lat siedemdziesiątych do 1993 roku w wyniku erozji dna poziom wody na wodowskazie Warszawa-Nadwilanówka przy przepływie niskim $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ obniżył się mniej więcej o 1 m. Jednocześnie autor podaje, że w przypadku przepływu wód wielkich nie stwierdzono zmian stanów i spadków zwierciadła wody. Podobne wnioski dotyczące zmian krzywej przepustowości koryta dla przekroju wodowskazowego Warszawa są zawarte w pracy ŻELAZIŃSKIEGO i IN. (2005). Autorzy, na podstawie wyników pomiarów hydrometrycznych prowadzonych przez PIHM i IMiGW

w latach 1940-2002, stwierdzili, że przy przepływie niskim $Q = 212 \text{ m}^3/\text{s}$ poziom wody na wodowskazie Warszawa obniżył się mniej więcej o 2,5 m, natomiast według obliczeń numerycznych przy stałym przepływie średnim $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ w okresie 1968-2002 obniżenie poziomu wody wyniosło 0,8 m.

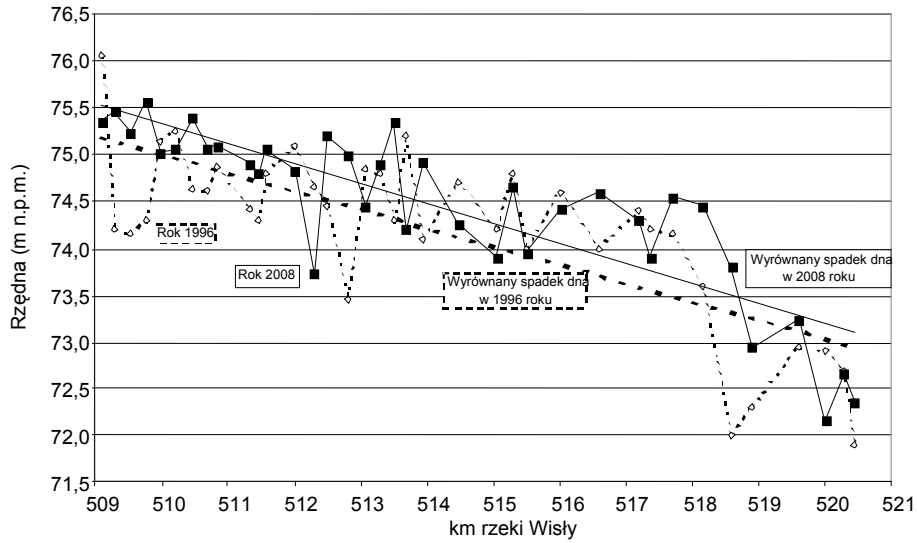
Bogaty materiał pomiarowy uzyskany przez WIERZBICKIEGO (1997) wykorzystano w pracach nad koncepcją zagospodarowania Wisły środkowej, prowadzonych przez HYDROPROJEKT na zlecenie ówczesnej ODGW w Warszawie. W ramach tych prac analizowano m.in. zmiany przekrojów poprzecznych i profilu podłużnego koryta Wisły, co okazało się zadaniem dość trudnym ze względu na brak dowiązania przestrzennego przekrojów do stałych punktów reperowych. W wielu przekrojach sondowano często tylko nurtową część koryta, pomijając części leżące za wyspami lub nadwodnymi odsypiskami, co uniemożliwiło dokładną ocenę zmian położenia nurtu, linii brzegów, wysp i odsypisk. Pomimo trudności z bardziej wnikliwą interpretacją danych pomiarowych stwierdzono wyraźną tendencję do narastania intensywności procesu erozji dna w linii nurtu, zwłaszcza na miejskim odcinku Wisły (ŻELAZO i IN. 1998, POPEK i ŻELAZO 2000).

