



ZMIANY KORYTA POTOKU TRZEBUŃKA POWYŻEJ OBNIŻONEJ I ZREWITALIZOWANEJ ZAPORY PRZECIWRUMOWISKOWEJ

Marta Łapuszek
Politechnika Krakowska

CHANGES OF STREAM CHANNEL ON TRZEBUŃKA STREAM UPSTREAM LOWERED AND RESTORED CHECK DAM

Streszczenie

Na potoku Trzebuńka w miejscowości Stróża podjęto i zrealizowano projekt polegający na obniżeniu o 4.0 m i rewitalizacji istniejącej zapory przeciwrumowiskowej, przebudowując jej konstrukcję poniżej tworząc bystrza z głazów osadzonych w konstrukcji betonowej (tzw. „grouted rock”). Całość konstrukcji tworząca 12 małych zbiorniczków na wodę stanowi obecnie rodzaj przepławki dla ryb. W artykule przedstawiono wstępne wyniki analizy przebiegu procesów korytowych na potoku Trzebuńka powyżej przebudowanej zapory. W literaturze światowej opisane są lokalne przypadki zlikwidowanych lub obniżonych i przebudowanych wielu zapór różnej wielkości. Wciąż brakuje jednak odpowiedzi na wiele pytań dotyczących reakcji koryta na taką interwencję. Dyskutowany jest problem tempa przemieszczenia materiału zdeponowanego w zbiorniku i konsekwencji obniżenia bazy erozyjnej dla odcinka koryta powyżej zapory. Po dwóch latach od przebudowy zapory i uwolnieniu rumowiska z czaszy zbiornika, przeobrażenia nowo ukształtowanego koryta powyżej nowej konstrukcji mają przebieg dynamiczny. Wyniki pomiarów koryta Trzebuńki na odcinku o długości 180.0 m powyżej nowej zapory

wskazują na zdecydowane migracje boczne koryta (erozja boczna). Dopiero powyżej 200.0 m od korony nowej konstrukcji koryto wykazuje stabilność

Słowa kluczowe: potok górski, erozja brzegowa, zapora przeciwrumowiskowa, renaturyzacja

Abstract

On Trzebuńka stream, in Stróża village, the project of lowering of 4.0 m and restoring the check dam has been executed. The structure downstream was redesigned to form rapids, made of stones embedded in the "grouted rock" construction. Now, the whole construction of 12 small water reservoirs forms a kind of long fish pass. The preliminary results of stream channel evolution on Trzebuńka stream above the restored check dam are presented in the paper. There are described the local cases of check dam liquidation or restoration in the World. However, there are still many questions concerning the response of stream channel to such technical intervention. The problem of rate of sediment displacement in the reservoir and the consequent erosion base reduction for the channel above is discussed. The field measurements and observation show that two years after check dam lowering and emptying the sediment reservoir on Trzebuńka stream the transformation of new formed channel upstream the new structure is dynamic. At the length of 180.0 m upstream the new dam the bank erosion is significant. Just above 200.0 m upstream from the structure the channel is stable.

Key words: *mountain stream, bank erosion, check dam, restoration*

WSTĘP

Budowla hydrotechniczna, jaką jest zapora przeciwrumowiskowa wznoszona jest w celu ograniczenia transportu rumowiska rzeczno-ego. Stopniowo, za korpusem zapory powstaje zbiornik, gdzie akumulowane jest rumowisko niesione z koryta powyżej zapory, jak również ze stoków. Zapory tego typu wznoszono w obszarze polskich Karpat głównie w pierwszej połowie XX wieku, kiedy potoki były przeciążone rumowiskiem, odkładającym się w swych dolnych biegach (Hubicki, 1927). Stale podnoszące się dna koryt stanowiły wówczas zagrożenie powodziowe dla przyległych terenów rozwijających się dolin. Obecnie na niemal każdym potoku karpaccim zlokalizowana jest co najmniej jedna zapora przeciwrumowiskowa, a na większości ich górnych biegów nawet kilka tworząc kaskadę. Większość zapór budowanych w ubiegłym stuleciu nie spełnia

już swej funkcji, ponieważ ich zbiorniki są całkowicie wypełnione rumowiskiem (Korpak i inni, 2008, Ratomski, 1991). Dodatkowo zapory te przyczyniają się do pogorszenia stanu ekologicznego potoków, w większości nie wyposażone w przepławki dla ryb, stanowią barierę nie do przebycia dla ryb łososiowatych, uniemożliwiając im wędrówkę na tarło w górne odcinki potoków (Bojarski et. al, 2005).

