

Conflict of interest: None declared. Received: 16.10.2013. Revised: 14.11.2013. Accepted: 20.12.2013.

## **STAN TECHNICZNY I BEZPIECZEŃSTWO WYBRANYCH BUDOWLI WODNYCH W DNIE DOLINY WISŁY WE WŁOCŁAWKU**

Technical safety of selected hydrotechnical constructions on the Vistula valley floor in Włocławek

**Michał Habel, Zygmunt Babiński**

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

### **Wprowadzenie**

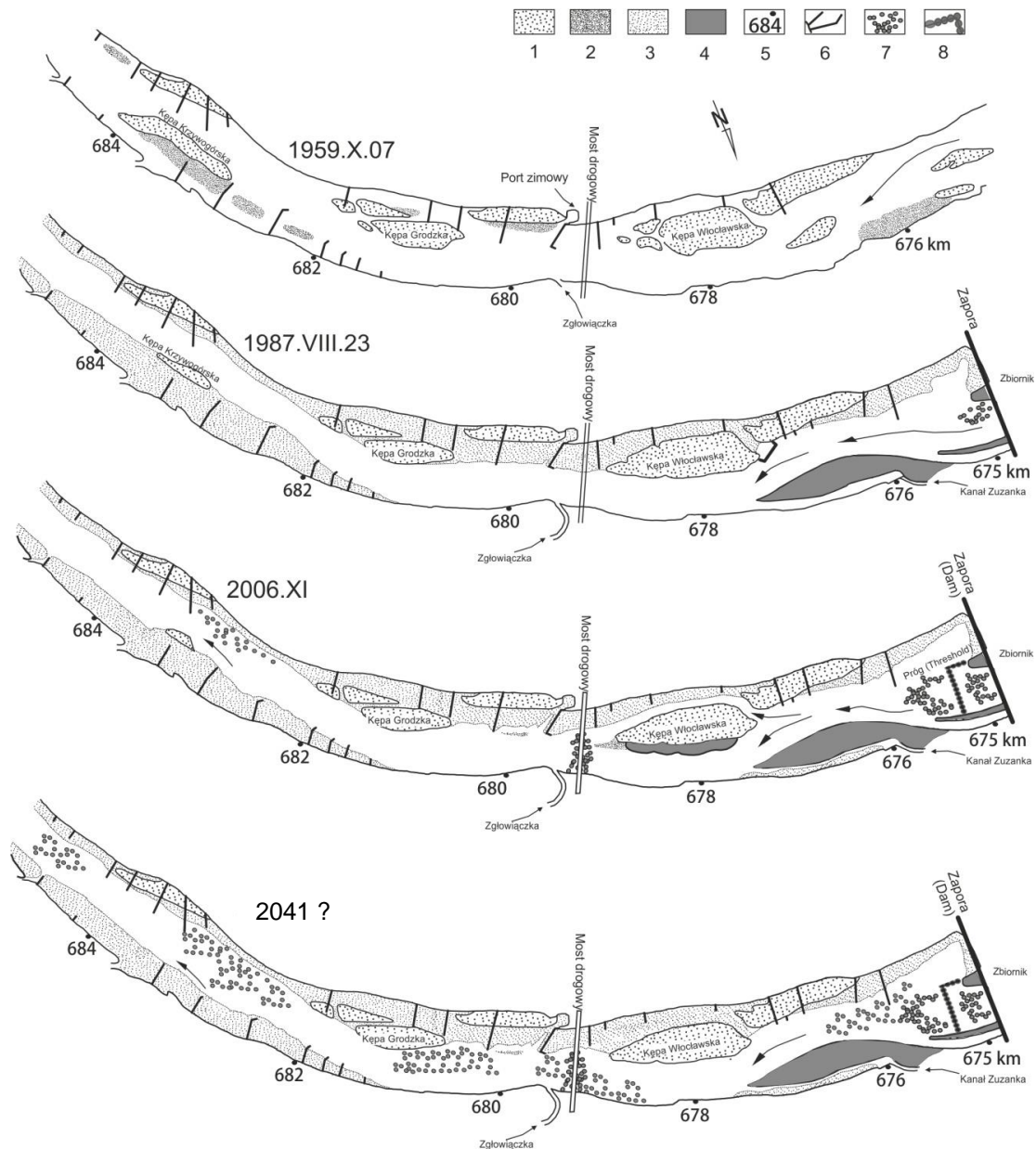
W okresie ostatnich 40 lat nastąpiły znaczne zmiany morfologii koryta Wisły, w szczególności w dziesięciu kilometrowym odcinku poniżej zapory (ryc. 1). Rzeka w tym odcinku przebiega w sąsiedztwie terenów miasta Włocławka. Zarówno pod dnem koryta oraz w jego sąsiedztwie znajduje się infrastruktura hydrotechniczna (most, budowle wodne, rurociągi, itd.). Samotne funkcjonowanie stopnia wodnego we Włocławku niesie za sobą liczne problemy z bezpiecznym funkcjonowaniem urządzeń hydrotechnicznych zlokalizowanych w dolnym stanowisku oraz na kilku kilometrowym odcinku rzeki poniżej. Zagrożenie dla budowli związane jest z postępującą erozją koryta będącą następstwem deficytu w transporcie rumowiska. Już 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). Obniżanie poziomu zwierciadła wody poniżej stopnia spowodowało zwiększenie wysokości piętrzenia wód zbiornika średnio o 2,30 m, to jest z projektowanego 11,8 m na 14,1 m (Habel, 2007).