Od 1996 roku nie prowadzono systematycznych i tak obszernych badań terenowych, jakimi kierował doc. Wierzbicki. Dopiero w 2008 roku, na odcinku Wisły w Warszawie (km 508-520) wykonano echosondaż koryta oraz sondowania geologiczne, których celem było określenie aktualnej morfologii koryta w obrębie trasy regulacyjnej, a także litologii współczesnych osadów facji korytowej oraz utworów stanowiących ich podłoże (FALKOWSKI i OSTROWSKI 2008). Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych można było uszczegółowić budowę geologiczną strefy korytowej oraz ocenić przebieg i dynamikę zmian morfologicznych, jakie w okresie 12 lat wystąpiły na analizowanym odcinku rzeki.

Wyniki i dyskusja

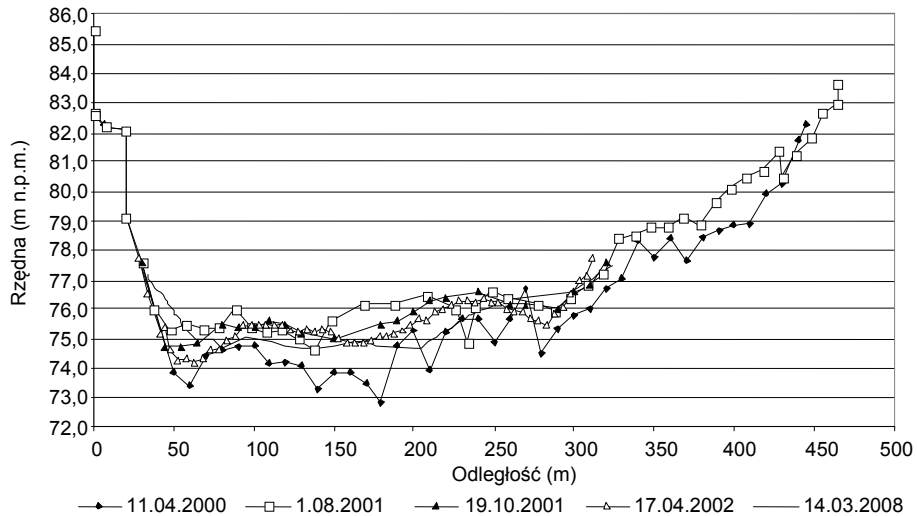
Wyniki sondowań koryta wykonanych w latach 1996 i 2008 wykorzystano do porównania profilu podłużnego dna w linii nurtu (minimalnych rzędnych dna), którego wykres przedstawiono na rysunku 1. Z wykresu wynika, że proces erozji wgłębnej dna Wisły na odcinku miejskim uległ zahamowaniu, a nawet w wyniku akumulacji rumowiska rzędne dna układały się wyraźnie wyżej niż w 1996 roku. W górnej części odcinka rzędne dna w linii nurtu podniosły się średnio mniej więcej o 0,35 m, natomiast w dole rzeki – o 0,2 m. Tylko na podstawie systematycznie prowadzonych pomiarów w długim okresie czasu można będzie w przyszłości stwierdzić, w jakim stopniu tendencja do podnoszenia się dna jest trwała. W efekcie stwierdzonych zmian wyrównany spadek dna Wisły zwiększył się z 0,2‰ w 1996 roku do 0,215‰ w 2008 roku. Wzrost spadku dna może więc w przyszłości zapoczątkować ponowny proces erozji koryta.

Wisła charakteryzuje się dużą dynamiką przebiegu procesów korytowych. W szeregu przekrojów poprzecznych, często w krótkich odstępach czasu, obserwowano niestabilność położenia nurtu oraz duże zmiany głębokości wody spowodowane przez na przemian występujące okresową erozję i akumulację rumowiska. W 2008 roku echosondaż dna wykonano w dniu 14 marca, natomiast w dniu 22 kwietnia, przy stanie wody wyższym o 22 cm, podczas sondowania geologicznego stwierdzono obniżenie się dna w niektórych miejscach mniej więcej o 1,5 m. Duża zmienność wysokościowa dna jest również widoczna na rysunku 2, na którym porównano wyniki sondowania



