

LESZEK KSIĄŻEK, MATEUSZ STRUTYŃSKI, TOMASZ KLAJA

Katedra Inżynierii Wodnej  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## OCENA PRZEPUSTOWOŚCI I RÓWNOWAGI HYDRODYNAMICZNEJ NA ZAGROŻONYM ODCINKU POTOKU WIEPRZÓWKA \*

**Streszczenie.** Wezbrania wód na niestabilnych odcinkach koryt rzecznych przyczyniają się do intensywnych przeobrażeń ich dna. Zachwianie równowagi hydrodynamicznej cieków oraz zmiana jego przepustowości są szczególnie istotne w terenie zurbanizowanym, ponieważ prowadzą do wzrostu zagrożenia powodziowego. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na odcinku potoku Wieprzówka w Andrychowie. Pomiary przeprowadzono w latach 2005-2007. Obejmowały one niwelację podłużną i poprzeczną cieków, analizę składu granulometrycznego rumowiska, inwentaryzację budowli hydrotechnicznych oraz historycznych fal powodziowych. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono znaczne zmiany w konfiguracji dna do miąższości około 1 m oraz zmianę składu granulometrycznego materiału dennego; przed wezbraniem średnica miarodajna  $d_m$  miała wartość 0,049 m, po przejściu fali wezbrania zmniejszyła się do 0,021 w przekroju km 17+140. Objętość zakumulowanego rumowiska na długości odcinka pomiarowego po przejściu fali wezbrania we wrześniu 2007 roku wynosiła około 590 m<sup>3</sup>. Analiza warunków przejścia fali powodziowej na badanym odcinku wskazuje na zmieniającą się jego przepustowość. W zależności od przekroju przepływ  $Q_{1\%}$  mieści się w korycie, w innych już woda o prawdopodobieństwie  $Q_{10\%}$  stwarza zagrożenie powodziowe.

**Słowa kluczowe:** równowaga hydrodynamiczna, przepustowość koryta, rumowisko

### Wstęp

Zagrożenie powodziowe jest problemem społeczno-gospodarczym, a jego ograniczenie jest jednym z celów współczesnej gospodarki wodnej. Celami równorzędnymi są ochrona zasobów wodnych oraz zaspokojenie uzasadnionych, społecznych i gospodarczych potrzeb wodnych. Ponieważ wykorzystanie rzek w ostatnich latach miało charakter

---

\*Pomiary terenowe wykonano z pomocą finansową Urzędu Miejskiego w Andrychowie.

jedynie gospodarczy, nastąpiło zachwianie równowagi hydrodynamicznej w korytach rzek i potoków powodujące daleko idące, często nieodwracalne zmiany morfologiczne koryt rzecznych (PRECISO i IN. 2008, KSIĄŻEK i MICHALIK 2005). Ponadto zabudowa i uszczelnienie zlewni, prostowanie i kanalizowanie koryt rzecznych zmniejsza retencję, potęgując wezbrania.

Warunkiem bezpiecznego przepuszczenia wód katastrofalnych (HYDRAULICZNE... 2003) jest utrzymanie minimalnej przepustowości koryt na całej długości cieką, uwzględniające warunki transportu rumowiska dennego oraz zapewniające równowagę ekologiczną. Wytworzenie lub odbudowa warunków równowagi w cieką następuje, gdy będzie on odprowadzał w dół swego biegu taką samą ilość rumowiska wlezonego jaka jest dostarczana do danego przekroju doliny, a profil podłużny dna nie będzie podlegał procesowi akumulacji ani erozji (BARTNIK i KSIĄŻEK 2007).

Dwa kluczowe dokumenty koordynują działania celów polityki wodnej: Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW), która ustanawia ramy dla działań na rzecz ochrony wód (DIRECTIVE... 2000), oraz Dyrektywa w sprawie oceny zagrożenia i zarządzania powodzią, która jest ukierunkowana na ograniczenie zagrożenia powodziowego oraz jego skutków (DYREKTYWA... 2007). Podporządkowanie gospodarki wodnej celom zawartym w RDW powinno prowadzić do poprawy sytuacji istniejących siedlisk w przypadku udrażniania cieków i przywracania ich ciągłości.

Przykładem cieką, na którym zabiegi hydrotechniczne były podporządkowane głównie zabezpieczeniu przed powodzią, jest odcinek potoku Wieprzówka, gdzie równowaga hydrodynamiczna, jak i ciągłość ekologiczna zostały naruszone.