W wyniku tak masowego zatrzymania rumowiska w górnych biegach potoków górskich, obecnie w rzekach karpackich obserwuje się masowy problem polegający na niedoborze rumowiska. Powstaje zatem pytanie, czy dobrym rozwiązaniem będzie uwolnienie materiału z czasz zapór przeciwrumowiskowych, który zasiliłby koryta poniżej nich. Takie działania już są podejmowane, przykładem jest projekt zrealizowany w latach 2014-15 na dwóch dopływach Raby (AB OVO Tarliska Górnej Raby, 2011). Są to jednak prace nowatorskie, stąd badanie oddziaływania tych prac na przebieg procesów korytowych jest uzasadnione. Dyskusji podlega tu przede wszystkim problem tempa przemieszczenia materiału naniesionego w zbiorniku (Shuman 1995) i konsekwencji obniżenia bazy erozyjnej dla odcinka koryta powyżej zapory (Doyle et al. 2003).

CEL, OBSZAR BADAŃ I ZAKRES

Celem artykułu jest przedstawienie wyników analizy przebiegu procesów korytowych na potoku Trzebuńka, powyżej przebudowanej zapory przeciwrumowiskowej.

Potok Trzebuńka, zlokalizowany na obszarze Beskidu Makowskiego, jest lewobrzeżnym dopływem Raby. Powierzchnia zlewni potoku wynosi 33 km², a długość 9.0 m. Potok Trzebuńka w Stróży, gdzie w miejscu nieczynnej elektrowni w km 0+370 biegu cieku wybudowano wysoką zaporę przeciwrumowiskową, ze względu na lokalne warunki klimatyczne stwarza najlepsze warunki dla tarła pstrągów. Potok płynie tam w korycie wciętym w podłoże skalne, z licznymi głazami. Jednak żwir nadający się na tarliska pstrągów blokowała zaporę, a poniżej jej konstrukcji koryto docięte jest do podłoża skalnego, z minimalną ilością aluwii. Zaporę w Stróży powstała jako zaporę dla użytku elektrowni wodnej, a następnie została podwyższona i przebudowana uzyskując funkcję zapory przeciwrumowiskowej. Od dawna zresztą nie spełniała swojej roli ze względu na brak aluwii w przyujściowym odcinku Trzebuńki. Obniżenie zapory, jakie podjęto w 2015 roku zmieniając ją na bystrze (Fot.1), spowoduje odwołanie ciągłości potoku i umożliwienie migracji żyjących w nim organizmów (AB OVO Tarliska Górnej Raby, 2011). Koryto potoku powyżej przebudowanej zapory jest żwirowe, z niewielką terasą zalewową. Poniżej zapory koryto jest wcięte, z dnem skalnym z niewielką ilością kamieni i żwiru, z widoczną erozją boczną obu brzegów. Koronę zapory obniżono o 4.0 metra, przebudowując jej

konstrukcję poniżej tworząc bystrza z głazów osadzonych w konstrukcji betonowej (tzw. „grouted rock”). Całość konstrukcji tworząca 12 małych zbiorniczków na wodę stanowi obecnie rodzaj przepławki dla ryb (Fot.1), (AB OVO Tarliska Górnej Raby, 2011).

W celu analizy zmian korytowych powyżej przebudowanej zapory, wykonywane były, i są nadal, pomiary geodezyjne, które obejmują geometrię przekrojów poprzecznych w stałych wybranych miejscach oraz niwelację zwierciadła wody. Pomiary geodezyjne wykonywane są za pomocą zestawu GPS Topcon Hiper II. Po przebudowie zapory, usunięciu rumowiska z czaszy zbiornika i ukształtowaniu koryta powyżej zapory zgodnie z projektem rozpoczęto monitorowanie zmienności koryta. Pierwszy pomiar wykonano we wrześniu 2015 roku, kolejny dokładnie rok później.

