INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr I/1/2015, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 133–144
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.1.1.011

ANALIZA PRZEOBRAŻEŃ KORYT RZECZNYCH W DŁUGIM OKRESIE CZASU NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH DOPŁYWÓW GÓRNEJ WISŁY

Marta Łapuszek
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszko

ANALYSIS OF LONG-TERM RIVERBED TRANSFORMATION : CASE STUDY OF THE TRIBUTARIES OF THE UPPER VISTULA RIVER

Streszczenie

Dokonano analizy zmienności położenia dna koryt rzecznych w czasie w wybranych trzech profilach wodowskazowych: w Stróży na Rabie oraz w Żywcu i Oświęcimiu na Sole, w długim, ponad 100-letnim okresie czasu. Skupiono się na analizie utrzymania biegu rzeki w wybranych przekrojach badawczych w czasie. Jak wykazują badania, charakter biegu rzeki może zmieniać się przestrzennie i czasowo z różną intensywnością. W okresie 50-100 letnim zmiany te mogą być nieznaczne, ale może też nastąpić trwała zmiana kierunku rozwoju koryta. W artykule przedstawiono tendencje zmian położenia w czasie koryt wybranych górskich dopływów górnej Wisły na podstawie analizy zmienności stanów niskich rocznych w wieloleciu. Podano przyczyny zaobserwowanych zmian korytowych, które spowodowane były regulacją polegającą na skróceniu biegu rzeki i zawężenia koryta lub nadmierną eksploatacją istniejących aluwiów rzecznych. Przedstawiony w artykule sposób oceny zmienności koryt rzecznych w długim okresie czasu może stanowić wstęp do dalszych badań nad kierunkami rozwoju koryt i dolin rzecznych w aspekcie ich przyszłego zagospodarowania.

Słowa kluczowe: koryto rzeczne, erozja denna, równowaga hydrodynamicna

Summary

The analysis of variability of riverbed elevation recorded at three selected gauging cross-sections: Stróża on Raba River and Żywiec and Oświęcin on Soła River is presented in the current paper. The studies concern the period of more than one hundred year. Focus was on the analysis of the river course maintenance in selected gauging stations. Research shows that the river course may change spacially and temporally with varying inensity. In the period of 50 – 100 years, these changes can be slight, but it can be also observed permanent change in the direction of the river channel development. The paper presents the trends of riverbed changes during the long period of time in selected mountain tributaries of the upper Vistula River, which were studied on the basis on the variability of observed mean annual water stages. In the paper there are given the reasons for the observed changes in the river course and channel geometry, which were caused by river regulation relayed on the shortening and narrowing of the river channel or the sediment exploitation. Presented in the article method of assessment of the variability of the river channels level in the long period of time may be the first step to future research on trends in the river channel and rivel valleys development.

Key words: *river channel, riverbed ersion, hydrodynamic balance*

WSTĘP

Prowadzona na przestrzeni dziesięcioleci, a nawet stuleci, ingerencja człowieka w cieki wodne doprowadziła dzisiaj do licznych, często nieodwracalnych zmian.

Erozja wgłębna koryt rzecznych obserwowana na licznych ciekach wodnych o dnie ruchomym zwłaszcza w środkowych i dolnych ich biegach jest spowodowana najczęściej regulacją polegającą na skróceniu biegu rzeki i zawężenia koryta lub nadmierną eksploatacją istniejących aluwiów rzecznych. Erozja ta jest przyczyną wielu problemów, wśród których znaczny stanowi zmniejszanie się aluwialnej warstwy wodonośnej, co pociąga za sobą utratę w krótkim czasie zasobów źródeł wody pitnej wysokiej jakości. Innym poważnym skutkiem z punktu widzenia społeczno-ekonomicznego jest zagrożenie stabilności budowli inżynierskich, których koszt remontów jest bardzo wysoki. Ponadto zaobserwowano negatywny wpływ erozji na środowisko naturalne, tj. zmiany roślinności nabrzeżnej, zubożenie siedlisk, w tym zniszczenie naturalnych tarlisk.

Prace związane ze zmianą szerokości i długości cieku, budową wałów i umocnień brzegów, przyczyniły się również w sposób trwały do powstania

zmian i zaburzeń w morfodynamicznych procesach dostosowawczych cieku oraz w funkcjonowaniu ekosystemów od cieku zależnych.