Rys. 1. Porównanie profilu podłużnego dna Wisły w linii nurtu w latach 1996 i 2008

Fig. 1. Comparison of longitudinal profile of the Vistula River bottom in thalweg line in 1996 and 2008



Rys. 2. Porównanie wyników sondowań wykonanych w latach 2000-2002 i 2008 w przekroju pomiarowym IMiGW

Fig. 2. Comparison of sounding carried out in years 2000-2002 and 2008 in measuring cross-section of IMiGW (Institute of Meteorology and Water Management)

w przekroju pomiarowym IMiGW zlokalizowanym 1140 m poniżej wodowskazu Warszawa z 2008 roku z wynikami z lat 2000-2002 (KASPRZAK 2002).

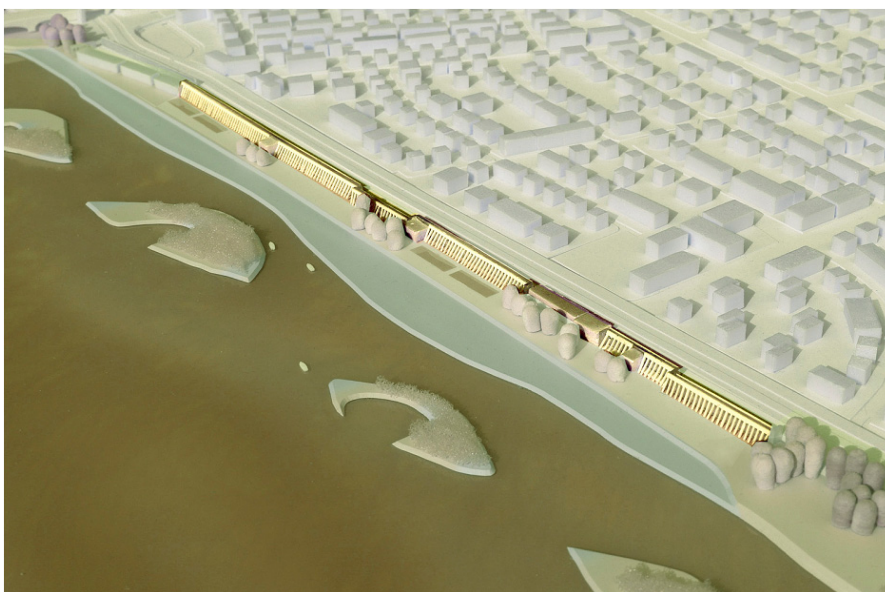
Bardzo istotną rolę w przebiegu procesów korytowych na odcinku Wisły w Warszawie odgrywa budowa geologiczna podłoża współczesnych aluwiów. Cały odcinek od km 503 do km 527 (w tym odcinek zwężenia szerokości tarasu współczesnego nazywany „gorsetem warszawskim”) to strefa występowania kulminacji trudno rozmywanego podłoża współczesnych aluwiów, zbudowanego z ilów plioceńskich, glin morenowych, ilów i pyłów zastoiskowych oraz żwirów i piasków rzecznych (FALKOWSKI 1990). Utwory rzeczne (glacjalne i interglacjalne), a także osady zastoiskowe, takie jak piaski drobne, piaski pylaste i pyły, są bardzo silnie zagęszczone. Utwory spoiste są często mocno skompresowane. W ilach plioceńskich i plejstocieńskich – zastoiskowych, a także niekiedy w glinach zwałowych, w wydobywanych spod dna próbkach obserwowano wyraźne złuskowacenia świadczące o ich glacitektonicznym sprasowaniu. Niekiedy stropowa część utworów spoistych (ok. 0,5 m miąższości) znajduje się w stanie miękkoplastycznym. Poniżej tej strefy grunt jest już w stanie twardoplastycznym i półzwałowanym. Glacitektoniczne zaburzenie osadów podłoża przedstawiane na przekrojach doliny już w 1936 roku (RÓŻYCKI i SUJKOWSKI 1936), widoczne jest także w mozaikowym układzie wychodni tworzących strop podłoża aluwiów (FALKOWSKI 2006). Powszechnym zjawiskiem jest występowanie na tej powierzchni rezydualnych bruków morenowych, zbudowanych ze żwirów i otoczaków. Lokalnie spotyka się nagromadzenie głazów. Miąższość strefy rezydualnej nie przekracza zwykle 1 m. Powierzchnia podłoża współczesnych aluwiów, szczególnie w strefie głównego nurtu, jest odsłaniana w dnie koryta w czasie przepływu wielkich wód. Po opadnięciu fali wezbraniowej w strefie tej przebiega depozycja luźnych aluwiów korytowych. W profilu współczesnych aluwiów, które w obrębie całej strefy korytowej są co najwyżej średniozagęszczone, występują warstewki żwirowe (bruk korytowy) wskazujące głębokość przeróbki w czasie wezbrań mniejszych niż maksymalne. Profil współczesnych osadów zmienia się po większych wezbraniach. W wielu strefach (np. w strefie ujęcia „Gruba Kaśka” – FALKOWSKI i ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK 2005) po większych wezbraniach pojawiają się często przeławicenia namulów organicznych.