## Material i metody

Odcinek badawczy jest zlokalizowany na potoku Wieprzówka w Andrychowiu. Ciek ten jest lewobrzeżnym dopływem Skawy. Całkowita jego długość wynosi 29,36 km, a powierzchnia zlewni – 151,94 km<sup>2</sup>. Badany odcinek znajduje się rejonie mostu (km 17+000) i zamyka zlewnię o powierzchni 65,6 km<sup>2</sup>.

W celu zapewnienia powtarzalności przeprowadzanych pomiarów terenowych założono sieć reperów. Długość badanego odcinka wynosi około 680 m. Koryto cieką powyżej mostu jest zbliżone do naturalnego, występują w nim lokalne przegłębienia, sekwencja bystrze–płoso oraz łachy śródkorytowe, których wysokość dochodzi do 0,9 m. Łachy te nie są porośnięte roślinnością, co wskazuje na występowanie licznych wezbrań z towarzyszącym im transportem rumowiska. Szerokość koryta w tym miejscu dochodzi do 30 m, a wysokość brzegów wynosi 1,5-2 m. Brzegi wysokie są porośnięte roślinnością sztywną oraz krzewami i drzewami.

W rejonie mostu szerokość koryta zwęża się do szerokości 18 m. Brzegi i przyczółki mostu są umocnione kosztami siatkowo-kamiennymi. Koryto w tym rejonie jest prostoliniowe, a przekrój poprzeczny ma kształt trapezu.

W przekroju km 17+240 znajduje się stopień o wysokości 1 m, a w przekroju km 16+840 przejście wodociągu pod dnem koryta. Obiekt ten, o wysokości 1,5 m, jest zbudowany z zalanych betonem gabionów. Dno niecki wypadowej i odcinek poniżej budowli są umocnione narzutem kamiennym, który jest uszkodzony. Bezpośrednio za budowlą w korycie cieką zaobserwowano duży wybój.

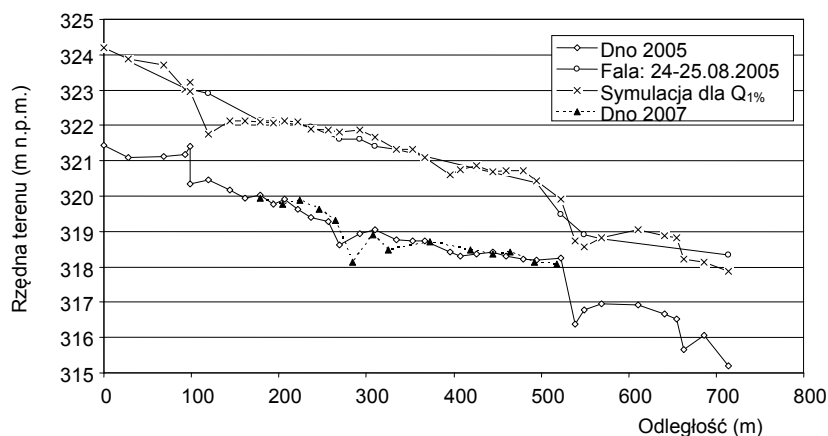
Pomiary terenowe wykonano jesienią 2005 i 2007 roku po przejściu fal powodziowych w sierpniu 2005 i wrześniu 2007 roku. Pomiary te obejmowały pomiary geodezyjne, analizę składu granulometrycznego rumowiska, inwentaryzację budowli hydrotechnicznych, historycznego zasięgu fali powodziowej oraz szaty roślinnej.

W 2005 roku wykonano 39 przekrojów poprzecznych obejmujących koryto główne oraz tereny zalewowe, w październiku 2007 roku wykonano 17 przekrojów poprzecznych w korycie głównym. Odległość między przekrojami wynosiła od 5 do 30 m. W miejscach lokalnego przegłębienia, zmiany spadku lub charakteru biegu rzeki sieć przekrojów poprzecznych zagęszczano.

## Wyniki

Na podstawie pomiarów terenowych zbudowano model terenu i przeprowadzono obliczenia zasięgu fali powodziowej.