Porównanie przekrojów ma na celu określenie tendencji zachodzących zmian morfometrii koryta, a następnie ich wpływu na warunki przepływu wody i przepustowość koryta potoku. Ponadto pomiary te wykonywane corocznie przyczynią się do lepszego zrozumienia reakcji koryta na obniżenie zapory przeciwrumowiskowej, a ich wyniki pomogą w podjęciu decyzji o ewentualnych rozbiórkach lub modernizacjach innych zapór (Gleick et. al, 2009, Książek et. al, 2007).

A)



B)



Fot.1. a) Widok na zaporę od strony wody dolnej (2012 rok), (fot.J.Jeleński);
b) kaskada przebudowanej zapory (2017 rok), (fot. A.Mączałowski).

Phot.1. a) Check dam before restoration (year 2012), (photo: J.Jeleński) d) cascade of restored check dam (year 2017); (photo: A.Mączałowski).

ANALIZA ZMIENNOŚCI KORYTA TRZEBUŃKI POWYŻEJ PRZEBUDOWANEJ ZAPORY

Pomiary geodezyjne przekrojów poprzecznych koryta potoku Trzebuńka wykonano w pięciu profilach, ich lokalizację wraz z konstrukcją przebudowanej zapory przedstawiono na Rys.1.

Koryto potoku powyżej zapory jest żwirowe, z niewielką terasą zalewową. Po ukształtowaniu go zgodnie z projektem, po dwóch latach jego przeobrażenia są tak transparentne, że można już przedstawić pierwsze wyniki pomiarów terenowych i sformułować pierwsze wnioski. Przede wszystkim należy stwierdzić, że zdecydowane przemieszczenia koryta na odcinku bezpośrednio powyżej przebudowanej zapory występują w kierunku poziomym (erozja boczna).



Rysunek.1. Lokalizacja zapory i przekrojów badawczych na potoku Trzebuńka, z zaznaczonymi miejscami występowania intensywnej erozji bocznej (linia czarna przerywana).

Figure.1. The check dam and gauging stations (PP1-PP5) location on Trzebuńka stream, the areas of bank erosion are pointed out (black line discontinuous).

W przekroju PP1 zlokalizowanym w odległości 30.0 m powyżej budowli obserwuje się znaczne, bo wynoszące 13.5 m poszerzenie koryta w stosunku do jego wymiarów z 2015 roku. Poszerzenie to nastąpiło w wyniku podcięcia brzegu lewego i jego intensywnej erozji (Rys.2). Przekrój PP2 zlokalizowany w odległości 95.0 m od dawnej zapory również uległ rozszerzeniu o około 11.0 metra w stosunku do tego co było po opróżnieniu zbiornika zaporowego z rumowiska i ukształtowaniu ponownie koryta. Koryto na skutek intensywnej erozji bocznej przemieściło się w kierunku brzegu prawego (Rys.2). Koryto Trzebuńki

w przekroju PP3, oddalonym od przebudowanej zapory o 180.0 m uległo przeobrażeniu na skutek erozji brzegu prawego i znacznemu przegłębieniu przy tym brzegu, wynoszącym 1.5 metra. W rezultacie tych procesów, koryto zwiększyło powierzchnię swojego przekroju prawie o połowę.