### **Próg stabilizujący zwierciadło wody poniżej stopnia wodnego**

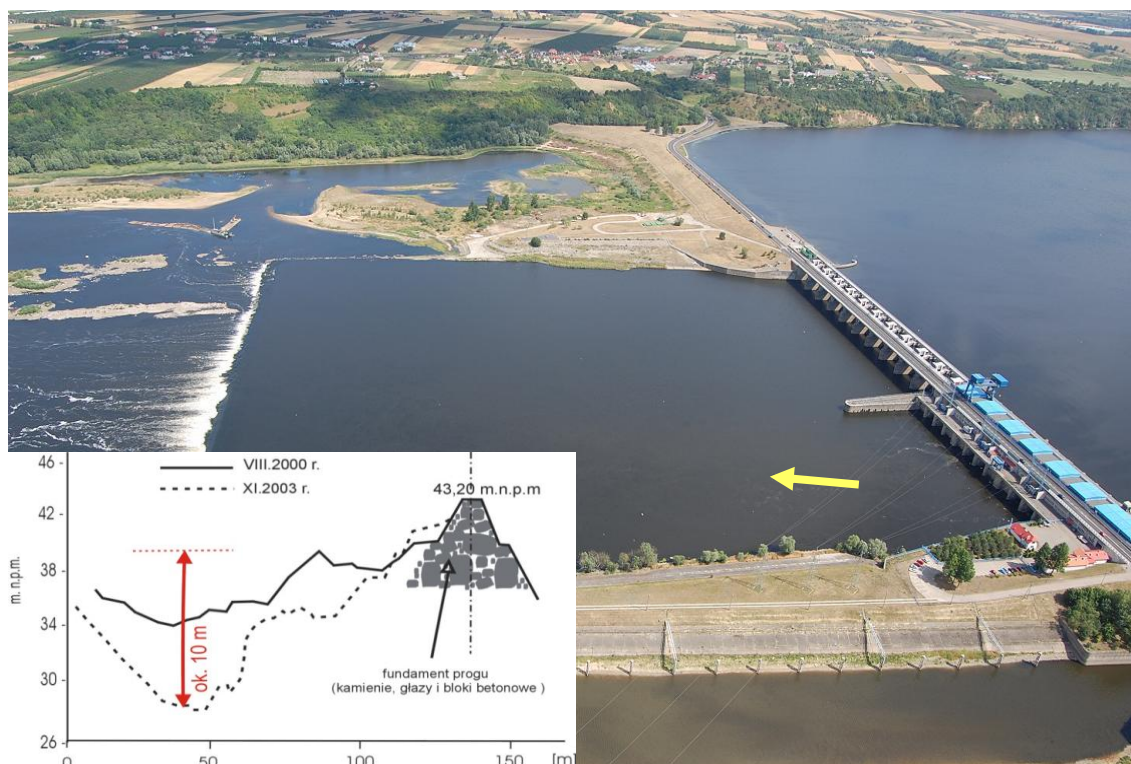
Samodzielna praca stopni wodnych, po wieloletnim okresie ich działalności, w efekcie prowadzi do destabilizacji tych budowli hydrotechnicznych, a nawet sytuacji groźących ich katastrofą budowlaną. W celu zabezpieczenia ich przed podmyciem i zniszczeniem, na odcinkach poniżej zbiorników retencyjnych wykonuje się dodatkowe prace uzupełniające, polegające głównie na budowie mini zapór (progów korekcyjnych), bądź utwardzaniu dna koryta betonem czy kamieniem narzutowym. Takimi przykładami są m.in. odcinki koryt poniżej zapór: Zbiornika Jeziorsko na rzece Warcie czy Zbiornika Włocławskiego na dolnej Wiśle. Z budową progów wiążą się istotne zmiany w przebiegu procesów korytowych, głównie lokalnych wcięć erozyjnych koryta.