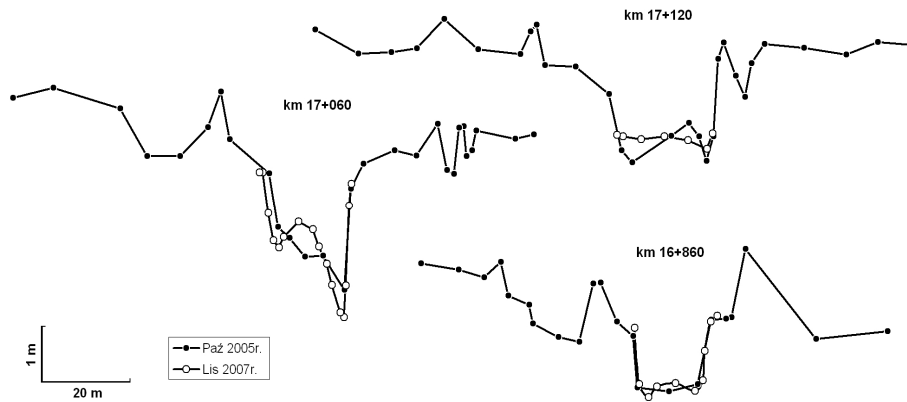
Na rysunku 1 przedstawiono profile podłużne badanego odcinka po przejściu fali powodziowej w sierpniu 2005 roku oraz we wrześniu 2007 roku wraz z historycznym zasięgiem fali powodziowej w sierpniu 2005 roku oraz symulowanym o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%. Fala powodziowa, która wystąpiła w sierpniu 2005 roku, odpowiadała przepływowi  $Q_{1\%}$ , a we wrześniu 2007 roku – przepływowi  $Q_{10\%}$ .



Rys. 1. Profil podłużny badanego odcinka potoku Wieprzówka

Fig. 1. Longitudinal profile of the measured section of the Wieprzówka stream

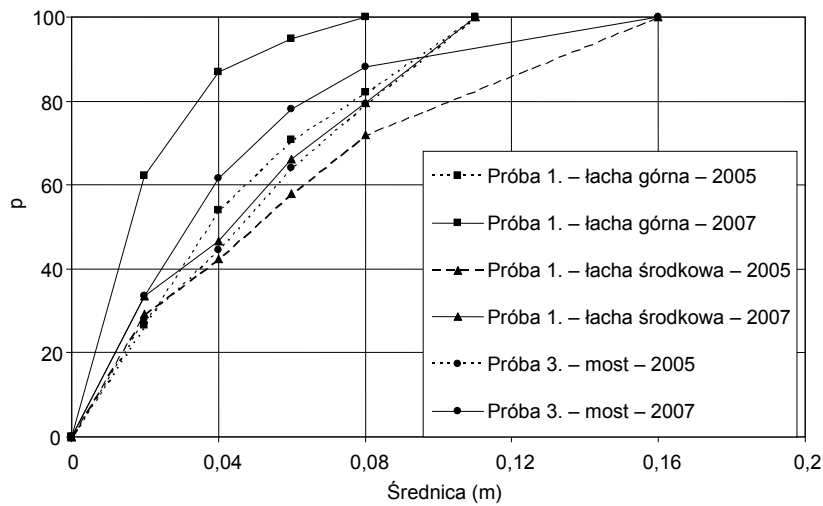
Wyrównany spadek dna na badanym odcinku w wyniku zmian morfologicznych zmniejszył się z 6,2‰ w roku 2005 do 5,3‰ w 2007 roku. Przejście wrześniowej fali wezbrania spowodowało nieznaczne podwyższenie się dna koryta w górnej części badanego odcinka, które dochodzi do około 0,2 m. W przekrojach km 17+120 i 17+060 – powyżej mostu – stwierdzono nasilenie procesów erozyjnych, gdzie poziom dna obniżył się mniej więcej o 0,9 m w porównaniu z rokiem 2005 lub podniósł się o 0,7 m (rys. 2). W rejonie mostu drogowego poziom dna ulegał niewielkim zmianom, co wskazuje na stabilność tego odcinka ciek. Podobnie w dolnej części odcinka badawczego (przekrój km 16+860), gdzie poziom dna nie uległ znaczącym zmianom.



Rys. 2. Typowe przekroje poprzeczne badanego odcinka potoku Wieprzówka  
 Fig. 2. The typical cross-sections of the Wieprzówka stream

W celu scharakteryzowania rumowiska odcinka potoku Wieprzówka wykonano serie pomiarów obejmujących pobór rumowiska metodą konwencjonalną. Próby pobrano w rejonie łachy śródkorytowej znajdującej się w górnej części badanego odcinka w km 17+100, w rejonie łachy drogowej, na łasze znajdującej się przed nim – w km 17+070 oraz bezpośrednio pod mostem.