Uświadomienie sobie powyższych skutków toruje drogę dla nowych koncepcji zabudowy i zagospodarowania cieków ze szczególnym uwzględnieniem ochrony strefy tzw. korytarza swobodnej migracji cieku. Jednak powrót do odtwarzania korytarzy swobodnej migracji cieku jest stosowny jedynie w warunkach, gdzie ciek rzeczywiście wykazuje tendencję w kierunku kształtowania w wyniku procesów geomorfologicznych takiego korytarza. Zrozumienie praw dynamiki rzecznej to wciąż jeszcze w dużym stopniu sfera badań. Możliwa jest jednak ocena zmienności koryt rzecznych w długim okresie czasu. Jak wykazują badania, charakter biegu rzeki może zmieniać się przestrzennie i czasowo z różną intensywnością. W okresie 50-100 letnim zmiany te mogą być nieznaczne, ale może też nastąpić trwała zmiana kierunku rozwoju koryta. W artykule przedstawiono tendencje zmian położenia w czasie koryt wybranych górskich dopływów górnej Wisły na podstawie analizy zmienności stanów niskich rocznych w wieloleciu.

W artykule skupiono się na analizie utrzymania biegu rzeki w wybranych przekrojach badawczych w czasie. Ocena ta może stanowić wstęp do dalszych badań nad kierunkami rozwoju koryt i dolin rzecznych w aspekcie ich przyszłego zagospodarowania.

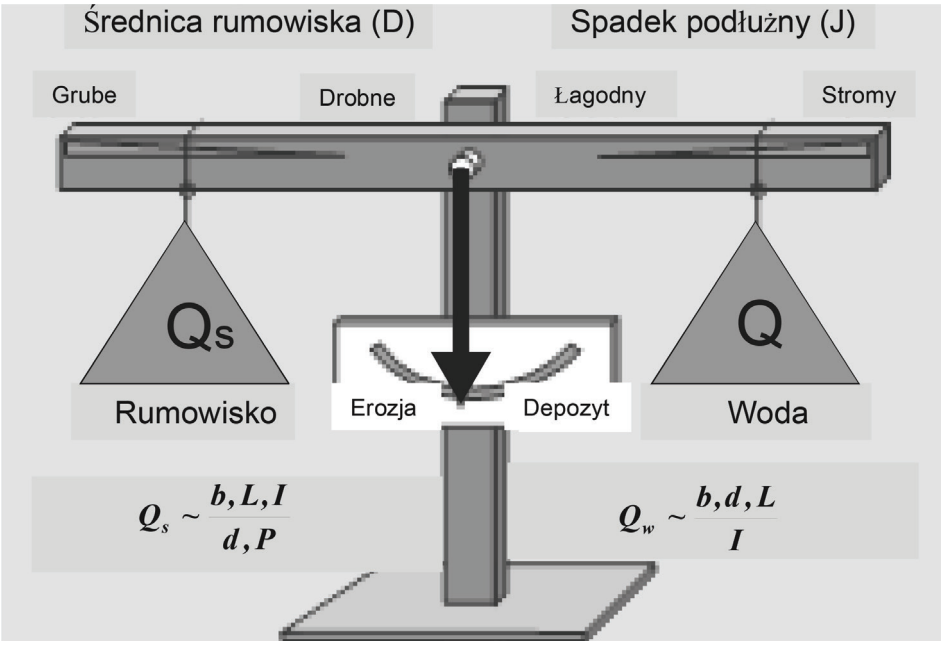
WARUNKI RÓWNOWAGI HYDRODYNAMICZNEJ

Z przepływem wody w korycie naturalnym cieku związany jest ruch rumowiska. Rumowisko to może pochodzić z procesów denudacyjnych, zachodzących w zlewni lub może być produktem erozji dennej lub bocznej zachodzącej w samym korycie. W zależności od szybkości i wielkości zmian parametrów określających ruch wody i rumowiska mamy do czynienia ze zmiennymi w czasie i przestrzeni procesami erozji czy sedymentacji materiału. Charakter procesu określa współzależność pomiędzy intensywnością ruchu rumowiska a zdolnością transportową cieku. W ciekach naturalnych procesy erozji i akumulacji na poszczególnych odcinkach są zróżnicowane. Poprzez te procesy rzeka dąży do zachowania równowagi hydrodynamicznej (Chow Ven Te, 1959). Główne czynniki wpływające na utrzymanie tej równowagi to: przepływ wody, wielkość i rodzaj rumowiska, spadek podłużny cieku, roślinność porastająca brzegi.

Zaburzenie równowagi hydrodynamicznej może być też spowodowane czynnikami antropogenicznymi (nadmierna eksploatacja rumowiska rzecznego, zabudowa hydrotechniczna i niewłaściwe prowadzenie regulacji rzek).

