

Michał Habel

Instytut Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Zmiany morfologii koryta Wisły poniżej zapory we Włocławku

Morphology change of Vistula channel below the Włocławek dam

Zarys treści: W pracy dokonano oceny zmian koryta rzeki Wisły, na odcinku zlokalizowanym bezpośrednio poniżej stopnia wodnego we Włocławku. Samotnie funkcjonująca zaporą przyczynia się do ciągłego wcinania się koryta. W rezultacie na około 8 kilometrowym odcinku rzeki poniżej zbiornika w szybkim tempie formuje się nowy niski poziom zalewowy. Podejmowane prace zabezpieczające koryto przed erozją pochłaniają duże środki finansowe, a ich efekt jest krótkotrwały. Wraz z formowaniem się nowego typu koryta zmianie ulega przebieg procesów korytowych oraz ograniczeniu ulegają obszary uczestniczące w „życiu” rzeki.

Słowa kluczowe: stopień wodny „Włocławek”, erozja koryta, równina zalewowa

Abstract: The article gives an up-to-date evaluation of the Vistula river bed in the sector close below the Włocławek barrage. In the recent 40 years a new type of channel bottom has been shaped as the result of bed erosion in regulated river sector below the Włocławek dam and reservoir. The new channel bottom is characterized by forced bed erosion and a new flood plain rising in a non-typical way. The process of forming of a new flood plain has been slowed down by limited amplitude of water level fluctuations, a change in running the hydroplant and lack of fine-grained material in channel bottom at the distance of 18 km. The “hungry water” activates load accumulated on the flood plain in the period of 1969-2002. The constant threat of dam catastrophe, the endangered road bridge in Włocławek and degradation of other utility values of the river make it necessary to heighten the minimal water level in the lower stand of the dam.

Key words: Włocławek barrage, bed erosion, flood plain

Wprowadzenie

Praca rzek, objawiająca się erozją, akumulacją i transportem rumowiska, jest jednym z procesów kształtujących powierzchnię Ziemi. Za podstawowe czynniki modyfikujące działalność rzek uznaje się: klimat, budowę geologiczną i szatę roślinną. Wszelkie zmiany zachodzące pod wpływem wody płynącej, przebiegające w obrębie koryta i równiny zalewowej należy rozumieć jako „procesy korytowe” (Antropow, Kaszowski, za: Babiński, 1982).

Przebrodzenie koryta Wisły we Włocławku stopniem wodnym 13 października 1968 roku, spowodowało zmiany w przebiegu procesów korytowych. Ograniczenie dostawy rumowiska i częste wahania stanów wody poniżej zapory i zbiornika, uaktywniły erozję koryta, niekorzystnie oddziałującą na środowisko przyrodnicze i gospodarkę regionu. Proces postępującego obniżania się dna Wisły, najwyraźniej zaznacza się na około dziesięciu kilometrowym odcinku rzeki bezpośrednio poniżej zapory.

Pierwsze opracowania na temat niekorzystnych zmian koryta na odcinku poniżej zapory „Włocławek” powstały już po 5 latach jej funkcjonowania. W. Machalewski i in. (1974) jednoznacznie stwierdzili, iż budowa tego stopnia wodnego, będąca opłacalną inwestycją dla energetyki, pogorszyła drogę wodną dolnej Wisły dla żeglugi. J. Mroziński i A. Pałujkis (1979) wykazali drastyczne zmiany morfologii dna Wisły poniżej zbiornika, a w szczególności dotyczyły one przebiegu profilu podłużnego oraz ilości wyerodowanego materiału. Ogromny wkład w poznanie procesów rzecznych Wisły poniżej stopnia „Włocławek” wniósł Z. Babiński (1982, 1992, 2005, 2006).

Celem niniejszej pracy jest wskazanie zmian morfologicznych koryta rzeczno, zlokalizowanego poniżej stopnia wodnego, istniejącego od czterdziestu lat. Istotnym problemem podjętym w artykule jest funkcjonowanie zabudowy hydrotechnicznej rzeki Wisły w skrajnie odmiennych warunkach hydromorfologicznych, od tych w których zostały one zbudowane i zaprojektowane.

Obszar badań

Obszar badań stanowi około dziesięciokilometrowy odcinek koryta dolnej Wisły, od zapory wodnej „Włocławek” (674,45 km) do 685 km biegu Wisły (rejon Zakładów Azotowych we Włocławku - ryc. 1), położony w dolinie dolnej Wisły, w północno-zachodniej części Kotliny Płockiej. Koryto aktywne ma szerokość wyznaczoną przez budowle regulacyjne na około 400 m. Jedynie na odcinku 1,5 km poniżej zapory szerokość wynosi od 800 - 1000 m. Niegdyś roztokowy odcinek Wisły obecnie ma charakter koryta o wymuszonej erozji (Babiński 1992). Rzekę przecinają tu dwie przeprawy drogowe, jedna biegnąca na zaporzce, druga

stanowiąca most stalowy (4,5 km poniżej zapory), łączący centrum Włocławka z dzielnicą Szpetal Dolny.