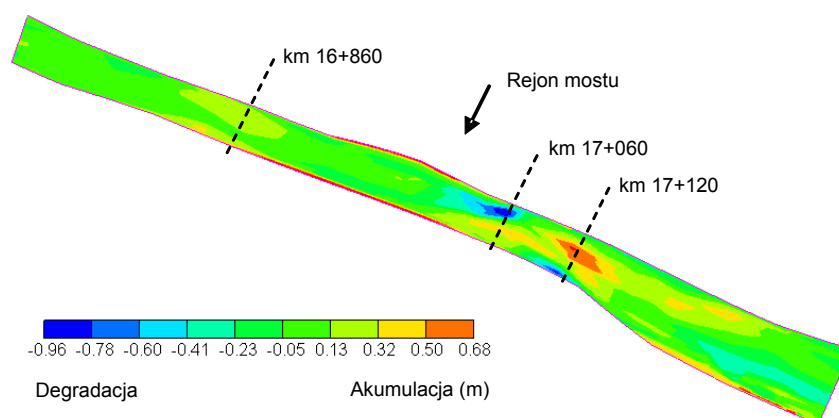
Koryto Wieprzówki na badanym odcinku jest pokryte gruboziarnistym materiałem skalnym. Największa średnica ziarna z próby pobranej w 2005 roku wynosiła 0,26 m, a w 2007 roku zmalała do wartości 0,21 m. Na rysunku 3 przedstawiono krzywe przesiewu rumowiska pobranego w trzech przekrojach w 2005 oraz 2007 roku.



Rys. 3. Krzywe przesiewu, potok Wieprzówka, 2005 oraz 2007 rok  
 Fig. 3. Grain size distribution curves, the Wieprzówka stream, 2005 and 2007 year

Po przejściu fali powodziowej we wrześniu 2007 roku średnica rumowiska potoku Wieprzówka na badanym odcinku uległa zmniejszeniu w porównaniu z rokiem 2005 we wszystkich badanych przekrojach. Na łasze górnej (km 17+140) średnica miarodajna rumowiska  $d_m$  zmniejszyła się z 0,049 do 0,021 m, na łasze środkowej (km 17+070) – z 0,060 do 0,0393 m. W rejonie mostu średnica miarodajna zmniejszyła się o 0,008 m – do wartości 0,041 m. Świadczyć to może o stabilności tego odcinka.

Rysunek 4 przedstawia zmiany konfiguracji dna na badanym odcinku wywołane przejściem wrześniowej fali powodziowej. Kolorem czerwonym oznaczono miejsca, gdzie poziom dna uległ podniesieniu, kolorem niebieskim – miejsca obniżenia dna. Odpowiada to odpowiednio akumulacji rumowiska i erozji dna. Drobny materiał denny transportowany w czasie fali powodziowej z górnej części badanego odcinka ulegał akumulacji i odkładał się w postaci łach korytowych do przekroju km 17+080. Spowodowało to zmniejszenie wartości średnicy miarodajnej, podniesienie się dna oraz zmniejszenie powierzchni czynnego przekroju poprzecznego. Zawężenie strugi w rejonie mostu z 30 m do 18 m wywołało zwiększenie prędkości przepływu wody, co doprowadziło do przekroczenia wartości granicznych transportu rumowiska. Masowy transport rumowiska na tym odcinku uszkodził umocnienie brzegu oraz doprowadził do obniżenia się poziomu dna mniej więcej o 1 m w porównaniu z rokiem 2005. Dolną część badanego odcinka należy uznać za stabilną; poziom dna nie uległ tam znaczącym przeobrażeniom. Świadczyć to może o transportującym charakterze tego odcinka.



Rys. 4. Zmiany poziomu dna po przejściu fali powodziowej we wrześniu 2007 roku  
Fig. 4. Bed elevation changes after major flood in September 2007

Ruch rumowiska na badanym odcinku doprowadził do akumulacji materiału dennego. Objętość zakumulowanego rumowiska na długości całego odcinka pomiarowego po przejściu fali wezbrania we wrześniu 2007 roku wynosiła około 590 m<sup>3</sup>.

Takie zmiany znacząco wpływają na przepustowość badanego odcinka. Przepływ  $Q_{50\%}$  mieści się w przekrojach pomiarowych na całym badanym odcinku potoku Wieprzówka. Poziom zwierciadła wody przy przepływie  $Q_{1\%}$  przewyższa brzegi w przekrojach km 17+040-km 17+160 o 0,15-0,4 m. Przekrój mostowy jest wystarczający do przepuszczenia wody o prawdopodobieństwie wystąpienia  $p = 1\%$ . Przy prze-

plywie  $Q_{1\%}$  prześwit pomiędzy zwierciadłem wody a dolną krawędzią mostu wynosi około 1,3 m.