Zgodnie z zależnościami przedstawionymi przez Schumma (Rys.1), masowy ruch rumowiska w korycie cieku o dnie ruchomym, jest możliwy tylko w określonych warunkach hydrodynamicznych (Mertens W., 1999). W sposób

uproszczony (Rys. 1) dynamikę rzeczną można przedstawić jako ciągłe wahanie wskazówki wagi, której jedna szala została wypełniona rumowiskiem rzecznym (symbolizującym zmienną Qs) a druga wodą (przepływ Q). Jako że proporcje rumowiska i wody oraz wzajemne ich oddziaływanie są zmienne (w skali dni, lat, tysiącleci), rzeka dostosowuje w sposób ciągły swoją geometrię za pomocą procesów erozji i osadzania.



Rysunek 1. Czynniki wpływające na równowagę hydrodynamiczną w korycie rzeki, gdzie: Q_W: przepływ wody (m^3/s); Q_S: przepływ rumowiska (m^3/s); *b*: szerokość cieku (m); *d*: głębokość cieku (m); *L*: długość łuku; meandra (m); *I*: spadek zwierciadła (-); *P*: stosunek długości cieku pomiędzy dwoma punktami do długości doliny.

Figure 1. Factors affecting the hydrodynamic balance In the riverbed, where: Q_W: water flow (m^3/s); Q_S: sediment flow (m^3/s); *b*: channel width (m); *d*: channel depth (m); *L*: length of the meander (m); *I*: slope (-); *P*: stream length ratio between two points of the length of the valley (*Determination de l'espace..., 1998,* Mertens W., 1999).

Przyjmuje się, że naturalne rzeki zachowują „równowagę dynamiczną" lub „quasi-równowagę" (zależnie od przedziału czasu przyjętego dla analizy tego procesu). Dostosowują one w sposób ciągły swoją morfologię (długość, głębokość, spadek koryta, krętość oraz długość łuku meandrów) w celu zapewnienia optymalnego przepływu wody i niesionego materiału.

„Równowaga dynamiczna" i „quasi-równowaga" nie oznaczają więc całkowitego braku zmian cech fizycznych cieku, lecz przeciwnie jego ciągłe dostosowywanie się do średnich warunków.

Podstawowym problemem jest więc określenie progu, począwszy od którego te zmiany w geometrii przestają być wynikiem procesów zapewnienia jego równowagi, lecz zaczynają świadczyć o powstawaniu zaburzeń związanych z nadmierną erozją lub sedymentacją rumowiska kształtującego koryto rzeczne.

CEL I OBSZAR BADAŃ

Celem artykułu jest przedstawienie wyników analizy transformacji koryt rzecznych w długim okresie czasu oraz ocena charakteru zaobserwowanych zmian korytowych. Przedstawiono też podstawy metodyczne dotyczące określania zmian położenia dna koryt rzecznych w długim okresie.

W artykule przedstawiono wyniki obserwacji i obliczeń jakie wykonano w profilach wodowskazowych Żywiec i Oświęcim na Sole oraz w profilu Stróża na Rabie.

Soła bierze swój początek w zachodniej części Beskidu Żywieckiego, przepływa przez Kotlinę Żywiecką, Beskid Mały, Pogórze Śląskie i Wilamowskie oraz Kotlinę Oświęcimską. Długość rzeki Soły wynosi 88,9 km a powierzchnia dorzecza 1.4 tys. km^2. Na odcinku Soły poniżej Żywca zlokalizowane są trzy zbiorniki zaporowe: Tresna, Porąbka i Czaniec. Soła uchodzi do Wisły w 1,8 kilometrze jej biegu. Wodowskaz Żywiec zlokalizowany jest w km 50,2 biegu Soły, a wodowskaz Oświęcim w km 3,0.

Raba ma swój obszar źródliskowy w masywie Gorców, przepływa przez Kotlinę Mszany Dolnej, następnie pomiędzy górami Beskidu Wyspowego i Beskidu Średniego, gdzie ma charakter przełomu. Od Myślenic Raba płynie obszarem Pogórza, gdzie w km 62,5 jej biegu zlokalizowana jest zapora zbiornika Dobczyce. Poniżej zbiornika Raba płynie uregulowanym korytem, mijając szeroką płaską dolinę Kotliny Sandomierskiej, w ujściowym odcinku płynie przez Równinę Nadwiślańską, gdzie uchodzi do Wisły w okolicy Ujścia Solnego. Profil wodowskazowy Stróża znajduje się w km 80,6 biegu Raby.