Dno doliny założone jest w utworach trzeciorzędowych, plioceńskich (iły) i mioceńskich (piaski drobne, średnie, mułki z przewarstwieniami węgla brunatnego). Strop trzeciorzędu w obrębie doliny zalega 20 - 35 m n.p.m. (Wiśniewski 1976). Wychodnie ilów plioceńskich spotkać można na rzędnej ok. 42 m n.p.m., np. na nowo formującej się równinie zalewowej. Jak wynika z przekroju geologicznego wykonanego przez B. Faferka (za: Babiński 1982) w rejonie zapory, utwory mioceńskie kontaktują się tam bezpośrednio z czwartorzędem. Samo koryto Wisły założone jest tutaj głównie w piaskach drobnych i średnich. W niektórych jednak miejscach w dnie spotkać można gliny oraz iły plioceńskie (Babiński 1982).

Warunki hydrologiczne Wisły

W okresie od 1969 do 2006 roku warunki hydrologiczne rzeki charakteryzowały się generalnie czterema okresami wilgotnymi z tendencją do obniżania się przepływów po 1982 roku (ryc. 2-b). Podczas lat wilgotnych średnie roczne przepływy wahały się od około 950 do 1350 m³ * s⁻¹. W latach suchych wartości te wynosiły od 577 do 830 m³ * s⁻¹ (ryc. 2-b). W badanym okresie maksymalny przepływ wody w profilu Włocławek wynosił 5972 m³ * s⁻¹ (30 marca 1979 roku), a minimalny 158 m³/s (6 września 1992 roku). Jak podają Z. Babiński i M. Grześ (1995), funkcjonowanie zbiornika nie ma wpływu na ogólny odpływ Wisły w profilu Włocławek. Ze względu na zbyt małą pojemność Zbiornik Włocławski nie wyrównuje piku wezbraniowego, a jedynie łagodzi niżówkę. Według obliczeń P. Gierszewskiego (2006) średni czas retencji wody w zbiorniku w latach 1971-2000 wynosił 5,2 doby.

Wysokie stany wody występują najczęściej w marcu i kwietniu, rzadziej w lecie. Niższe stany wody na dolnej Wiśle występują przede wszystkim na przełomie jesieni i zimy, rzadziej latem (Babiński 1992). Fale wezbraniowe w okresie 1969-1995 wkraczały na powierzchnię równiny zalewowej średnio na 4-6 dni w roku i miały maksymalną wysokość 6 m (Babiński 2002).

Funkcjonowanie stopnia zakłóca naturalny reżim hydrologiczny rzeki w bezpośrednim jego sąsiedztwie, a także poniżej zapory na odcinku do samego ujścia Wisły (przeszło 250 km).

Od stycznia 2001 roku elektrownia wodna „Włocławek” ma pracować wyłącznie w systemie ciągłego przepływu przy zachowaniu minimalnego zrzutu 450 m³ * s⁻¹ (wcześniej 350 m³ * s⁻¹). Z powodu zwiększenia ryzyka katastrofy zmniejszono również poziom piętrzenia wody w zbiorniku. Jednak często wykonywane zabiegi zabezpieczające dno i brzegi poniżej zapory wymuszają całkowite wstrzymywanie przepływu wody na czas robót, trwających często 4-6 godzin.

Elektrownia jest w stanie przejąć maksymalnie przepływ wynoszący $2190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przy większym dopływie następuje zrzut wody jazami. Z analizy codziennych wartości dopływów wody do zbiornika wynika, iż w okresie 1969-2006 jazy otwarte były średnio 10 dni w roku. Z pracą elektrowni w systemie szczytowym związane były dobowe zmiany położenia zwierciadła wody. Z badań Z. Babińskiego (1982) wynika, iż maksymalne amplitudy wahań stanów wody wynosiły we Włocławku ok. 6 m. Przy dopływach wody do elektrowni w przedziale od 450 do $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (SQ) wahania były największe. Na długości około 10 km, poniżej zapory, w okresie zimowym, nie obserwowano procesu tworzenia się pokrywy lodowej (Babiński, Grześ 1995).

Erozja wgłębna oprócz morfologicznych przekształceń koryta, przyczynia się również do zmian warunków hydrologicznych Wisły we Włocławku, przede wszystkim spadku zwierciadła i stanów wód. Z analizy porównawczej średnich rocznych stanów wody w profilu Włocławek, z pięciolecia 1971-1975 oraz 2001-2005, w tym drugim zwierciadło wody w korycie obniżyło się o ok. 108 cm (ryc. 3-a). Porównując przebieg średnich rocznych stanów wody w profilu Włocławek oraz Toruń, zaznacza się stała tendencja do obniżenia się ich we Włocławku (ryc. 3-a).

Dokonując szczegółowej analizy danych hydrologicznych Wisły we Włocławku (*Hydroprojekt...*, niepubl.) z okresu poprzedzającego budowę zapory (1950-1968) oraz w czasie jej funkcjonowania do chwili obecnej (1969-2006), potwierdzono jednoznacznie degradację koryta od momentu uruchomienia stopnia wodnego. Wraz z postępującą erozją wgłębnią koryta określony stan wody jest osiągnięty przy coraz wyższym przepływie (ryc. 3-a). Przykładowo, stan wody na poziomie 230 cm (średni stan wody z wielolecia 1969-2006) w roku 1964 zanotowano przy natężeniu przepływu rzędu $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a obecnie (2006 rok) przy przepływie $1220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (prawie czterokrotny wzrost pojemności koryta).

