

Wpłynęło 09.07.2012 r.
Zrecenzowano 27.01.2013 r.
Zaakceptowano 01.03.2013 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW CZYNNIKÓW ANTROPOGENICZNYCH NA RÓWNOWAGĘ KORYT DOPŁYWÓW GÓRNEJ WISŁY

Marta ŁAPUSZEK^{ABCDEF}

Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki obliczeń zmian położenia dna koryt rzek na wybranych dopływach górnej Wisły. Badaniami objęto dwa profile wodowskazowe na rzece Dunajec i dwa na rzece San oraz jeden na rzece Nida. Analiza przebiegu zmienności położenia dna rzek została przeprowadzona z założeniem, że zaobserwowana tendencja układania się stanów niskich rocznych jest obrazem położenia dna koryta cieku w tych latach. Wieloletnie ciągi stanów niskich rocznych w badanych profilach wodowskazowych podzielono na przedziały czasowe, w których określono funkcję opisującą położenie dna cieku w danym roku. Wyniki obliczeń zweryfikowano na podstawie analiz zmian położenia dna cieku w pomierzonych przekrojach poprzecznych. Celem artykułu jest wykazanie skutków regulacji technicznej, którą przeprowadzono na wymienionych wyżej rzekach w XX w. W wyniku wykonania przekopów, prostowania, zwężania i schematyzacji koryta doszło do zmiany naturalnych warunków równowagi dna. Następstwem tego jest intensywna erozja wgłębna. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym proces erozji dennej jest długotrwały pobór rumowiska rzeczno-ego. Z obserwacji i obliczeń wynika też, że przeobrażenia występujące na obszarze zlewni często pociągają za sobą pojawienie się zmian na odcinkach rzek poniżej i powyżej tych działań.

Słowa kluczowe: erozja denną, regulacja techniczna

WSTĘP

Rzeki obszaru dorzecza górnej Wisły charakteryzuje naturalna tendencja do pogłębiania koryt i zmian położenia w planie. Zmiany te są spowodowane naturalnym procesem erozji, której intensywność zależy od warunków panujących w zlewni (geologia, morfologia, reżim hydrologiczny, klimat). Dlatego intensywność procesu erozji jest zróżnicowana.

Do cytowania For citation: Łapuszek M. 2013. Wpływ czynników antropogenicznych na równowagę koryt dopływów górnej Wisły. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 1(41) s. 75–88.

Koryto każdego ciek – nieustannie podlegające zmiennym w czasie oddziaływaniom strumienia wody – jest kształtowane tak, by w długim czasie występowała w nim równowaga hydrodynamiczna. Taką równowagę koryto osiąga przez dostosowanie swojej geometrii w układzie poziomym, poprzecznym oraz wzdłuż swego biegu do występujących w nim sił i oporów przepływu. Rzeka, w celu zapewnienia przepływu wody i niesionego rumowiska, dostosowuje więc nieustannie swoją charakterystykę morfologiczną (długość, głębokość, spadek koryta, krętość) poprzez procesy erozji oraz sedimentacji. Należy dodać, że to dostosowanie warunkuje również dynamikę ekologiczną i jest gwarantem bogactwa i zróżnicowania naturalnych siedlisk rzecznych. Trzeba jednak zwrócić uwagę na sytuację, kiedy zauważalne zmiany geometrii koryta przestają być wynikiem procesów zapewniających osiągnięcie równowagi, a zaczynają świadczyć o pojawieniu się zaburzeń w postaci nadmiernej erozji dennej lub nadmiernej akumulacji rumowiska w postaci odsypisk i łach [ŁAPUSZEK 2011].

Erozja dna cieków często jest przyspieszona przez czynniki antropogeniczne. Erozja wgłębna koryt o dnie ruchomym jest najczęściej spotęgowana przez nadmierną eksploatację złóż osadów rzecznych oraz działalność hydrotechniczną.

W pracy przedstawiono zaobserwowane w ostatnich dziesięcioleciach na wybranych odcinkach Dunajca, Sanu oraz Nidy zmiany korytowe, których przyczyną były prowadzone roboty regulacyjne. Określenie tendencji zmian położenia koryt rzecznych w czasie zostało przeprowadzone na podstawie analizy zmienności stanów niskich rocznych w wieloleciu [ŁAPUSZEK, RATOMSKI 2006].