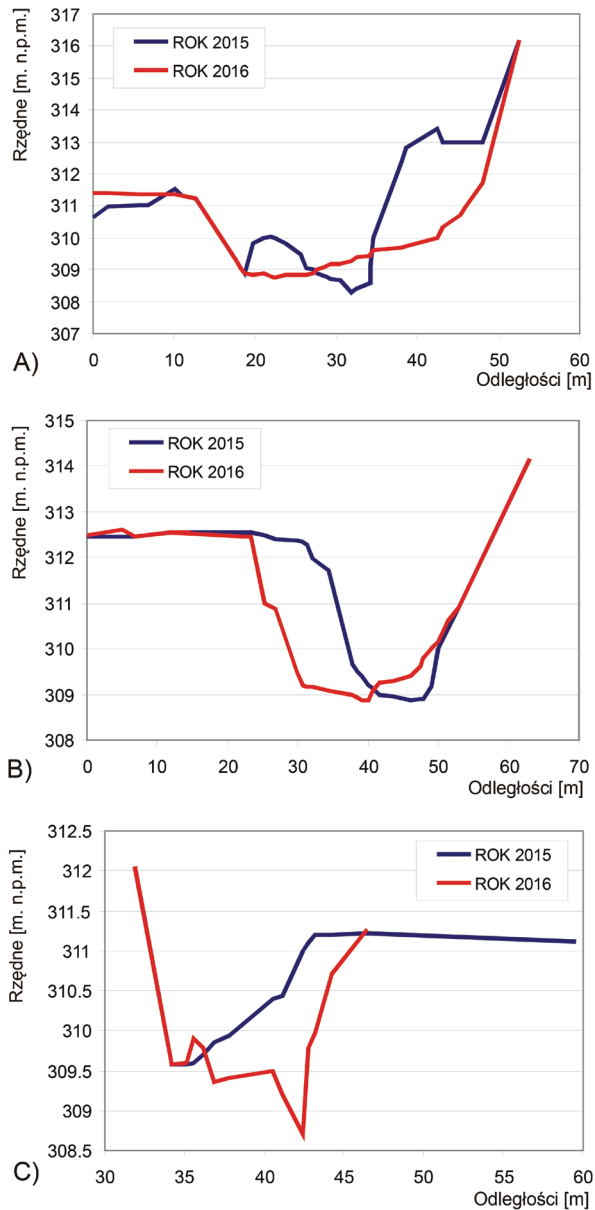
Zarejestrowane powyżej opisane procesy świadczą o swobodnym kształtowaniu się koryta Trzebuńki i jego migracji w obrębie wyznaczonego korytarza w dnie doliny po opróżnieniu czaszy zbiornika rumowiskowego i obniżeniu zapory o 4.0 metra oraz jej przebudowie.

Opisane wyżej procesy kształtowania koryta ciek (aktywne podcięcia skarp koryta) mają pozytywny aspekt, gdyż w ich wyniku koryto zasilane jest materiałem charakteryzującym się grubszymi frakcjami, w stosunku do frakcji rumowiska, które po powstaniu zbiornika rumowiskowego pozostały w dawnym korycie i jego dolinie. Wyniknęło to z faktu, iż przez dziesięciolecia rumowisko dostarczone było do czaszy zapory w sposób ciągły, a jego największe ilości dostarczane i osadzone były podczas wezbrań. Czasza zbiornika zaporowego miała niewielką pojemność, a konstrukcja dawnej zapory pozwalała na zatrzymanie w całości materiału wleczonego. Z kolei materiał unoszony częściowo dostawał się dolnego odcinka ciek. Drobniejszy materiał w czasie największych przepływów był transportowany jako rumowisko unoszone. Warstwa złożona z rumowiska drobnego tworzyła się w momencie opadania przepływu, kiedy gruby materiał już się nie poruszał, a drobny opadał na dno.

Ponadto poprzez opisane wyżej zaobserwowane procesy korytowe po przebudowie zapory koryto ciek w układzie pionowym i poziomym ma tendencję do wykształcenia nowego profilu równowagi hydrodynamicznej, w zaburzonych warunkach systemu fluwialnego. Jak wykazują pomiary wyżej przedstawionych przekrojów korytowych, jak również obserwacje koryta na długości przedmiotowego odcinka potoku, zwykle tempo tych zmian jest bardzo szybkie tuż po wystąpieniu zaburzenia, po czym w czasie ulega osłabieniu, a koryto osiąga ponownie równowagę hydrodynamiczną. Dawna zaporą, jako typowa budowla regulacyjna, które trwale przegrodziła koryto potoku, spowodowała przerwanie ciągłości systemu fluwialnego i zmieniła profil podłużny koryta. Obecnie ciek na odcinku powyżej i poniżej przebudowanego obiektu tworzy nowy układ fluwialny. Pytanie brzmi: jak długo w czasie nowa równowaga zostanie osiągnięta (Stanley et al., 2002)?

Istotna jest więc kontynuacja pomiarów terenowych, których wyniki pozwolą na stwierdzenie kiedy koryto osiągnie równowagę hydrodynamiczną. Dlatego badania w tym kierunku są kontynuowane.