Wszystkie trzy analizowane wodowskazy charakteryzuje długi, tj. ponad 100-letni okres obserwacji stanów niskich rocznych. Jedynie w Oświęcimiu brak jest obserwacji z lat 1393-1949, nie ma to jednak wpływu na jakość przeprowadzonych obserwacji i obliczeń.

METODYKA BADAŃ

Analizę zmienności koryt rzecznych przeprowadzono z założeniem podanym przez Punzeta (Punzet J.,1994), a sprawdzonym przez autorkę niniejszej

publikacji, że układ stanów niskich rocznych z wielolecia odpowiada położeniu dna, a zmiana stanów wody jest równoznaczna ze zmianami położenia dna w określonym przedziale czasu (Łapuszek M., Ratomski J., 2006).

Wieloletnie ciągi stanów niskich rocznych w badanych profilach podzielono na przedziały czasowe, w których określono funkcję, opisującą położenie dna cieku w danym roku *T*. Funkcja $H_i(T)$ określająca zależność stanu niskiego rocznego w danym roku obserwacyjnym od czasu (lata) w *i*-tym przedziale czasowym jest zapisana następująco (Łapuszek M., Ratomski J., 2006):

$$H_i(T) = H_{śr}(T) + \varepsilon \tag{1}$$

gdzie:

ε – składnik losowy (składnik resztowy, zwany resztą);

$H_{śr}(T)$ – funkcja regresji wyrażona w postaci funkcji liniowej:

$$H_{śr}(T) = E(H|T) = \alpha T + \beta \tag{2}$$

gdzie:

T - rok obserwacyjny;

α - wskaźnik intensywności erozji lub akumulacji, cm·rok–1;

β - stała, cm.

Wartość parametru α wskazuje na średnie roczne obniżenie dna cieku w roku *T*. Symbol $E(H|T)$ oznacza warunkową wartość oczekiwaną stanu średniego niskiego w roku *T*, a parametry α i β są szacowane metodą najmniejszych kwadratów. Wzory (1) i (2) są ważne tylko w zakresie określonym przez badacza.

W obliczeniach uwzględniono wszystkie zmiany położenia zer wodowskazów oraz zmiany ich lokalizacji. Wyniki obliczeń zweryfikowano na podstawie analiz zmian położenia dna cieku w pomierzonych przekrojach poprzecznych. Do weryfikacji wykorzystane zostały archiwalne i aktualne przekroje poprzeczne koryta (IMGW). Na podstawie zmian zaobserwowanych w ich położeniu w badanych przedziałach czasowych obliczono średnie roczne obniżenie dna. Uzyskane w ten sposób wartości porównano z wartością współczynnika przy zmiennej czasowej *T* funkcji $H_i(T)$, który określa intensywność zmian erozyjnych koryta (Łapuszek M., Ratomski J., 2006). Weryfikacja tego typu mogła być jednak przeprowadzona tylko w wybranych przekrojach z uwagi na ograniczoną wiarygodność dostępnych przekrojów historycznych.

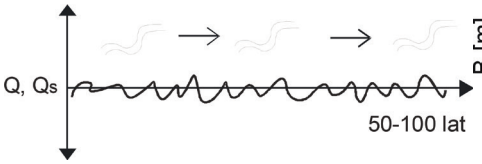
ANALIZA ZMIENNOŚCI BADANYCH KORYT RZECZNYCH W CZASIE

Rzeka dąży nieustannie do osiągnięcia równowagi pomiędzy ilością niesionego materiału (Qs) oraz przepływem wody (Q) dostosowując swoją geometrię w układzie poziomym, poprzecznym oraz wzdłuż swego biegu. To ciągłe do-

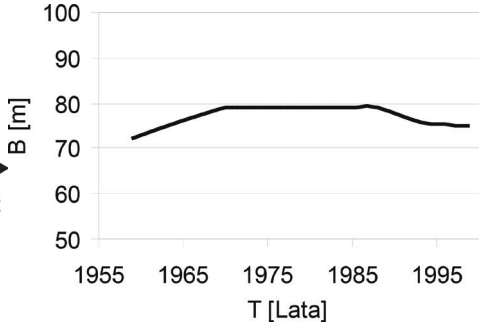
stosowanie cieku do osiągnięcia warunków wspomnianej równowagi przejawia się w procesach erozji lub akumulacji rumowiska w korycie. Aby móc ocenić czy obserwowany proces erozji lub agradacji koryta jest rzeczywiście procesem, który ma zapewnić równowagę w korycie, czy świadczy o powstaniu zaburzeń, konieczne jest prowadzenie obserwacji zmienności koryt rzecznych w długim, tj. około 100-letnim okresie czasu. Poniżej przedstawiono przykłady zmienności koryt rzecznych obserwowanych w długim okresie czasu w wybranych przekrojach rzek dorzecza górnej Wisły oraz podano przyczyny zaobserwowanych zmian. Morfologia cieku może zmieniać się przestrzennie i czasowo w zależności od przepływu wody (Q) i transportu rumowiska (Q_s).