CEL I OBSZAR BADAŃ

Celem artykułu jest wykazanie skutków regulacji technicznej przeprowadzonej na omówionych poniżej wybranych dopływach górnej Wisły w XX w. w ich korytach. Przedstawiono też podstawy metodyczne dotyczące określania zmian położenia dna koryt rzecznych w długim okresie.

Rzeka Dunajec jest prawobrzeżnym, górskim dopływem górnej Wisły, o długości 247,1 km i powierzchni zlewni 6804,0 km², z czego na Słowację przypada 1949,9 km². Rzeka powstaje z połączenia Białego Dunajca i Czarnego Dunajca, które łączą się w km 199,2 rzeki w Nowym Targu. Na rzece Dunajec obecnie znajduje się osiem czynnych posterunków wodowskazowych. Do analizy przebiegu procesu erozji dennej wybrano profil wodowskazowy Zgłobice zlokalizowany w 39,6 km oraz Żabno zlokalizowany w 17,4 km, a więc w dolnym biegu Dunajca.

Rzeka San jest prawobrzeżnym, górskim dopływem górnej Wisły, o długości 443,4 km i powierzchni zlewni 16,8 tys. km², z czego na Polskę przypada 14,4 tys. km². Na całym biegu rzeki obecnie znajduje się dziewięć czynnych posterunków wodowskazowych. Do analizy przebiegu procesu erozji dennej wybrano wodo-

wskaz Przemysł zlokalizowany w 160,0 km biegu rzeki oraz wodowskaz Jarosław zlokalizowany w 119,8 km biegu rzeki.

Rzeka Nida jest lewobrzeżnym, wyżynnym dopływem górnej Wisły, o powierzchni zlewni 3865,4 km² i długości 151,2 km. Po połączeniu Białej Nidy z Czarną Nidą do ujścia do Wisły jej bieg ma długość 98,9 km. Na całym biegu Nidy obecnie znajdują się tylko trzy posterunki wodowskazowe. W artykule wykorzystano wyniki badań z wodowskazu Pińczów, zlokalizowanego w 56,6 km.

METODY BADAŃ

Analizę intensywności przebiegu procesów erozyjnych przeprowadzono z założeniem podanym przez PUNZETA [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, RATOMSKI 2006].

Wieloletnie ciągi stanów niskich rocznych w badanych profilach podzielono na przedziały czasowe, w których określono funkcję, opisującą położenie dna cieków 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, RATOMSKI 2006]:

$$H_i(T) = H_{sr}(T) + \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:

- ε – składnik losowy (składnik resztowy, zwany resztą);
- $H_{sr}(T)$ – funkcja regresji wyrażona w postaci funkcji liniowej:

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

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 cieków 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 cieków w pomierzonych przekrojach poprzecznych. Do weryfi-

kacji 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, RATOMSKI 2006]. Weryfikacja tego typu mogła być jednak przeprowadzona tylko w wybranych przekrojach z uwagi na ograniczoną wiarygodność dostępnych przekrojów historycznych.