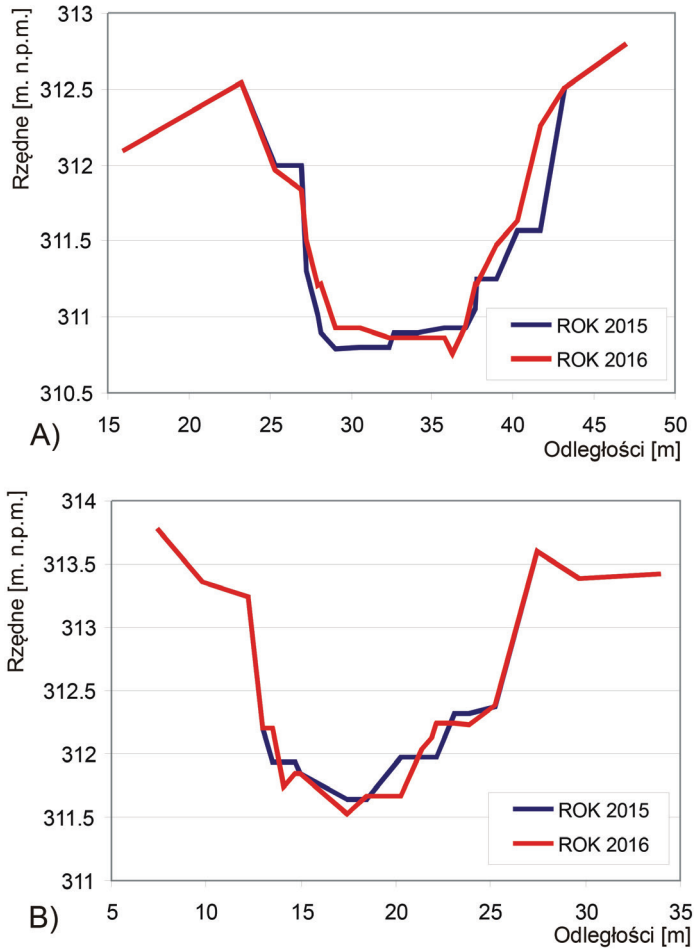
Warto tu zauważyć, iż efektem swobodnego kształtowania koryta potoku Trzebuńki i jego migracji w obrębie wyznaczonego korytarza w dnie doliny, jest już obserwowany wzrost morfologicznego i hydraulicznego zróżnicowania ciek. Co w rezultacie ma doprowadzić do zwiększenia bioróżnorodności organizmów wodnych.



Rysunek.2. Zmienność koryta potoku Trzebuńka w przekrojach badawczych zlokalizowanych w odległości od 30.0 m do 180.0 m powyżej przebudowanej zapory: a) PP1; b) PP2; c) PP3.

Figure.2. The stream channel changes on Trzebuńka in gauging stations located from 30.0 m to 180.0 m upstream the restored check dam: a) PP1; b) PP2; c) PP3.

Wzrost dostawy gruboziarnistego rumowiska z erodowanych brzegów, tak jak to ma miejsce powyżej przebudowanej zapory, powinno spowodować zmniejszenie zdolności transportowej potoku wskutek wzrostu oporów przepływu wynikających z uziarnienia rumowiska i zróżnicowaniu geometrii dna koryta, jakie towarzyszą kształtowaniu się koryta o naturalnym zróżnicowaniu morfologicznym.



Rysunek.3. Zmienność koryta potoku Trzebuńka w przekrojach badawczych zlokalizowanych w odległości od 200.m do 270.0 m powyżej przebudowanej zapory: a) przekrój PP4; b) przekrój PP5.

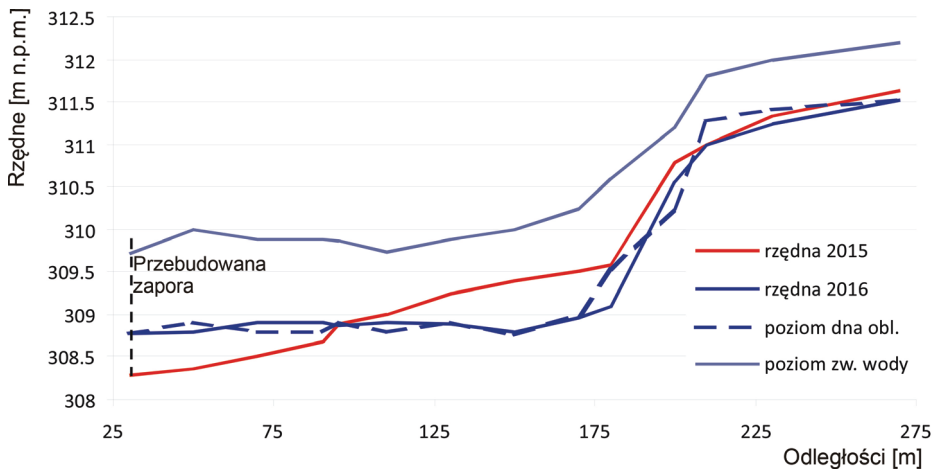
Figure.3. The stream channel changes on Trzebuńka in gauging stations located from 200.0 m to 270.0 m upstream the restored check dam: a) PP4; b) PP5.