Jeżeli obserwuje się nieznaczne, tzw. lekkie wahania wokół wartości średnich Q i Q_s (Rys.2), zachowujący równowagę bieg rzeki wyraźnie pozostaje niezmienny w okresie obserwacyjnym przynajmniej 50-100 lat. Przykładem takiego odcinka rzeki jest koryto Soły w profilu wodowskazowym Żywiec i powyżej.

W przekroju tym analizie poddano przebieg stanów niskich rocznych z lat 1901–2009. Do roku 1962 koryto cieku było stabilne, z nieznaczna tendencją do akumulacji (0.2 cm/rok). Od roku 1962 wodowskaz przeniesiono na 70 m w górę rzeki (Żywiec II), ponieważ poprzedni wodowskaz uległ całkowitemu zniszczeniu podczas powodzi, która miała miejsce w 1958 roku. Obserwacje prowadzone na wodowskazie Żywiec II od roku 1963 do chwili obecnej wykazują stabilność koryta z minimalną tendencją akumulacyjną. Warto też wspomnieć, że wielokrotnie pojawiające się wezbrania, oraz fala powodziowa z roku 1970 (Q=883 m^3/s) nie naruszyły stabilności koryta w przekroju wodowskazowym oraz w jego okolicy (Rys.4).

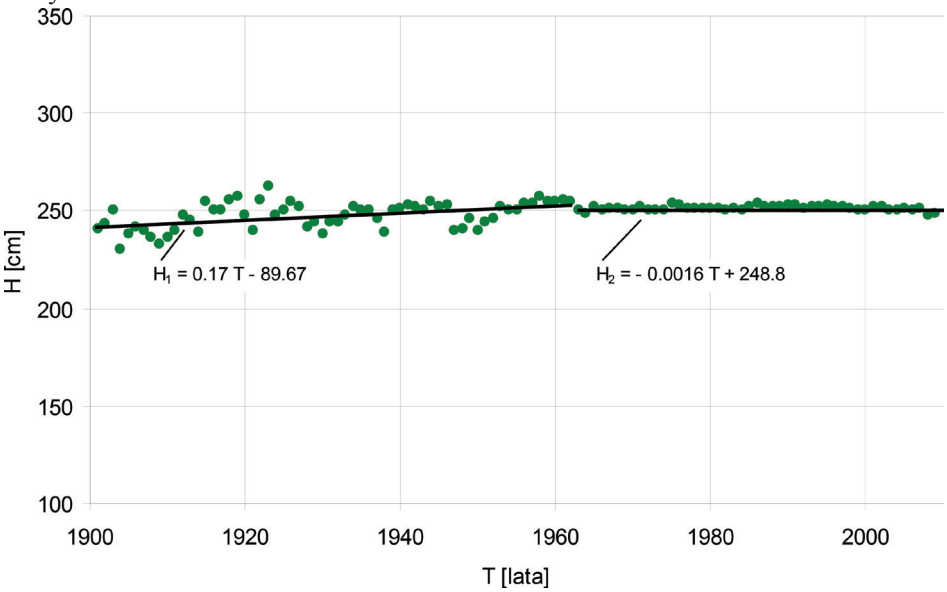


Rysunek 2. Ciek stabilny w długim okresie czasu.
Figure 2. Stable river course in the long time.



Rysunek 3. Zmienność szerokości koryta Soły w przekroju Żywiec w latach 1959-1999.
Figure 3. Channel width variability of Żywiec gauging station on Soła River in 1959- 1999.

Analiza zmienności szerokości koryta Soły w profilu Żywiec wykazała, że koryto w latach 1959-1999 charakteryzowało się nieznaczna zmiana szerokości, zmiany te wahały się między 72 m a 80 m. Świadczy to o stabilności koryta również w planie, wynika z tego że natężenie procesów fluwialnych jest nieznaczne na tym odcinku rzeki.



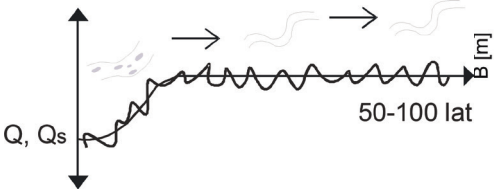
Rysunek 4. Zmienność Stanów niskich rocznych i funkcje regresji w profilu wodowskazowym Żywiec na Sole.