WYNIKI BADAŃ

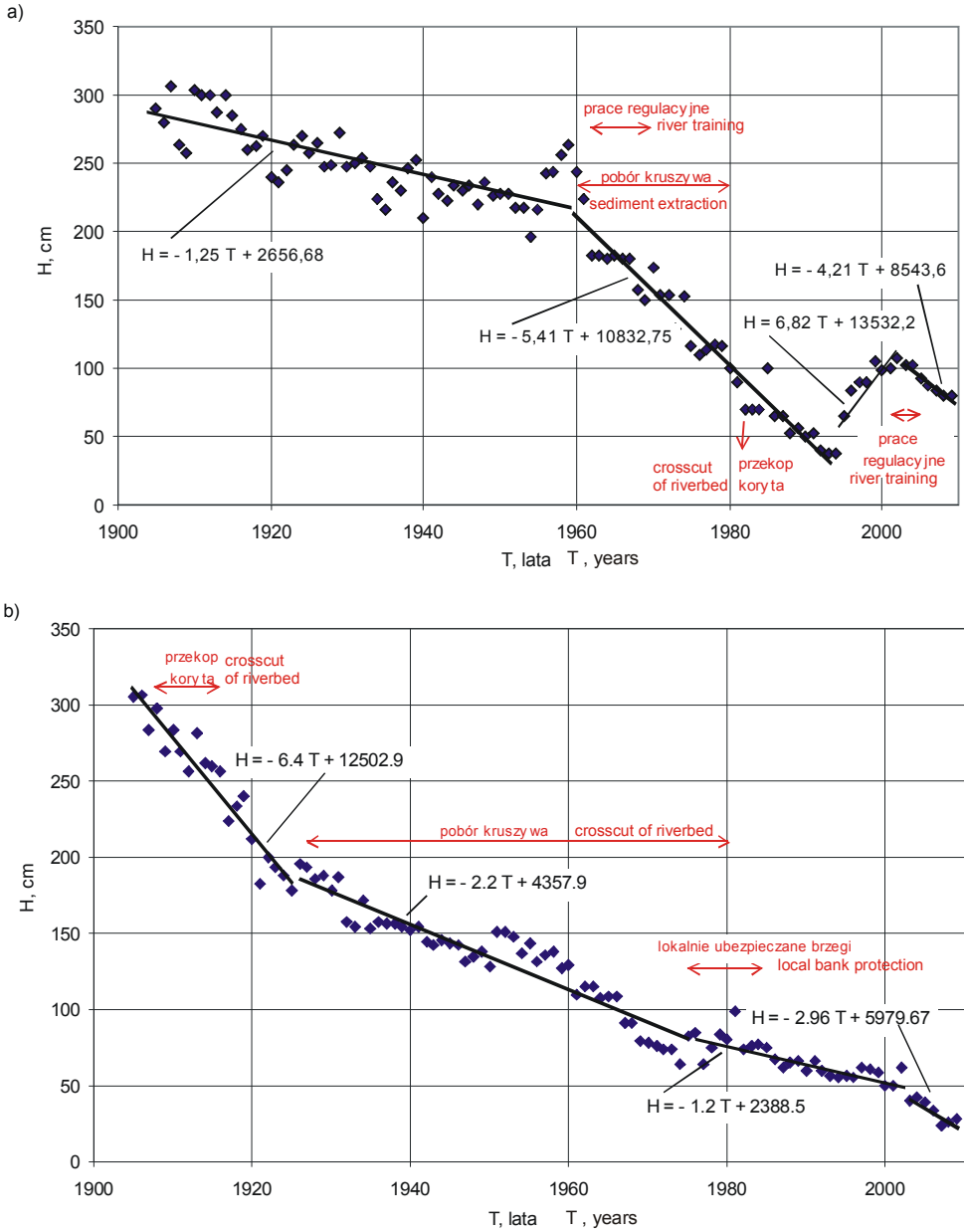
Analizie poddano zmienność położenia dna Dunajca w przekrojach wodowskazowych Zgłobice i Żabno w okresie od 1905 do 2009 roku. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach (rys. 1). Przeanalizowano też przebieg zmienności położenia i geometrii przekroju poprzecznego koryta Dunajca w profilu wodowskazowym Żabno w latach 1913–1998 (rys. 2).

Na podstawie wstępnej analizy przebiegu zmienności stanów niskich rocznych w przekroju wodowskazowym Zgłobice okres obserwacyjny podzielono na cztery przedziały czasowe: 1905–1959, 1960–1994, 1995–2002, 2003–2009 (rys. 1). Dla każdego z nich określono funkcje regresji, opisujące intensywność przebiegu procesu erozji dennej lub akumulacji. W trzech przedziałach czasowych erozja denna występowała ze znaczną intensywnością, jedynie w latach 1995–2002 wystąpił okres akumulacji rumowiska w korycie.

W przekroju wodowskazowym Żabno okres obserwacyjny został podzielony na następujące przedziały obliczeniowe: 1905–1925, 1926–1975, 1976–2002, 2003–2009. Na podstawie wyników obliczeń stwierdzono, że w całym okresie obserwacyjnym proces erozji dennej przebiegał nieustannie, ale z różną intensywnością. Potwierdzają to obserwacje zmian położenia i kształtu przekrojów poprzecznych (rys. 2).