Konsekwencją wymienionych wyżej czynników będzie z kolei powstrzymanie wcinania się koryta cieką i odtworzenie aluwialnego dna koryta, jego stopniowa w długim okresie czasie agradacja, umożliwiające odtworzenie pionowej i bocznej łączności ekosystemu rzecznoego.

Układ potoku w planie z zaznaczoną tendencją wcinania się w brzegi (Rys.1) wskazuje, że właśnie przy tych brzegach układał się główny nurt cieką z czasu przed wybudowaniem zapory.

Interesujące jest też, w jakiej odległości od przebudowanej zapory koryto potoku Trzebuńka utrzymuje stabilność dna i brzegów pomimo zmiany układu fluwialnego po usunięciu rumowiska ze zbiornika. Wykonano pomiary przekroi poprzecznych oddalonych od zapory o ponad 200.0 m. Przedstawiona na wykresach geometria wybranych przekrojów poprzecznych: PP4 oraz PP5 oddalonych od zapory odpowiednio o 200.0 i 270.0 m wskazuje na ich stabilność w układzie pionowym i poziomym (Rys.3).

Chociaż są widoczne niewielkie zmiany koryta szczególnie w kierunku pionowym, nie obserwuje się migracji poziomej koryta. Jednak w związku ze zmianą w systemie fluwialnym koryta na długości około 200.0 m powyżej przebudowanej zapory w dłuższym okresie czasu mogą zmienić się też warunki na wyżej położonym odcinku (PP4, PP5). Dlatego odcinek ten jest również objęty nadal monitoringiem geodezyjnym.



Rysunek.4. Zmienność koryta potoku Trzebuńka na długości przebudowanej zapory: obliczenia modelowe.

Figure.4. The stream channel changes on Trzebuńka upstream the restored check dam: model simulation.

Ze względu na to, że kolejnym etapem badań jest prognoza przebiegu zmienności koryta potoku powyżej przebudowanej zapory, wykonane zostały wstępne obliczenia modelem 1D RubarBE (Paquier, 2003) mające na celu stworzenie modelu koryta Trzebuńki pod kątem prognozy przebiegu procesów erozji i agradacji koryta na długości cieku. Do obliczeń wykorzystano istniejące przekroje poprzeczne koryta wraz z ich doliną z roku 2015, a do porównania obliczonej zmienności koryta posłużyły przekroje poprzeczne wykonane w 2016 roku (Rys.4).

Przeprowadzone działania związane z usunięciem barier migracyjnych, prowadzące do odtworzenia ciągłości korytarza ekologicznego, jako jeden z nielicznych przypadków obniżenia o 4.0 m i przebudowania zapory przeciwrumowiskowej, można uznać jako rodzaj eksperymentu terenowego. W literaturze światowej opisane są lokalne przypadki zlikwidowanych lub obniżonych i przebudowanych wielu zapór różnej wielkości (Burroughs et. al, 2009). Wciąż brakuje jednak odpowiedzi na wiele pytań dotyczących reakcji koryta na taką interwencję. Dyskutowany jest problem tempa przemieszczenia materiału zdeponowanego w zbiorniku (Shuman 1995) i konsekwencji obniżenia bazy erozyjnej dla odcinka koryta powyżej zapory (Doyle et al. 2003).