Erozja koryta

Proces erozji wgłębnej poniżej stopni wodnych powszechnie wiązany jest z powstaniem deficytu rumowiska, którego uzupełnienie prowadzi do obniżania dna i zwierciadła wody, zmiany brzegów koryta, składu mechanicznego rumowiska oraz materiału dennego (Babiński 1992, 2006; Babiński i Grześ 1995; Kondolf 1997; Juracek 2002; Wang i Hu 2004). Dodatkowo proces erozji modyfikowany jest przez morfometrię, morfologię koryta i budowę geologiczną dna. Rozwój procesu erozji wgłębnej poniżej zapór jest najczęściej charakteryzowany przez tempo obniżania się dna i przez przemieszczanie się czoła strefy erozyjnej w dół rzeki (Babiński 2006).

Z prac Z. Babińskiego (1982, 1992) wynika, iż erozja koryta poniżej stopnia wodnego „Włocławek” nie przebiega jednostajnie w czasie, lecz cechuje się

zróżnicowanym tempem przemieszczania czoła strefy erozyjnej. Tempo erozji koreluje z wartością średniego rocznego odpływu wody ze zbiornika Włocławskiego. Od warunków dopływu wody uzależniony był charakter pracy hydroelektrowni. W szczególności przy średnich przepływach następowały największe godzinne wahania stanów wody, co powodowało nagłe przyrosty energii rzeki i erozję koryta.

Po czterech latach od chwili przegrodzenia koryta nastąpił prawie czterokrotny wzrost erozji w stosunku do akumulacji, a strefa erozji rozciągała się na długości 9,2 km (Babiński 1982). W tym samym okresie, w bliskiej odległości od stopnia, dno obniżyło się w całym profilu poprzecznym o ponad 2,5 m z lokalnym plosem o głębokości 10 m. Do chwili obecnej dno koryta Wisły obniżyło się o następujące parametry: w bliskim sąsiedztwie zapory o 3,5 - 4,0 m, w linii mostu drogowego we Włocławku o około 2,8 m.

Po 19 latach działalności zbiornika czoło strefy erozyjnej przemieściło się w dół rzeki na odległość około 25 km (Babiński 1992). Aktualnie, po 37 latach, znajduje się ono w odległości ponad 40 km od zapory (Babiński 2006).

Zmiany litologiczne dna koryta

Na badanym odcinku rzeki dostrzegalne są zmiany cech teksturalnych i strukturalnych osadów budujących dno. Na drodze uzupełniania rumowiska i spożytkowania energii rzeki wszelki drobny materiał z koryta został wyerodowany. W dnie i strefie brzegowej na prawie ośmiokilometrowym odcinku pozostały jedynie osady frakcji kamienistej (otoczaki i sporadycznie głązy) zalegające na utworach trudnorozmywalnych (głina czwartorzędowa i ropy plioceńskie – Babiński 1992). Materiał piaszczysty w formie łach bocznych pojawia się dopiero na około 695 km poniżej zapory. Przy zaporze we Włocławku pozostał materiał najgrubszy (na około 675 km w 1973 roku średnia średnica ziarna piasku wynosiła 5,088 mm), a dalej w dół rzeki, materiał coraz drobniejszy (na około 684 km - 0,643 mm – Babiński 1982). Strefa erozyjna o zwiększonej średnicy utworów piaszczystych, budujących dno koryta, sięga do około 715 km Wisły (Babiński 1992).

Istotnych przekształceń w litologii dna koryta Wisły dokonano w rejonie dolnego stanowiska stopnia wodnego. W celu zatrzymania dalszego rozmywania dna pokryto je betonowymi płytami oraz mieszaniną prefabrykatów betonowych tzw. „rozgwiazd” i kamienia łamanego.

W rejonie mostu drogowego we Włocławku, powstałe w przeszłości plosa za filarem II i III zabezpieczono materiałem kamiennym, pochodzącym z demontażu ostróg i gruzem betonowym z rozbiórki obiektów przemysłowych (Śliwiński 2002).

Zagrożenie katastrofą budowli hydrotechnicznych

W przebiegu profilu podłużnego (ryc. 4-a) dna na 10 km odcinku rzeki poniżej zapory zaznaczają się dwie strefy plos (Habel 2007). Pierwsza z nich położona jest około 600 m poniżej zapory i wiąże się z funkcjonowaniem w korycie tymczasowego progu z narzutu kamiennego. Poniżej tej budowli powstałej w latach 1997-2000 wytworzyło się lokalne przegłębienie (płoso) o głębokości prawie 14 m (ryc. 4-b) licząc od korony progu. Drugie wyraźne rozleglejsze obniżenie w dnie występuje w rejonie mostu drogowego we Włocławku (około 679 - 680 km; ryc. 4-a,c). Erozja dna w tym profilu, zagraża stateczności filarów mostu drogowego. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów geodezyjnych, stalowa konstrukcja mostu uległa deformacji osiągając amplitudę zniekształceń pionowych wynoszącą 37 cm. Szczególnie widoczne jest osiadanie konstrukcji mostu w rejonie filarów II i III około 22 cm. Proces obniżania dna w rejonie filarów zwiększa dodatkowo skoncentrowanie nurtu w wyniku niegdyś pobudowanych budowli regulacyjnych (ryc. 5).