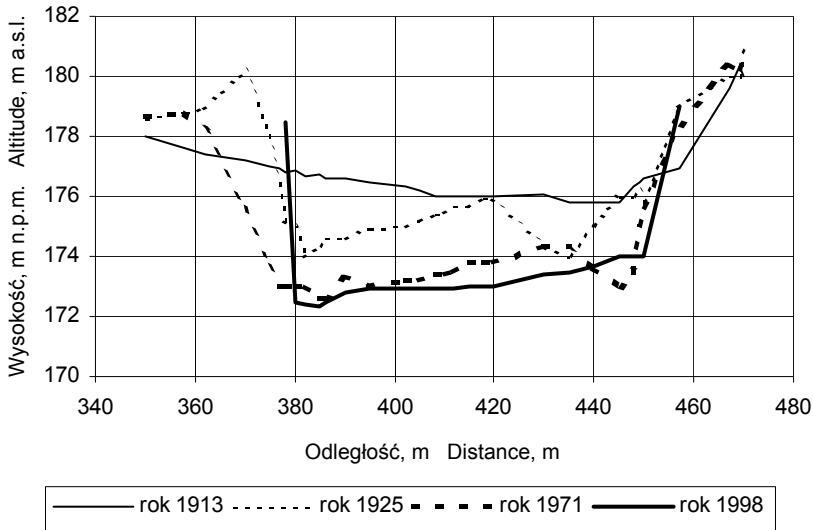
Przebieg zmienności położenia dna Sanu analizowano w przekrojach wodowskazowych Przemyśl i Jarosław. W obu przekrojach obserwacyjnych przeanalizowano okres od 1901 do 2009 r. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach (rys. 3). Przeanalizowano też przebieg zmienności położenia i geometrii przekroju poprzecznego koryta Sanu w przekroju wodowskazowym Jarosław w latach 1950–1995 (rys. 4). W przekroju wodowskazowym Przemyśl okres obserwacyjny został podzielony na następujące przedziały obliczeniowe: 1901–1916, 1917–1927, 1928–1936, 1937–1970, 1971–1991, 1992–2009.

W profilu zaobserwowano tendencje do erozji koryta, jedynie w latach 1917–1927 miała miejsce akumulacja. W przekroju wodowskazowym Jarosław okres obserwacyjny został podzielony na następujące przedziały obliczeniowe: 1901–1933, 1934–1958, 1959–1993, 1994–1999, 2000–2009. Na podstawie wyników



Rys. 1. Stany niskie roczne oraz funkcje regresji na rzece Dunajec: a) w profilu wodowskazowym Zgłobice, b) w profilu wodowskazowym Żabno; źródło: wyniki własne

Fig. 1. The low annual water stages and regression equations for the Dunajec River: a) in Zgłobice gauging station, b) in Żabno gauging station; source: own studies



Rys. 2. Zmiany przekroju poprzecznego w profilu wodowskazowym Żabno na rzece Dunajec w latach 1913–1998; źródło: wyniki własne