WNIOSKI

1. Zapora przeciwrumowiskowa na potoku Trzebuńka, jako obiekt nie spełniający już swej funkcji z racji całkowitego wypełnienia zbiornika rumowiskiem, została obniżona o 4.0 m i przebudowana, dając możliwość odtworzenia drogi migracji organizmom wodnym, a przede wszystkim rybam wędrującym.
2. Po dwóch latach od przebudowy zapory i uwolnieniu rumowiska z czaszy zbiornika, przeobrażenia nowo ukształtowanego koryta powyżej nowej konstrukcji mają przebieg dynamiczny. Wyniki pomiarów koryta Trzebuńki na odcinku o długości 180.0 m powyżej nowej zapory wskazują na zdecydowane migracje boczne koryta (erozja boczna). Średnia wielkość tych migracji w kierunku brzegu prawego lub lewego to ponad 10.0 m. Zaobserwowano też oprócz intensywnej erozji bocznej brzegu prawego w przekroju PP3, oddalonym od przebudowanej zapory o 180.0 m, znaczne przegłębienie koryta na głębokość 1.5 metra. Zaobserwowane procesy świadczą o swobodnym kształtowaniu się koryta Trzebuńki i jego migracji w obrębie wyznaczonego korytarza w dnie doliny po opróżnieniu czaszy zbiornika rumowiskowego.
3. Z pomiarów terenowych wynika, że koryto potoku Trzebuńka utrzymuje stabilność dna i brzegów na odcinku dopiero powyżej 200.0 m powyżej przebudowanej zapory.

4. W celu dalszego śledzenia zmian korytowych powyżej przebudowanej zapory, wykonywane są nadal, pomiary geodezyjne, które obejmują geometrię przekrojów poprzecznych w stałych wybranych miejscach. Porównanie przekrojów ma na celu określenie tendencji zachodzących zmian morfometrii koryta, a następnie ich wpływu na warunki przepływu wody i przepustowość koryta potoku. Ponadto pomiary te wykonywane corocznie przyczynią się do lepszego zrozumienia reakcji koryta na obniżenie zapory przeciwrumowiskowej, a ich wyniki pomogą w podjęciu decyzji o ewentualnych rozbiórkach lub modernizacjach innych zapór.

LITERATURA

Burroughs B.A., Hayes D.B., Klomp K.D., Hansen J.F., Mistak J. (2009). Effects of Stronach Dam removal on fluvial geomorphology in the Pine River, Michigan. *United States. Geomorphology* (110), 96–107.

Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J. (2005). Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. *Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych, Warszawa*.

Doyle M.W., Stanley E.H., and Harbor J. M. (2003). Channel adjustments following two dam removals in Wisconsin. *Water Resources Research* (39), 1011-1026.

Gleick P.H., Cooley H., Cohen M.J., Marikawa M., Morrison J., Palanappan M. (2009). Dams removed or decommissioned in the United States, 1912 to present. *The World's Water 2008–2009. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Island Press, Washington, DC*.

Hubicki S. (1927). Zabudowa potoków górskich. *Nakł. Kola St. Inż. Las, Lwów, Politechnika, część I, II, III*.

Korpak J., Krzemień K., Radecki-Pawlik A. (2008). Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpacczych. *Monografia, PAN, Oddział w Krakowie, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, (4), 1-88*.

Książek L., Jednorą A., Strutyński M. (2007). Ocena możliwości zmiany funkcji i przeznaczenia zapory przeciwrumowiskowej na potoku Wieprzówka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN, Oddział w Krakowie, (4)1, 89-100*.

Paquier A. (2003) What are the problems to be solved by a 1 – D river sediment transport model? Example of RubarBE software. *Selected Problems of Water Engineering, Politechnika Krakowska – Cemagref – results of cooperation, 9 – 11 October 2003, seminary, Cemagref Editions 2004, BP 44, 92163 Antony, France, 75-85*.

Ratomski J. (1991). Sedymentacja rumowiska w zbiornikach przeciwrumowiskowych na obszarze Karpat fliszowych. *Politechnika Krakowska, Monografia, (123), 1-131*.

Shuman J. R. (1995). *Environmental* considerations for assessing dam removal alternatives for river Restoration. *Regulated Rivers: Research and Management* (11), 249-261.

Stanley E.H., Luebke M.A., Doyle M.W., Marshall D.W. (2002). Short-term changes in channel form and macroinvertebrate communities following low-head dam removal. *Journal of the North American Benthological Society* (21), 172-187.

AB OVO Tarliska Górnej Raby. (2011) *Opis techniczny* TGR-O-R-002-02 (<http://www.tarliskagornejraby.pl/download.php?view.11>).

dr inż. Marta Łapuszek
Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej
Politechnika Krakowska
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
mlapusze@iigw.pl
tel. 012 628 28 89

Wpłynęło: 06.09.2017

Akceptowano do druku: 12.12.2017