Za przyczynę obniżania się dna w rejonie mostu upatruje się zwężenie koryta powstałe w wyniku pobudowanych na prawym brzegu w połowie XX wieku budowli regulacyjnych i zakumulowaniu pomiędzy nimi rumowiska oraz zbudowane na lewym brzegu bulwary. W celu zdekoncentrowania przepływu w rejonie mostu, z wąskiej około 400 m strefy, za Kępą Włocławską odtworzono dawne koryto boczne (ryc. 5, fot. 1). Prace bagrownicze prowadzono od maja 2003 do listopada 2006 roku.

Tworzenie się nowego niższego poziomu zalewowego

Prace regulacyjne na badanym odcinku Wisły wykonane w latach 50-tych ubiegłego wieku i późniejsza działalność stopnia „Włocławek” przyczyniły się do ograniczenia szerokości koryta (koncentracji nurtu ryc. 5), wcinania się rzeki (ryc. 3-b) oraz zmian ilościowych i jakościowych transportu fluwialnego (Babiński 2005). Efektem powyższych wspomnianych procesów jest formowanie się nowego niższego poziomu równiny zalewowej (ryc. 5, fot. 2, 3-a).

Występowanie niskiej równiny utrwalonych odsypów międzyostrogowych corocznie zalewanej przez wody wezbrań opisują m. in. L. Starkel (2001) i B. Wyżga (1999) na karpackich dopływach Wisły. Jednak tempo wykształcenia się nowej równiny zalewowej Wisły bezpośrednio poniżej zapory we Włocławku jest wysokie w porównaniu z opisanymi przykładami uregulowanych rzek karpackich. Przebieg procesu formowania się nowego poziomu zalewowego prześledzić można na rycinie 3-b. Już w pierwszych czterech latach działalności zbiornika „Włocławek” materiał wyerodowany z dna strefy nurtu, najpierw w formie odsypów bocznych wypełniał stref między budowlami regulacyjnymi (ostrogami)

oraz obszary koryt bocznych za kępami (ryc. 5). Na około 10 km odcinku poniżej zapory pełne wykształcenie się nowego poziomu zalewowego nastąpiło już po 10 latach od powstania zapory (Babiński 1992). Obecnie nowo uformowana równina zalewowa najlepiej wykształcona jest na prawym brzegu Wisły poniżej zapory o szerokości od 120 do 300 m. Wznosi się na wysokość około 43,5 - 46,5 m n.p.m., tj. od 0,5 m do 3 m nad poziom lustra średniej wody w zależności od warunków lokalnych. Spadek częstości pojawiania się wody na powierzchni zalewowej, związany ze zwiększającą się pojemnością koryta Wisły (ryc. 3), przyczynił się do coraz wyższego wznoszenia się nowej równiny ponad lustro wody w aktywnym korycie (fot. 3-a) i utrwalenia jej powierzchni przez roślinność. Również dobrze zachowały się na powierzchni nowego poziomu zalewowego formy depozycji pozakorytowej w postaci kilku ciągów wałów przykorytowych oddalonych od 5 do 60 m od krawędzi aktywnego koryta. Z badań struktury osadów budujących wały wynika, iż mamy tu do czynienia z różnymi generacjami ciągów tych form, które wyznaczają nam kolejne epizody wcinania się koryta Wisły i poszerzania się równiny zalewowej (Habel, 2007) oraz zmiany jakościowe i ilościowe transportowanego rumowiska.

W ostatnich 4 latach obserwuje się zjawisko niszczenia nowopowstałej równiny zalewowej (Babiński 2006). Obserwowany jest przede wszystkim proces erozji bocznej kształtujący nowy układ brzegów koryta Wisły. W wyniku „wynurzenia się” coraz intensywniej tzw. raf (fot. 3-b – strefy głazów pochodzących z rozmycia glin o średnicach od 50 do 800 mm), rzeka formuje nowy układ nurtu.

Podsumowanie

Przebieg procesów korytowych Wisły we Włocławku jest ściśle związany z przeprowadzonymi w przeszłości i prowadzonymi nadal zabiegami hydrotechnicznymi oraz pracą stopnia wodnego. Proces erozji wiązany jest z powstaniem deficytu rumowiska oraz pracą elektrowni wodnej;

- Po 40 latach, czoło strefy erozyjnej znajduje się w odległości ponad 40 km od zapory;
- Do chwili obecnej dno koryta Wisły obniżyło się o następujące parametry: w bliskim sąsiedztwie zapory o 3,5-4,0 m, w linii mostu drogowego we Włocławku o około 2,8 m.;
- Na badanym odcinku Wisły wyróżnić można dwie strefy przegłębień (płos): pierwsza poniżej tymczasowego progu stabilizującego (około 500 m od linii zapory) o głębokości prawie 14 m oraz druga w rejonie mostu drogowego (4,5 km poniżej stopnia wodnego);
- Stalowa konstrukcja mostu uległa deformacji osiągając amplitudę