Koncepcja częściowej renaturyzacji koryta Wisły

Wyniki pomiarów wykonanych w 2008 roku wskazują, że erozja koryta Wisły na odcinku w Warszawie nie pogłębia się i że nastąpiła pewna stabilizacja dna. Nie oznacza to jednak, że rzeka samoistnie powróci do dawnego stanu, tj. że podniesie się poziom wód średnich i niskich, co poprawiłoby warunki żeglugi, oraz że koryto odzyska, przynajmniej częściowo, charakter rzeki roztokowej z piaszczystymi wyspami i odsypiskami – cennymi strukturami korytowymi, które wpływają na wartość przyrodniczą i krajobrazową rzeki. W dokumentach planistycznych m.st. Warszawy: *Strategia rozwoju Warszawy do 2020 roku* (STRATEGIA... 2005) oraz *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy* (STUDIUM... 2006) wskazuje się na konieczność wzmocnienia i poszerzenia roli Wisły jako zasadniczego elementu systemu przyrodniczego miasta i jego struktury przestrzennej. Na zlecenie Urzędu m.st.

Warszawy zespół autorski z SGGW przygotował koncepcję zagospodarowania praskiego brzegu Wisły (DAMIĘCKI i IN. 2008), której podstawą była *Koncepcja programowo-przestrzenna Wiślanego Parku Przyrodniczego w Warszawie – projekt konkursowy* (CHOJNACKI 2006). W koncepcji tej postuluje się zagospodarowanie terenów nadbrzeżnych zgodnie z wymogami ochrony wartości przyrodniczych i dziedzictwa kulturowego, poprzez utworzenie punktów węzłowych będących połączeniem miasta z rzeką, a za podstawowy środek transportu wewnątrz parku przyjmuje się tramwaj wodny. Zdaniem zespołu z SGGW, przyjęte w koncepcji CHOJNACKIEGO (2006) rozwiązania w zakresie kształtowania koryta rzeki nie poprawią ani nie wyeliminują przyczyn obecnego stanu rzeki, w tym nie zapewnią poprawy warunków żeglugi oraz trwałości plaż, dlatego też przyjęto założenie, że w nowej koncepcji należy przewidzieć poszerzenie koryta Wisły do stanu z pierwszej połowy XX wieku oraz zróżnicowanie linii brzegowej, co spowoduje zmniejszenie prędkości przepływu i zahamowanie procesu erozji oraz poprawi warunki do samoistnego odtwarzania się plaż. Poszerzenie koryta nie powinno jednak powodować całkowitej zmiany obecnie uformowanej trasy regulacyjnej oraz powinno być prowadzone łącznie z innymi działaniami zapewniającymi stabilizację dna i podniesienie poziomu wód średnich i niskich.