Zmniejszenie czynnego przekroju poprzecznego mostu w wyniku np. zatoru z pni drzew może spowodować podniesienie się zwierciadła wody powyżej mostu. Przy przepływie  $Q_{1\%}$  w przekroju tym różnica pomiędzy poziomami zwierciadeł wody w przypadku wystąpienia zatoru i jego braku wynosi 0,6 m, a podpiętrzenie to będzie widoczne na długości około 150 m.

## Wnioski

1. Powódź, jaka wystąpiła w sierpniu 2005 roku, odpowiadała przepływowi  $Q_{1\%}$ . Wezbranie z września 2007 roku odpowiadało przepływowi około  $Q_{10\%}$ .

2. Poziom zwierciadła wody przy przepływie  $Q_{1\%}$  przewyższa brzegi w przekrojach km 17+040-km 17+160 o 0,15-0,4 m.

3. Po przejściu wezbrania we wrześniu 2007 roku stwierdzono znaczne zmiany morfologiczne oraz granulometryczne dna w górnym biegu badanego odcinka potoku Wieprzówka. Poziom dna uległ podniesieniu w wyniku akumulacji o 0,7 m lub obniżeniu dochodzącemu do 1 m. Maksymalna zmiana średnicy miarodajnej dochodzi do około 60%.

4. W przekrojach poprzecznych poniżej mostu nie zaobserwowano znaczących zmian granulometrycznych oraz morfologicznych dna, co wskazuje na stabilność tego odcinka.

5. Na badanym odcinku przeważa akumulacja, w wyniku której objętość zakumulowanego rumowiska po przejściu fali wezbrania we wrześniu 2007 roku wynosi około  $590 \text{ m}^3$ .

6. W celu przywrócenia ciągłości ekologicznej na badanym odcinku konieczna jest przebudowa istniejących stopni, np. na bystrze o zwiększonej szorstkości.

## Literatura

- BARTNIK W., KSIĄŻEK L., 2007. Regulacja rzek i potoków górskich w warunkach równowagi hydrodynamicznej. Zesz. Nauk. Infrastrukt. Ekol. Ter. Wiejsk. Tech. Infrastrukt. Wsi Ser. Monogr. 4, 2: 15-26.
- DIRECTIVE of the European Parliament and the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. 2000. Offic. J. Eur. Commun. 22.12.2000 L 327/1.
- DYREKTYWA 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego z 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. Dz. Urz. L 288/27.
- HYDRAULICZNE podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych. 2003. Red. J. Kubrak, E. Nachlik. Wyd. SGGW, Warszawa.
- KSIĄŻEK L., MICHALIK A., 2005. Degradacja koryt rzecznych jako skutek działalności człowieka. Wyd. IMiGW, Warszawa.
- PRECISO E., SALEMI E., BILLI P., 2008. Channel morphology evolution and bedload transport of the Reno River in northern Italy. W: Proceedings of the Fourth International Conference on Fluvial Hydraulics – River Flow 2008. Vol. 2. Red. M.S. Altinakar, M.A. Kokpinar, M. Gogus, G. Tayfur, S.Y. Kumcu, N. Yildirim. Kubaba Congress Department and Travel Services, Ankara: 1439-1445.

## THE FLOW CAPACITY AND MORPHOLOGICAL BED CHANGES ON THE SECTION OF THE WIEPRZÓWKA MOUNTAIN STREAM

**Summary.** The paper shows results of measurements made on the part of the Wieprzówka mountain stream. Measurements were made in September 2005 and October 2007. The research consisted of drawing grain size distribution curves, longitudinal profile and simulated water surface level for discharge  $Q_{1\%}$  and investigation of local weirs, bridges and culverts. Based on the measurements considerable bed changes were found for depth of 1 m and changes in grain size distributions. Before the freshet the mean grain size  $d_m$  was 0.049 m and after passage of flood to the 0.021 m in the cross-section km 17+140. The volume of accumulated bed material on the length of the measured section of the Wieprzówka stream was 590 m<sup>3</sup>. The analysis of passage conditions on the measured section shows changes of flow capacity on different parts of the section. Depending on the cross-section discharge  $Q_{1\%}$  (discharge of 1% annual exceedance probability) is located in the main channel. In the other cross-section discharge  $Q_{10\%}$  made flood hazard.

**Key words:** hydrodynamic balance, channel capacity, bedload

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Leszek Książek, Katedra Inżynierii Wodnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: rmksiaze@cyf-kr.edu.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*28.04.2009*

*Do cytowania – For citation:*

*Książek L., Strutyński M., Klaja T., 2009. Ocena przepustowości i równowagi hydrodynamicznej na zagrożonym odcinku potoku Wieprzówka. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #90.*