- zniekształceń pionowych wynoszącą 37 cm. Szczególnie widoczna jest osiadanie konstrukcji mostu w rejonie filarów II i III o około 22 cm;
- W celu zmniejszenia zagrożenia podmycia filarów mostu drogowego poszerzono aktywną strefę koryta z 400 m do prawie 600 m poprzez wykonanie przekopu w korycie bocznym Kępy Włocławskiej;
 - Wraz z postępującą erozją koryta określony stan wody jest osiągany przy coraz wyższym przepływie;
 - Zaznacza się stała tendencja do obniżenia się średnich rocznych stanów wody we Włocławku;
 - Z erozją koryta i deficytem rumowiska związane jest uformowanie się nowej niskiej równiny zalewowej, o szerokości od 120 do 300 m, wznoszącej się ponad poziom lustra średniej wody na wysokość od 0,5 m do 3 m;
 - Obecnie „wygłodniała” rzeka (ang. *hungry water*) uruchamia rumowisko zakumulowane na nowym poziomie zalewowym.
 - Proksymalną część nowej równiny stanowią świeżo odsłaniane fragmenty dna Wisły.

Literatura

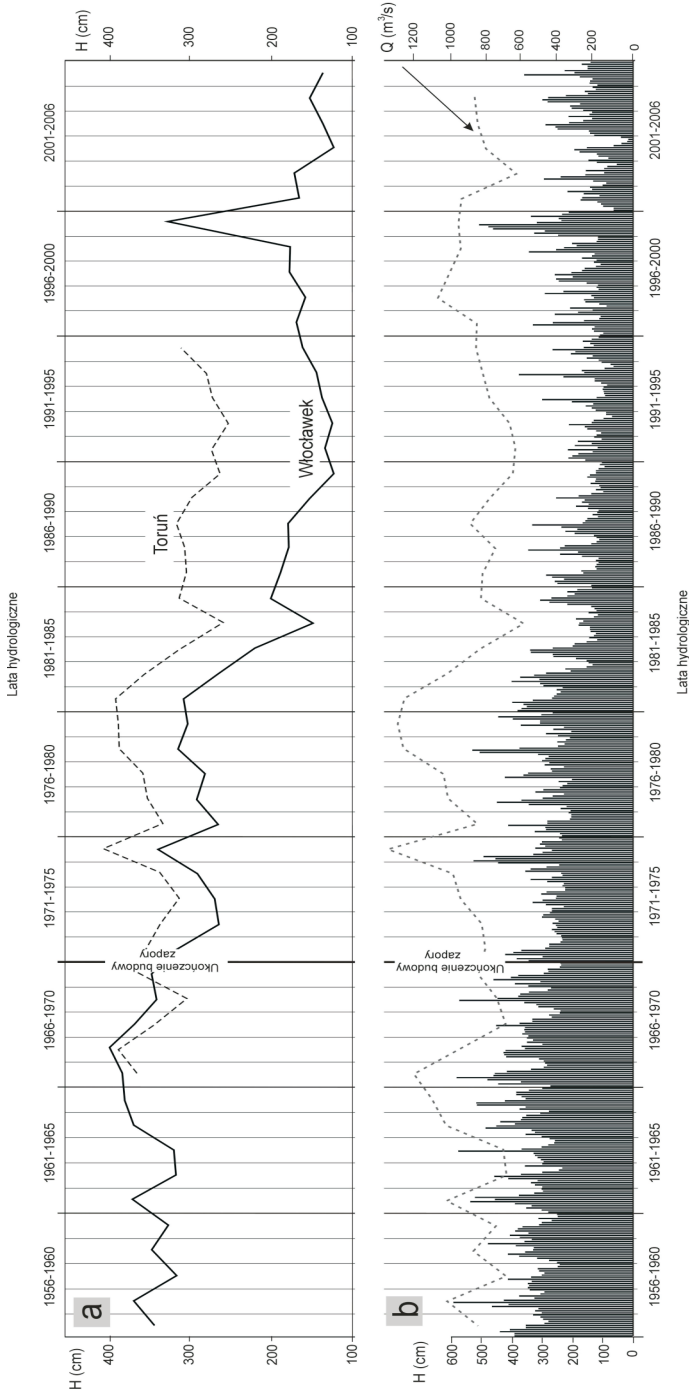
- Ankierstejn I., Polak K., 2006. *Czy Nieszawa zdąży przed katastrofą Włocławka?*, Gospodarka Wodna, nr 8, s. 303-307.
- Babiński Z., 1982. *Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku*, Dokumentacja Geograficzna., z.1-2, s.81.
- Babiński Z., 1992. *Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły*, Prace Geograficzne nr 157, s. 20-77.
- Babiński Z., 2005. *The relationship between suspended and bed load transport in river channels*, [w:] Walling D. E., Horowitz A. J. (red.) *Sediment Budgets 1, IAHS Publication, 291 Proceedings of symposium S1 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brasil*, s.182-188.
- Babiński Z., 2006. *Morfodynamika koryta Wisły poniżej Zbiornika Włocławskiego, Erosion-accumulation processes and the river systems of developed territories*, 3-th Seminary Ukrain-Polish-Russian in Lviv, 23-26 October 2006, s. 35-44.
- Babiński Z., Grześ M., 1995. *Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego „Włocławek”*, Zeszyty IGiPZ PAN, nr 30, s. 15-47.
- Gierszewski P., 2006. *Intensywność wymiany wody w zbiorniku włocławskim*, Dokumentacja Geograficzna, nr 32, s.64-69.
- Habel M., 2007. *Procesy erozyjno-akumulacyjne Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku*, Nauka Przyroda Technologia, z.1, t.2, s. 132-140.