Biorąc pod uwagę powyższe założenia, wstępnie opracowano trzy podstawowe warianty kształtowania koryta Wisły na odcinku miejskim. W wariantcie 1. (W1) zaproponowano odcięcie (lub przecięcie) istniejących tam poprzecznych w strefie praskiego brzegu i uformowanie bocznego koryta rzeki o szerokości 20-50 m. Pozostawienie pozostałej części ostróg umożliwi ustabilizowanie wytworzonych w ten sposób wysp (rys. 3). Wariant W2 zakłada skrócenie ostróg w celu zwiększenia szerokości trasy



Rys. 3. Widok koryta Wisły z wyspami w rejonie Saskiej Kępy – wariant W1B

Fig. 3. View of the Vistula riverbed with islands in Saska Kępa area – variant W1B

regulacyjnej z 225 m do 340 m, tj. do stanu, jaki był na początku lat sześćdziesiątych XX wieku. Ponadto w dodatkowych wariantach (oznaczonym jako A lub B) przewidziano wykonanie budowli piętrzących w celu stabilizacji dna rzeki oraz podniesienia poziomów wód średnich o 0,2-0,3 m i niskich o 0,5-0,6 m. Wariant A zakłada budowę trzech progów dennych oraz trzech śluz albo jednej śluzy i dwóch kanałów obiegowych dla umożliwienia żeglugi, natomiast wariant B – budowę jazu powłokowego z niskim progiem i śluzą żeglugową, zlokalizowanego na końcu rozpatrywanego odcinka rzeki, poniżej wejścia do Kanału Żerańskiego. Podstawowym zadaniem jazu będzie regulacja poziomów wód niższych od średniej w celu zwiększenia głębokości wody w okresie żeglugi.

Uwzględniając przedstawione wyżej propozycje rozwiązań podstawowych, zaproponowano również dodatkowe warianty, stanowiące kompilację wariantów W1, W2 oraz A i B. W tabeli 1 scharakteryzowano wszystkie rozpatrywane warianty, w tym wariant W0, tj. bez podejmowania inwestycji i z pozostawieniem koryta Wisły w obecnym stanie. Wyniki oceny poszczególnych wariantów (tab. 2), według uproszczonej metody autorskiej wskazują, że najkorzystniejsze byłyby warianty polegające na odcięciu lub skróceniu tam poprzecznych przy jednoczesnej budowie jazu powłokowego. Jednakże, biorąc pod uwagę wpływ na warunki przyrodnicze i krajobrazowe, bardziej korzystny wydaje się wariant W1B, polegający na odcięciu tam poprzecznych od strony praskiego brzegu Wisły i utworzenie wysp – stabilizowanych przynurtową częścią ostróg, z jednoczesnym wykonaniem jazu powłokowego.

Tabela 1. Charakterystyka wariantowych rozwiązań projektowych
Table 1. Characteristics of alternative designs

Wariant	Charakterystyka rozwiązań
W0	Stan istniejący, rezygnacja z podjęcia inwestycji
W0A	Pozostawienie tam poprzecznych w niezmienionym stanie, wykonanie progów dennych
W0B	Pozostawienie tam poprzecznych w niezmienionym stanie, wykonanie jazu powłokowego
W1	Odcięcie tam poprzecznych od strony praskiego brzegu bez dodatkowych budowli hydrotechnicznych
W1A	Odcięcie tam poprzecznych od strony praskiego brzegu, wykonanie progów dennych
W1B	Odcięcie tam poprzecznych od strony praskiego brzegu, wykonanie jazu powłokowego
W2	Skrócenie przynurtowej części tam poprzecznych bez dodatkowych budowli hydrotechnicznych
W2A	Skrócenie przynurtowej części tam poprzecznych, wykonanie progów dennych
W2B	Skrócenie przynurtowej części tam poprzecznych, wykonanie jazu powłokowego