Dla uzyskania właściwych warunków pracy stopnia wodnego we Włocławku, w tym w szczególności hydroelektrowni, konieczne było trwałe podpiętrzenie zwierciadła wody dolnej do poziomu 44,5 m n.p.m. – jest to także wielkość graniczna dla utrzymania stateczności zapory. W tym celu w latach 1997 - 2000, w odległości 506 m poniżej jazu i elektrowni, zbudowano tymczasowy próg piętrzący, który doraźnie zapewnia właściwe warunki funkcjonowania tych obiektów (ryc. 2).

Eksploatacja progu odbywa się przez większą część roku w niekorzystnych warunkach – szczególnie podczas przepuszczania lodów przy małych przepływach 400-1000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Przy cienkiej warstwie wody przelewającej się przez próg bryły lodu powodują uszkodzenia w narzucie kamiennym korpusu czołowego. Przepływ wody przez próg powoduje powstawanie wybojów w jego dolnym stanowisku. Wyboje te pogłębiają się i w wyniku erozji wstecznej rozszerzają w kierunku podstawy progu. Na odcinku poniżej jazu dno w dolnym stanowisku progu jest stosunkowo stabilne (wyboje o głębokości 1-1,5 m), na wysokości elektrowni wodnej - niestabilne (piaszczysty trzeciorzęd!), a powstałe wyboje osiągnęły głębokość 10-14 m (ryc. 2).



Ryc. 1. Szkic morfodynamiczny koryta Wisły poniżej zapory we Włocławku (oprac. na podst.: Babiński 1982; Habel 2007 – uzupełniono): 1 – kępy i odsypy brzegowe; 2 – łachy przykępowe i boczne; 3 – nowa równina zalewowa; 4 – sztuczne nasypy powstałe w wyniku refulacji; 5 – kilometraż Wisły; 6 – ostrogi rzeczne; 7 – głazy, kamienie jako pozostałość z rozmycia gliny oraz sztuczne umieszczone w korycie; 8 – progi stabilizujące.



Ryc. 2. Stopień wodny we Włocławku i sztuczny tymczasowy próg piętrzący wodę poniżej jazów i elektrowni wodnej oraz rysunek przedstawiający zmiany dna poniżej progu (fot. M. Habel, 2008 r.; rysunek na podst. pracy: Polak, Rosicki 2007).

Utrzymanie tymczasowego progu piętrzącego wymaga ciągłego prowadzenia prac remontowych i zabezpieczających. Zniszczenie budowli wiązałoby się z gwałtownym obniżeniem zwierciadła wody poniżej jazów i elektrowni o 1,5 m przy niskich przepływach, co z kolei wywołałoby niebezpieczne zmniejszenie współczynników stateczności budowli poniżej wartości granicznych i zaprzestanie eksploatacji elektrowni wodnej. Pogorszenie bezpieczeństwa progu będzie miało miejsce w momencie dalszego obniżenia się zwierciadła wody w korycie Wisły we Włocławku, które przewidywane jest na najbliższe lata w wyniku rozmycia naturalnego progu i migracja koryta na 683 km – 8 km poniżej zapory. Zwiększenie się wysokości spadku wody poniżej progu w związku z postępującą erozją dna Wisły powoduje rozwój lokalnych przegłębień dna poniżej budowli i możliwość destabilizacji progu. Z tego powodu konieczne są coroczne remonty!