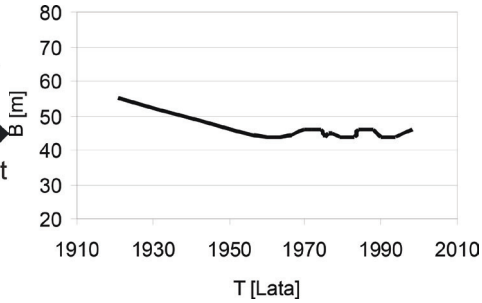
Figure 4. Variability of annual minimum water levels and estimated linear trend at the Żywiec cross-section on the Soła river.

W rzeczywistości *Q* i *Qs* nie są jedynymi parametrami mającymi wpływ na uruchomienie procesów pozwalających ponownie osiągnąć równowagę hydrodynamiczną cieku. Procesy te mogą być wynikiem regulacji rzek lub interwencji człowieka związanych z eksploatacją osadów. Działania takie mogą wywołać złożony proces interakcji i reakcji wtórnych i zmiany w całości lub części systemu rzecznego. Poniżej opisano przykłady oddziaływania wymienionych czynników na sposób kształtowania się koryta w długim (50-100 lat) okresie czasu.

Koryto Soły w profilu Oświęcim w latach 1901-1936 wykazywało tendencję do akumulacji rumowiska. W latach 1901-1926 akumulacja wynosiła 2.8 cm/rok, a w latach 1927-1936 akumulacja wynosiła około 0.20 cm/rok. Od roku 1938 do 1949 nie prowadzono odczytów na wodowskazie. Jednak pomiary geometrii koryta świadczą o ogromnej erozji koryta, jaka miała

miejsce w tych latach – 11.5 cm/rok. Ta degradacja koryta była związana z bardzo intensywnym poborem rumowiska wprost z koryta powyżej Oświęcimia (lata: 1939-45). W 1950 roku wykonano stopień regulacyjny około 1 km poniżej profilu wodowskazowego. Od tego czasu obserwuje się stabilizację koryta w układzie pionowym (Rys.7). Analiza zmienności szerokości koryta wykazuje że od 1950 roku Soła w Oświęcimiu ma stałą szerokość, koryto jest stabilne w układzie poziomym. Koryto wykazywało stabilność nawet po przejściu fal powodziowych z lat: 1970 (Q=870 m^3/s), 1996 (Q=717 m^3/s), oraz 1997 (Q=816 m^3/s).



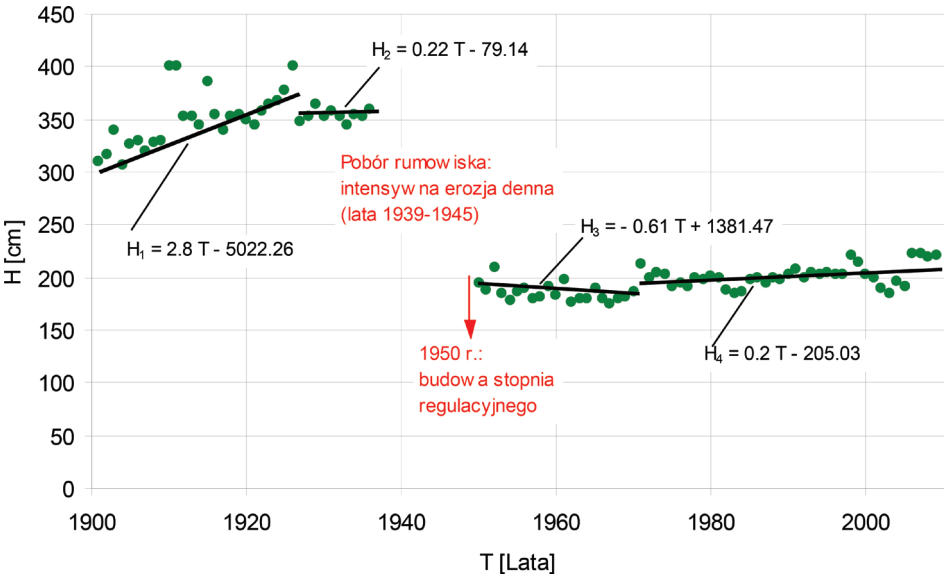


Rysunek 5. Ciek dążący do osiągnięcia stabilności w nowych warunkach przepływu Q i Q_s.
Figure 5. River course striving to achieve stability in the new flow condition of Q and Q_s

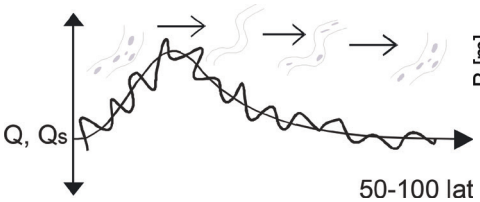
Rysunek 6. Zmienność szerokości koryta Soły w przekroju Oświęcim w latach 1921-1998.
Figure 6. Channel width variability of Oświęcim gauging station on Soła River in 1921-1998.