Tabela 2. Wyniki uproszczonej oceny wariantów rozwiązań projektowych
Table 2. Results of simplified valuation of alternative designs

Lp.	Wpływ na warunki	Wariant								
		W0	W0A	W0B	W1	W1A	W1B	W2	W2A	W2B
1	Ochrona przed powodzią	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Ochrona przyrody	0	0	0	1	1	0	0	1	0
3	Rekreacja na lądzie	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1
4	Rekreacja wodna	-1	0	1	1	0	1	-1	0	1
5	Żegluga	0	0	1	0	0	1	-1	0	1
6	Krajobraz	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
7	Stabilność rzeki	-1	1	1	0	1	1	0	1	1
8	Gospodarcze wykorzystanie rzeki	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1
	Suma punktów	-4	1	4	4	6	7	0	6	7

Podsumowanie

Niekorzystne zmiany morfologiczne w korycie Wisły na odcinku w Warszawie, powstałe w wyniku istniejącej zabudowy regulacyjnej oraz nadmiernej eksploatacji kruszywa, wymagają podjęcia odpowiednich działań inwestycyjnych. Zaproponowane warianty przebudowy koryta są próbą poszukiwania kompromisu pomiędzy potrzebami gospodarczymi i zapewnieniem bezpieczeństwa powodziowego a potrzebami renaturyzacji rzeki w celu zachowania cennych walorów przyrodniczych oraz stworzenia atrakcyjnego terenu rekreacyjnego dla mieszkańców miasta. Przedstawione warianty koncepcji powinny stanowić przedmiot szerokiej dyskusji publicznej oraz stanowić podstawę do wyboru ostatecznego wariantu projektu z uwzględnieniem koniecznych do przeprowadzenia szczegółowych ocen oddziaływania na środowisko, a także analiz ekonomicznych, społecznych i ekologicznych.

Literatura

- CHOJNACKI G., 2006. Koncepcja programowo-przestrzenna Wiślanego Parku Przyrodniczego w Warszawie – projekt konkursowy. Biuro Projektowe Kanon – Grzegorz Chojnacki, Otrębusy.
DAMIĘCKI J., POPEK Z., DYJAK R., DYMITRYSZYN I., WORWA D., 2008. Zagospodarowanie brzegów praskich Wisły – Wiślany Park Przyrodniczy. Maszynopis. Samodzielna Pracownia Oceny i Wyceny Zasobów Przyrodniczych SGGW, Warszawa.