### Most drogowy

Jedyna przeprawa drogowa we Włocławku przebiega przez koryto Wisły około 5 km poniżej zapory. Erozja dna w tym profilu zagraża stateczności filarów mostu drogowego (fot. 1). W celu zapobieżenia dalszej degradacji budowli w latach 2009-2010 przeprowadzono remont, szczególnie ubezpieczenia filarów. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów geodezyjnych stalowa konstrukcja mostu uległa deformacji osiągając amplitudę zniekształceń pionowych wynoszącą 37 cm (mierząc od poziomu początkowego). Szczególnie widoczne jest osiadanie mostu w rejonie filarów II i III – zniekształcenie o około 22 cm (fot. 1). Proces obniżania dna w rejonie filarów zwiększa dodatkowo skoncentrowanie nurtu co wynika z pobudowanych niegdyś budowli regulacyjnych. W celu zdekcentrowania przepływu z wąskiej około 400 m strefy w rejonie mostu w latach 2005 – 2007 za Kępą Włocławską odtworzono dawne koryto boczne (ryc. 1). Z badań terenowych wynika, że odtworzone

koryto za Kępą Włocławską uległo wypłyceciu i funkcjonuje tylko podczas wysokich stanów wody. Prognozuje się, że wraz z obniżeniem się zwierciadła wody dla odcinka włocławskiego Wisły (po rozmyciu progów na 683 km) odtworzone koryto ulegnie zalądowieniu, przestając tym samym pełnić rolę kanału ulgi podczas wysokich stanów (ryc. 1).



Fot. 1. Na fotografiach uwidoczniono efekty destabilizacji filarów mostu drogowego we Włocławku, zlokalizowanego około 5 km poniżej stopnia wodnego we Włocławku (fot. 2009).

### **Erozja wsteczne w ujściowym odcinku rzeki Zgłowiączki**

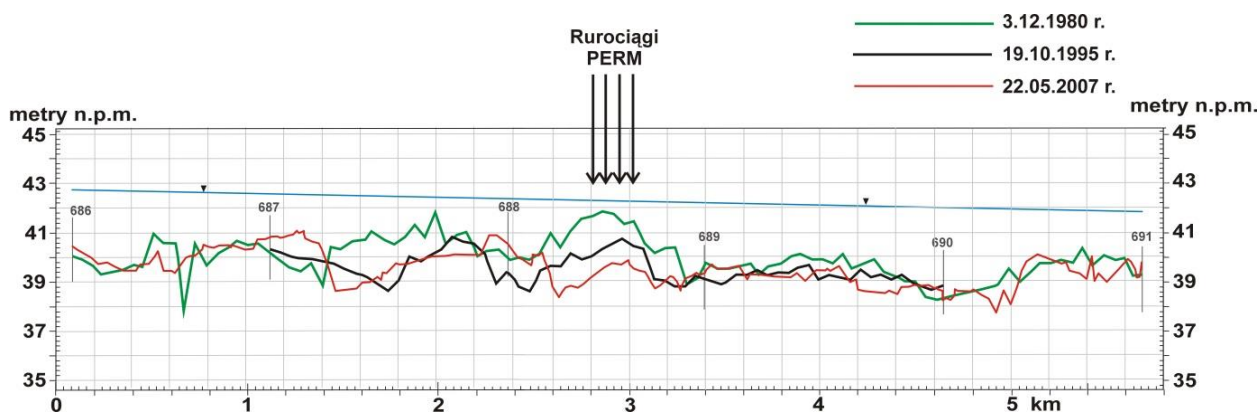
Postępujące obniżanie się średnich stanów wody i obniżanie się dna koryta w odcinku włocławskim Wisły spowodowało niekorzystne zmiany w ujściowym odcinku rzeki Zgłowiączki. W celu wyeliminowania erozji wstecznej postępującej w górę tego dopływu w latach 80-tych około 300 m od ujścia wybudowano próg przelewowy (fot. 2). Kilka lat później zaistniała konieczność wybudowania kolejnego progów w miejscu połączenia się wód Zgłowiączki z Wisłą. Różnica poziomu zwierciadła wody pomiędzy obiema rzekami wynosi przy niskich stanach wody ponad 2 m. Przewiduje się dalszy wzrost wysokości spadów na progach wraz ze zmianą poziomu wody po rozmyciu (pominięciu przez nurt Wisły) progów na 683 km.