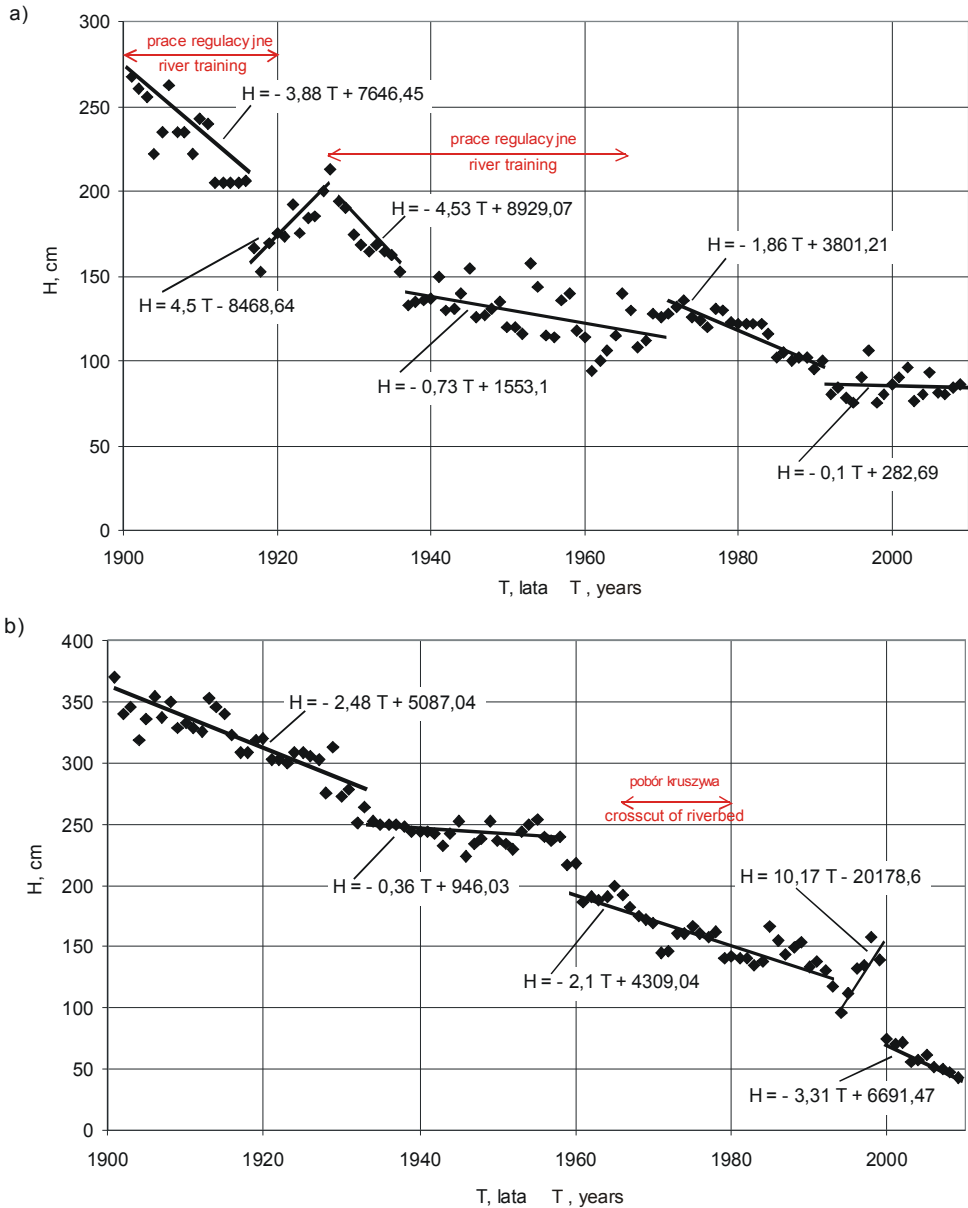
Fig. 2. Changes in the cross-sections geometry in Żabno gauging station on the Dunajec River in the years 1913–1998; source: own studies

obliczeń stwierdzono, że w przekroju Przemyśl proces intensywnej erozji dennej przebiegał na skutek prowadzonych prac regulacyjnych i po ich wykonaniu, np. w latach 1971–1990 (rys. 3). Jedynie w latach 1994–1999 obserwowano akumulację.

Przebieg zmienności położenia dna Nidy analizowano w profilu wodowskazowym Pińczów w latach 1947–2008. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 5. Okres obserwacyjny został podzielony na następujące przedziały obliczeniowe: 1947–1970, 1971–1994, 1995–2001, 2002–2008. Na podstawie tych analiz stwierdzono, że w pierwszym i trzecim z rozpatrywanych przedziałów czasowych (patrz rys. 5) dominował proces akumulacji. W drugim przedziale nastąpiła stabilizacja dna, natomiast w ostatnim okresie intensywna erozja dna.