W tym rozważanym powyżej przypadku kiedy obserwuje się, że zmiany układu pionowego lub poziomego koryta są trwałe, oznacza to, że wystąpiła tendencja do zmniejszania się ilości osadów. W tym przypadku była ona efektem najpierw nadmiernego poboru rumowiska, kiedy to koryto uległo znaczemu pionowemu obniżeniu (erozja denna), a następnie wybudowania w korycie stopnia piętrzącego. Układ koryta zmienił się w sposób trwały poniżej tego obiektu, a następnie zaczął nieznacznie ewaluować wokół nowej, średniej zrównoważonej geometrii.

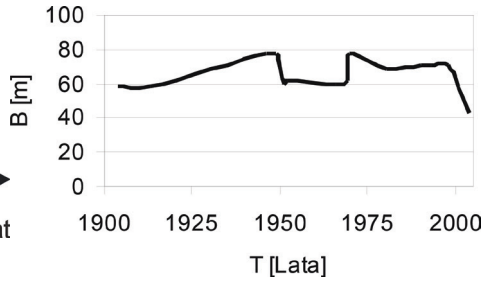
Jeżeli w cieku obserwuje się zmiany znaczne, ale stosunkowo nietrwałe, oznacza to że ciek dostosowuje się na jakiś czas do nowego układu, a następnie stopniowo zaczyna powracać do biegu tzw. Wyjściowego, czyli ulega przekształceniu w układzie poziomym lub pionowym, lub w obu kierunkach jednocześnie. Przykładem koryta, w którym zaobserwowano występowanie wyżej wspomnianych procesów jest koryto Raby w okolicy Stróży.



Rysunek 7. Stany niskie roczne i funkcje regresji w profilu wodowskazowym Oświęcim na Sole.
Figure 7. Variability of annual minimum water levels and estimated linear trend at the Oświęcim cross-section on the Soła river.



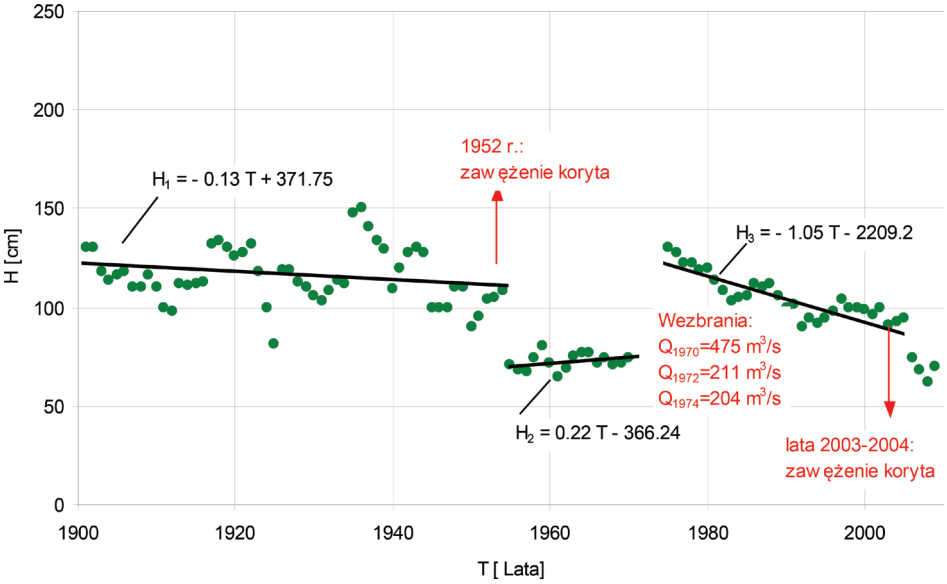
Rysunek 8. Ciek dążący do osiągnięcia stabilności w warunkach swego poprzedniego biegu.
Figure 8. River course striving to achieve stability in the conditions of its previous run.



Rysunek 9. Zmienność szerokości koryta Raby w przekroju Stróża w latach 1904-2004.
Figure 9. Channel width variability of Stróża gauging station on Raba River in 1904-2004.