Fot. 2. Dwa stopnie wodne w ujściowym odcinku rzeki Zgłowiączki w celu zabezpieczenia koryta przed erozją wsteczną spowodowaną obniżaniem się dna koryta Wisły we Włocławku. Po lewej próg zbudowany ok. 300 m w górę od ujścia, po prawej drugi nowszy próg przy samym ujściu do Wisły.

### Rurociągi paliwowe biegnących pod dnem Wisły

Pomiędzy 684 a 689 km (9 – 14 km poniżej stopnia wodnego) przebiegają dwa gazociągi z etylenem oraz 2 ropociągi. W świetle przeprowadzonych badań proces erozji wgłębnej był w grudniu 2007 r. przyczyną katastrofy - dwukrotnego rozszczenia ropociągu PERN (fot. 3). Z analizy archiwalnych materiałów batymetrycznych oraz współczesnych pomiarów wynika, że dno koryta obniżyło się w rejonie w/w ropociągu o około 3,5 m (ryc. 3). Oprócz erozji spowodowanej obecnością stopnia wodnego, również prace regulacyjne wykonane tu w latach 50-tych ubiegłego wieku przyczyniły się do ograniczenia szerokości koryta i znacznego jego pogłębienia się. Dalszy przebieg erozji wgłębnej na tym odcinku Wisły i bezpieczeństwo instalacji rurociągowych uzależnione jest od funkcjonowania progów na 686 km i 690 km. Prognozuje się, że z czasem już obecnie płytko zalegające w dnie zabezpieczenia rurociągów (materace z faszyny pokryte narzutem kamiennym) będą stanowiły sztuczne progi w dnie koryta. Obecnie podczas niskich przepływów Wisły wynurzają się one częściowo ponad zwierciadło wody.



Ryc. 3. Zmiany głębokości koryta Wisły w profilu podłużnym w kilometrze 688-689 (13 km poniżej zapory), w miejscu przejścia pod dnem rzeki ropociągów Przedsiębiorstwa Eksploatacji Rurociągów Naftowych.



Fot. 3. Wisła w Fordonie (100 km od Włocławka) podczas rozszczenia ropociągu PERN w grudniu 2007 r. Na powierzchni zwierciadła wody unoszą się ropa naftowa.

## **Podsumowanie**

Na najbliższe lata przewiduje się dalsze problemy związane z bezpieczeństwem infrastruktury hydrotechnicznej poniżej stopnia wodnego we Włocławku. Jedynym trwałym rozwiązaniem, minimalizującym zagrożenie katastrofą budowlaną budowli zabezpieczających dolne stanowisko stopnia wodnego we Włocławku, mostu drogowego, gazociągów i ropociągów przebiegających pod dnem rzeki, będzie budowa kolejnego stopnia wodnego poniżej. W innej sytuacji konieczne będą kosztochłonne zabiegi zabezpieczające budowle przed dalszą degradacją. Koszty zaplanowanych prac remontowych stopnia wodnego na lata 2013-2016 mają pochłonąć kwotę 160 mln złotych. W ramach tych prac polepszony ma zostać stan techniczny zapory czołowej, śluzy żeglugowej, zapory bocznej Borowiczki i wałów wstecznych oraz przebudowana ma być przepławki dla ryb.

## **Literatura:**

Babiński Z., 1982. Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku, Dokumentacja. Geograficzna., z.1-2.

Babiński Z., 1992. Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły, Prace Geograficzne nr 157.

Habel M., 2007. Fluvial processes below the Włocławek dam, Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on River Sedimentation. August 1-4, Moscow, Russia, vol. 2.

Polak K., Rosicki A., 2007. Zagrożenie stateczności stopnia wodnego we Włocławku, XII Międzynarodowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapór – Stare Jabłonki, 19-22 czerwca 2007.

## **Abstract**

The article gives an evaluation of the Vistula river bed in the sector close below the Włocławek barrage, in particularly condition of hydrotechnical structures. The river was crossed with a dam in October 1968. Since that time the process of bed erosion has been activated, reaching the distance of over 40 km below the barrage. The existence of a single barrage in Włocławek, once designed to be one of the eight barrages in the Cascade of Lower Vistula, results in constant cutting into the river bed. In consequence stability of the dam and the nearby hydrotechnical objects is endangered. All the undertaken efforts to protect the river bed against erosion take a lot of money and the effects are poor and transitory.

**Keywords:** sediment transport deficit, hydrotechnical construction disaster, ecological safety