- Hydroprojekt Włocławek – dopływy wody do zbiornik włocławskiego* (materiały niepubl.).
- Juracek M., 2002. *Channel-Bed Elevation Changes Downstream From Large Reservoirs in Kansas*, Water Resources Investigations Report, USGS, s.1-23.
- Kondolf M., 1997. *Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channel*, Environmental Management, Vol. 21, No. 4, s. 533-551.
- Mroziński J., Pałujkis A., 1979. *Deformacja dna Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku*, Gospodarka Wodna, nr 1, s.6-10.
- RZGW Inspektorat w Toruniu, profile podłużne koryta oraz dane hydrologiczne Wisły* (materiały niepubl.).
- Skowroński T., 2005. *Wpływ prac hydrotechnicznych na zmiany koryta Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku*, WSHE we Włocławku, maszynopis.
- Starkel L., 2001. *Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś*, Monografie IGiPZ PAN, 1, Warszawa, s.195-205.
- Śliwiński W., 2002. *Projekt technicznej zabudowy wybojów dennych oraz ubezpieczeń w rejonie mostu drogowego we Włocławku* (maszynopis udostępniono w ZDM we Włocławku).
- Wang Z., Hu Ch., 2004. *Interactis between fluvial systems and large scale hydro-projects*, Ninth International Symposium on River Sedimentation October 18-21, 2004, Yichang, China, s. 46-64.
- Wyźga B., 1999. *Wpływ pogłębiania się koryt karpackich dopływów Wisły na zmiany warunków sedymentacji pozakorytowej*, [w:] M. Kucharczyk (red.), *Problemy ochrony i renaturalizacji dolin dużych rzek Europy*, s. 27-34.



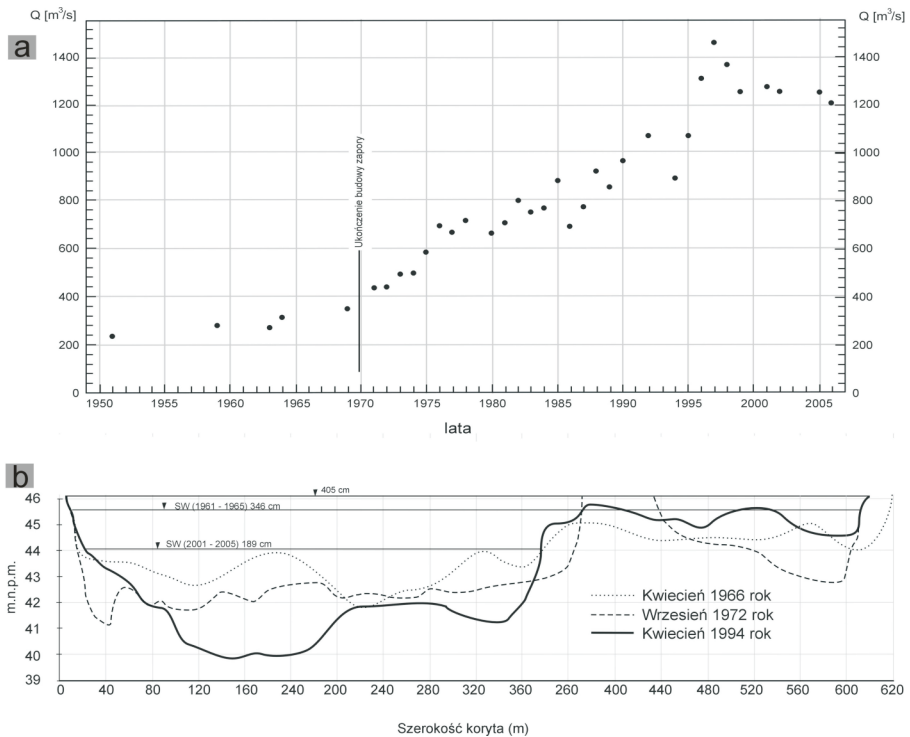
Ryc. 1. Lokalizacja badanego obszaru (1) oraz projektowana lokalizacja zapory w Nieszawie (2), łaty wodowskazowe (3) i kilometry Wisły (4)

Localization of study area (1), planned localization of Nieszawa dam (2), gauging sites (3), kilometers along of Vistula (4)