W latach 1901-1954 w korycie obserwowano proces erozji na przemian z akumulacją materiału dennego, co w rezultacie w tym czasie prowadzi do tendencji do obniżania się dna w skali badanego przedziału czasowego. Obniże-

nie to wynosiło średnio 0,3 cm/rok. W 1952 roku koryto Raby zostało zwężone o około 20 m, co wywołało postępującą intensywną erozję dna i jego znaczne obniżenie. W wyniku wezbrań, które wystąpiły na przedmiotowym odcinku Raby kolejno w latach 1970, 1972 i 1974 koryto zbliżyło się do poprzedniej szerokości wynoszącej około 77 m. W następnych latach obserwuje się proces erozji dna. W latach 2003-2004 na odcinku wykonano kompleksową regulację rzeki związaną z przebudową drogi krajowej Zakopianka i ponownie zawężono koryto do 43 m. Na wykresie przebiegu stanów niskich rocznych widoczny jest już proces erozji dennej, który występuje w wyniku zawężenia koryta rzeki.



Rysunek 10. Stany niskie roczne i funkcje regresji w profilu wodowskazowym Stróża na Rabie.

Figure 10. Variability of annual minimum water levels and estimated linear trend at the Stróża cross-section on the Raba river.

PODSUMOWANIE

Morfologia cieku wodnego, czyli charakter biegu rzeki może zmieniać się zarówno w przestrzeni jak i czasowo w zależności od zmian przepływu wody i rumowiska. Szczególnie w przypadku rzek krętych i meandrujących czynne koryto przemieszcza się podcinając wklęsłe brzegi i nanosząc osady na brzeg przeciwległy. Wspomniane zjawiska erozji, transportu rumowiska i jego osadzania, odtwarzają na przestrzeni średnio 50-100 lat zróżnicowane środowiska, których bogactwo ekosystemów wynika właśnie z tej częstotliwości odtwarza-

nia form w obszarze koryta i doliny zalewowej. Dlatego konieczne jest ciągłe badanie warunków i przebiegu procesów kształtujących koryta rzeczne.

Wyniki badań wykazują, że charakter biegu rzeki może zmieniać się przestrzennie i czasowo z różną intensywnością. Można obserwować nieznaczne zmiany w biegu i położeniu koryta rzecznego w okresie 50-100-letnim, jak pokazuje przypadek koryta Soły w profilu Żywiec. W wyniku czynników antropogenicznych może jednak wystąpić bardziej złożony proces interakcji i reakcji wtórnych, prowadzący do zmian w całości lub części systemu rzecznego. Przykładem wystąpienia takich zmian jest Soła w Oświęcimiu, której koryto w wyniku najpierw intensywnego poboru rumowiska rzecznego, a następnie wybudowaniu stopnia piętrzącego, koryto zmieniło swój pionowy układ i ukształtowało nowy, który jest stabilny przez kolejne obserwowane 60-lecie. Przykładem koryta, które tylko czasowo dostosowało się do nowego układu pionowego i poziomego, a następnie stopniowo powróciło do biegu tzw. wyjściowego, jest koryto Raby w Stróży. Koryt Raby wielokrotnie poddawane zabiegom regulacyjnym, jak wykazują obserwacje, nie utrzymało w kolejnych latach w równowadze ukształtowanego nowego koryta. Przedstawiony w artykule sposób oceny zmienności koryt rzecznych w długim okresie czasu może stanowić wstęp do dalszych badań i analiz dotyczących kierunków rozwoju koryt i dolin rzecznych w aspekcie ich przyszłego zagospodarowania.

LITERATURA

Chow Ven Te, (1959) *Open-Channel hydraulics*. McGraw-Hill, New York.

Determination de l'espace de liberte des cours d'eau. (1998) SDAGE Rhone-Mediterranee-Corse, Guide Technique No 2.

IMGW – dane archiwalne dotyczące danych z badanych wodowskazów-Kraków.

Łapuszek M., Ratomski J. (2006) *Metodyka określania i charakterystyka przebiegu oraz prognoza erozji dennej rzek górskich dorzecza górnej Wisły*. Monografia. Nr 332. Seria Ochrona Środowiska. Kraków. Polit. Krak.

Mertens W. (1999) *Basic calculations for open channel*. Proc.of Course on Sediment Transport – Theory and Practical Applications, SGGW.

Punzet J. (1994) *Podsumowanie wykonanych badań nad zmiennością koryt rzek karpackich w XX wieku*. Gospodarka Wodna. Nr 4.

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

Wpłynęło: 26.09.2014
Akceptacja do druku: 11.02.2015