- FALKOWSKI E., 1990. Morphogenetic classification of river valleys developing in formerly glaciated areas for needs of mathematical and physical modeling in hydro technical projects. *Geogr. Pol.* 58: 55-67.
- FALKOWSKI T., 2006. Naturalne czynniki stabilizujące wybrane odcinki strefy korytowej Wisły środkowej. *Rozpr. Nauk. Monogr. SGGW* 312.
- FALKOWSKI T., OSTROWSKI P., 2008. Możliwości, warunki oraz przewidywane skutki usunięcia przeszkód podwodnych na szlaku żegludowym Wisły w km 508-520. *Maszynopis. Biuro Ochrony Środowiska Urzędu m.st. Warszawy, Warszawa.*
- FALKOWSKI T., ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIALEK H., 2005. Zmiany zawartości substancji organicznej w wodach eksploatowanych ze współczesnych aluwów Wisły na tle morfologii koryta. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 505: 115-122.
- GUTRY-KORYCKA M., MAGNUSZEWSKI A., SUCHOZEBERSKI J., JAWORSKI W., MARCINKOWSKI M., SZYDŁOWSKI M., 2006. Numerical estimation of flood zones in the Vistula River valley, Warsaw, Poland. *Int. Assoc. Hydr. Sci. Publ.* 308 (Climate variability and change-hydrological impacts. Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006): 191-195.
- KASPRZAK K., 2002. Ocena parametrów hydraulicznych przepływów rzeki Wisły w Warszawie na podstawie pomiarów hydrometrycznych i przekrojów poprzecznych. *Maszynopis. Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Warszawa.*
- POPEK Z., ŻELAZO J., 2000. Analiza zmian przekrojów poprzecznych i profilu podłużnego koryta Wisły w rejonie Warszawy. *Zesz. Nauk. AR Wrocł.* 385, *Inż. Środ.* 11: 377-388.
- RÓŻYCKI S.Z., SUJKOWSKI Z., 1936. Profile geologiczne przez Warszawę. *Zarząd Miejski, Warszawa.*
- SKIBIŃSKI J., 1963. Włeczenie rumowiska dennego przez Wisłę w rejonie Warszawy. *Wiad. Służ. Hydrol. Meteorol.* 53.
- STRATEGIA rozwoju Warszawy do 2020 roku. 2005. *Biuro Strategii Rozwoju i Integracji Europejskiej m.st. Warszawy, Warszawa.*
- STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy. 2006. *Biuro Naczelnego Architekta m.st. Warszawy, Warszawa.*
- WIERZBICKI J., 1994. Stałość pionowego układu i morfologii koryta oraz zwierciadła wody Wisły Warszawskiej na odcinku położonym między ujściem rzeki Pilicy a ujściem rzeki Narwi. *Maszynopis. Zakład Budownictwa Wodnego PW, Warszawa.*
- WIERZBICKI J., 1997. Stałość pionowego układu i morfologii koryta oraz zwierciadła wody Wisły Warszawskiej na odcinku położonym między ujściem rzeki Pilicy a ujściem rzeki Narwi. *Maszynopis. Zakład Budownictwa Wodnego PW, Warszawa.*
- WIERZBICKI J., UJDA K., 2002. Wytoczne zagospodarowania międzywała Wisły Warszawskiej na obszarze gminy Warszawa Centrum. *Maszynopis. Biuro Badań i Studiów „Hydros”, Warszawa.*
- ŻELAZIŃSKI J., BRAŃSKI J., KADŁUBOWSKI A., WERESKI S., 2005. Application of the CCHE models for explanation of factors causing deep erosion of Vistula River bed in Warsaw. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.* E-5 387: 87-113.
- ŻELAZO J., FALKOWSKI T., KUŹNIAR P., POPEK Z., WILK E., 1998. Wskazania do koncepcji zagospodarowania Wisły na odcinku od ujścia Pilicy do ujścia Narwi (km 457-550). *Maszynopis. Katedra Budownictwa Wodnego SGGW, Warszawa.*

ANALYSIS OF NEEDS AND POSSIBILITIES OF THE VISTULA RIVER BED REDEVELOPMENT IN WARSAW

Summary. The analysis of a river training works and aggregate extraction influence on morphological changes in the Vistula River bed in Warsaw are presented in the paper. The highest morphological changes, which consisted of deep erosion of the main river channel with simultaneous sedimentation of bedload material in spaces between groins, took place during last 40 years. The results of the investigation carried out in 2008 show that the process of riverbed deep erosion occurred with a certain delay. However, the present state of riverbed periodically causes encumbrances or totally prevents from navigation, ports and piers using, sand beach disappearance and overgrowing of flood channel, which generated depreciation of river economic importance, nature, tourist and recreation values of the river. The multialternative designs are presented in purpose of the Vistula River part restoration to the state in first half of 20th century. The main changes will be referred to redevelopment of groin's system and construction of low bottom weirs or rubber dam for river bottom stabilisation and pounding the low and mean waters.

Key words: river training works, riverbed morphology, river restoration

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Zbigniew Popek, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Poland, e-mail: zbigniew_popek@sggw.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

28.04.2009

Do cytowania – For citation:

Popek Z., Falkowski T., Ostrowski P., 2009. Analiza potrzeb i możliwości przebudowy koryta Wisły w Warszawie. Nauka Przym. Technol. 3, 3, #97.