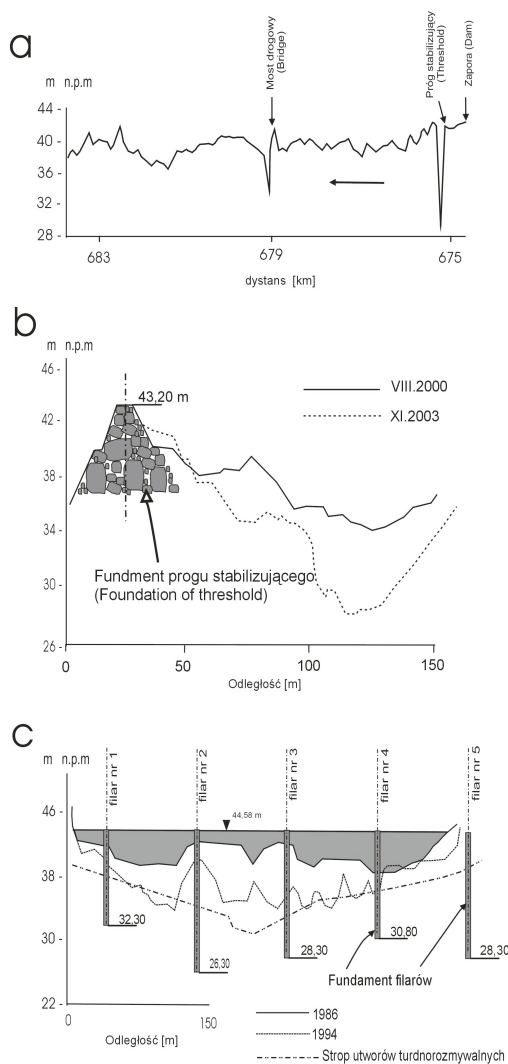
Ryc. 2. Warunki hydrologiczne Wisły w profilu Włocławek: a – porównanie przebiegu średnich rocznych stanów wody we Włocławku i Toruniu (Babiński 1997 – uzupełniono danymi RZGW Insp. Toruń); b – średnie miesięczne stany wody na tle średnich rocznych przepływów (opracowano na podstawie danych RZGW Insp. Toruń)

Hydrological condition of Vistula River in Włocławek: a – representation of mean annual water levels in Włocławek and Toruń; b – mean monthly water levels and mean annual discharge



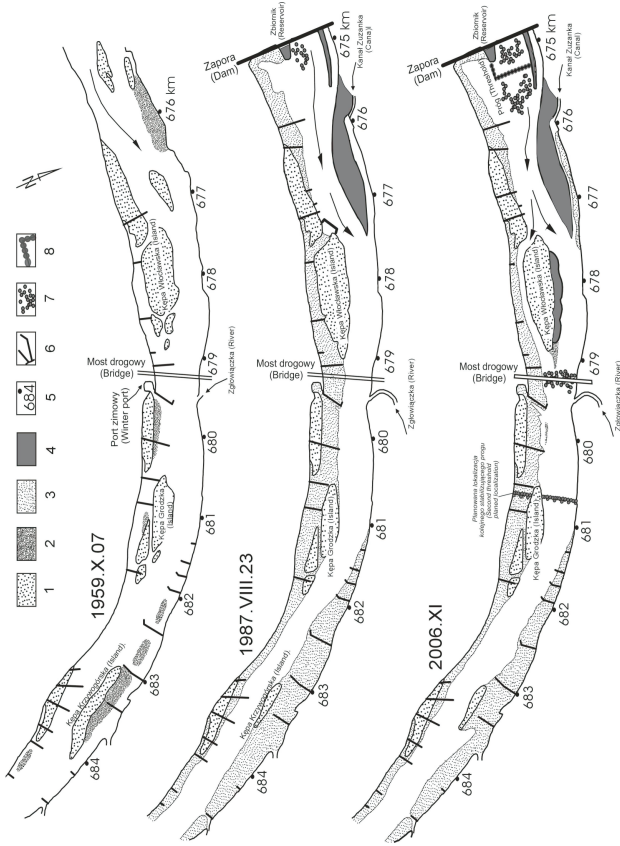
Ryc. 3. Zmiany warunków przepływu wód korytem Wisły w profilu Włocławek, jako efekt erozji koryta: a – objętość przepływu wody pokonującej profil wodowskazowy przy stanach wody ok. 230 cm (opracowano na podstawie danych RZGW Insp. Toruń); b – zmiana przekroju poprzecznego koryta (materiały niepublikowane Hydroprojekt Włocławek)

Changes of water discharge conditions of Vistula channel in Włocławek: a – water discharge size in gauging site for water level 230 cm; b – changes of cross-section of the Vistula channel



Ryc. 4. Zmiany morfologii koryta Wisły jako efekt oddziaływania zapory: a – profil podłużny koryta w nurcie (Skowroński 2005); b – zmiany profilu podłużnego dna poniżej prog stabilizującego jazy i elektrownię (Ankierstein, Polak 2006); c – zmiany profilu poprzecznego w linii mostu drogowego we Włocławku (Ankierstein, Polak 2006)

Changes of Vistula channel downstream from the dam effected: a – longituidal profil of Vistula channel (Skowroński 2005); b – changes longituidal profil of the threshold (Ankierstein, Polak 2006); c – changes of cross-section in the profil of road bridge in Włocławek (Ankierstein, Polak 2006)



Ryc. 5. Szkic morfodynamiczny koryta Wisły poniżej zapory we Włodawku (Babiński 1982 – uzupełniono): 1 – kępy i odsypy boczne; 2 – łachy przykępowe i odsypy; 3 – nowy poziom zalewowy; 4 – sztuczne nasypy powstałe w wyniku refulacji; 5 – kilometry Wisły; 6 – ostrogi rzeczne; 7 – sztuczne zabezpieczenia dna przed erozją (głazy i beton); 8 – tymczasowe progi stabilizujące lustro wody

Morphodynamic sketches of the Vistula channel below the water dam in Włodawek: 1 – islands and fixed side bars; 2 – near-bank island bars and side bars; 3 – new flood plain; 4 – unnatural forms, result of de-silting works; 5 – kilometers along the Vistula bank; 6 – river groynes; 7 – unnatural protection of bottom by boulders and stones; 8 – thresholds



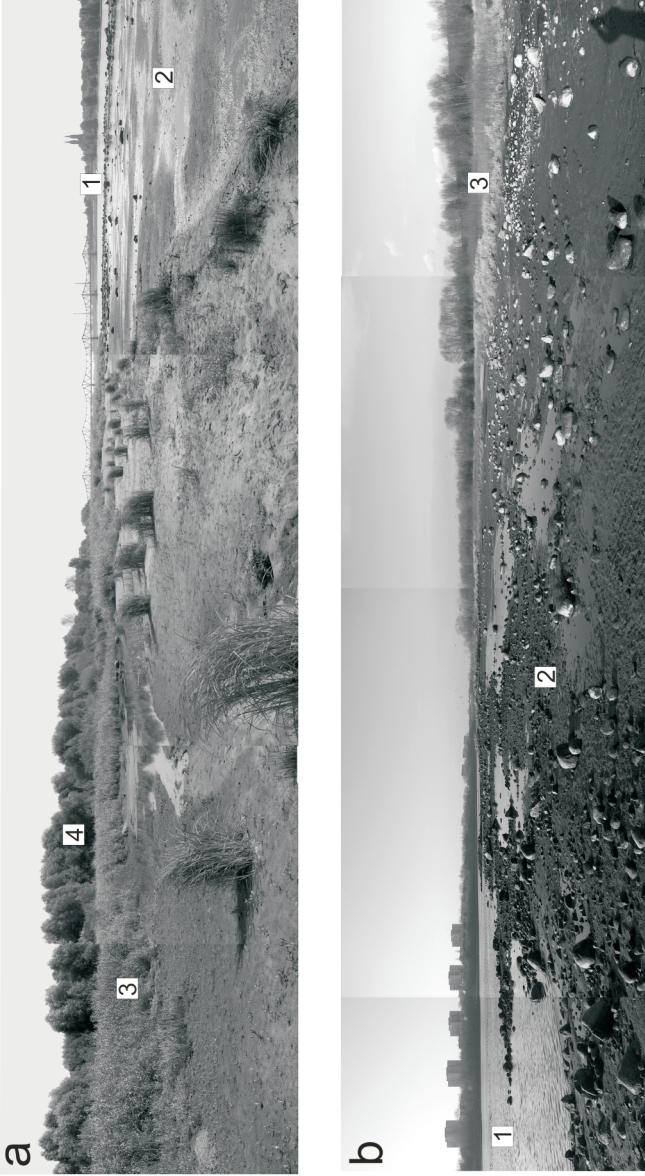
Fot. 1. Kępa Włocławska po wykonanych pracach bagrowniczych obszaru za kępą: 1 – zrefulowany materiał; 2 – kępa; 3 – rumowisko transportowane przez rzekę; 4 – odtworzone koryto za Kępą Włocławską

Włocławek Island after de-silting works: 1 – de-silting material; 2 – island; 3 – bed load; 4 – channel restored back Włocławek Island



Fot. 2. Nowo utworzony poziom zalewowy ok. 4,5 km poniżej zapory (prawy brzeg Wisły): 1 – wał przykorytowy; 2 – terasa zalewowa; 3 – terasa nadzalewowa

Newly formed floodplain 4,5 km below dam (right Vistula bank): 1 – levee; 2 – floodplain; 3 – old floodplain



Fot. 3. Nowy poziom zalewowy (prawy brzeg, 680,5 km Wisły), powstały w wyniku akumulacji rumowiska pomiędzy budowlami regulacyjnymi (**a**) oraz w wyniku odsłaniania się płytszych stref dna koryta (**b**): 1 – aktywne koryto Wisły, 2 – dawne dno koryta (głazy na łożach); 3 – zakumulowany poziom zalewowy (osady piaszczyste); 4 – terasa nadzalewowa (dawna równina zalewowa)

New floodplain (right bank, 680,5 km along Vistula), formed in accumulation processes between river groynes (**a**) and emerged fragment of Vistula bottom (pavement of clays covering); 3 – floodplain (sandy material); 4 – old floodplain