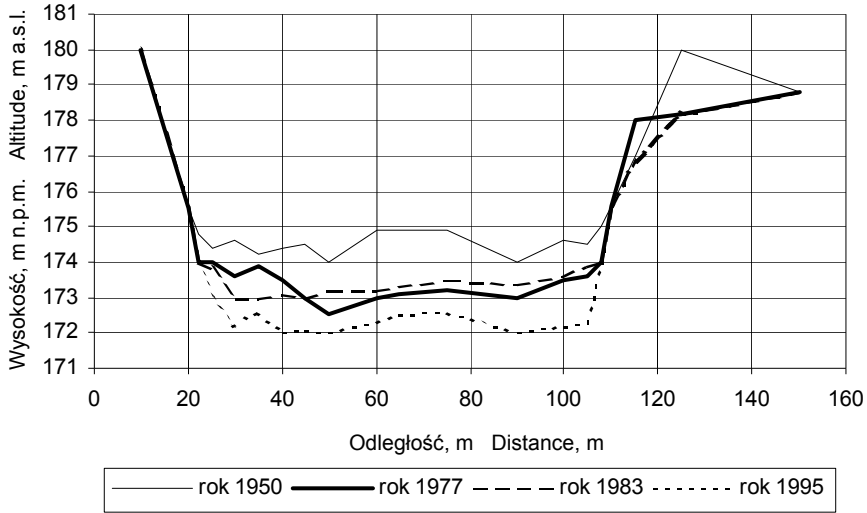
ANALIZA WYNIKÓW

W profilu wodowskazowym Zgłobice w latach 1905–1959 koryto Dunajca ulegało erozji w tempie ok. 1,25 cm rocznie i był to proces naturalny, gdyż w tym czasie nie prowadzono prac regulacyjnych i nie pobierano rumowiska z koryta cieku (rys. 1). Od 1961 do 1967 r. w korycie Dunajca prowadzono prace regulacyjne, których celem było ujednolicenie i zawężenie przekroju poprzecznego koryta. Zaprojektowano i wykonano koryto o regularnym kształcie trapezowym. W 1967 r.



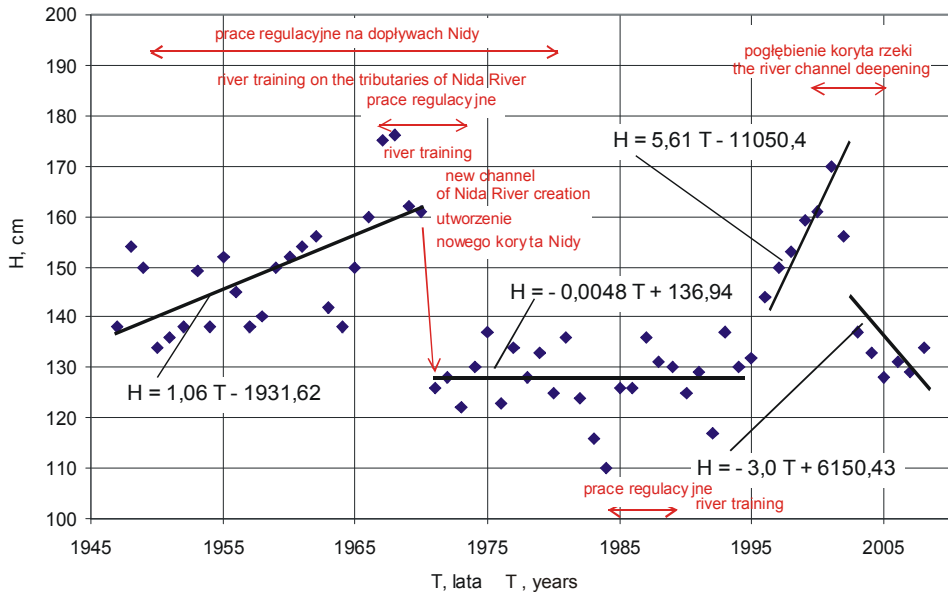
Rys. 3. Stany niskie roczne oraz funkcje regresji na rzece San: a) w profilu wodowskazowym Przemyśl, b) w profilu wodowskazowym Jarosław; źródło: wyniki własne

Fig. 3. The low annual water stages and regression equations for the San River: a) in Przemyśl gauging station, b) in Jarosław gauging station; source: own studies



Rys. 4. Zmiany przekroju poprzecznego w profilu wodowskazowym Jarosław na rzece San w latach 1913–1998; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Changes in the cross-sections geometry in Jarosław gauging station on the San River in the years 1913–1998; source: own studies



Rys. 5. Stany niskie roczne oraz funkcje regresji w profilu wodowskazowym Pińczów na rzece Nida; źródło: wyniki własne

Fig. 5. The low annual water stages and regression equations in Pińczów gauging station for the Nida River; source: own studies

na odcinku poniżej wodowskazu (28,658 km) wykonano przekop koryta. Od 1960 do 1994 r. koryto Dunajca w Zgłobicach charakteryzowało się bardzo intensywną erozją denną. Średnie roczne obniżenie wynosiło ok. 5,4 cm. Na ten stan złożyło się kilka czynników. W 1982 r. na odcinku 32,00–33,30 km wykonywano regulację koryta, która polegała na wykonaniu przekopu i ubezpieczeń brzegowych. W związku ze znacznym skróceniem biegu rzeki spadek dna na omawianych odcinkach zwiększył się, a to spotęgowało procesy erozyjne w korycie cieku. Ponadto w Zgłobicach przyspieszona erozja denną była spowodowana przez nadmierną eksploatację kruszywa w latach 60. oraz 70. ubiegłego wieku na odcinku od 34,00 km do 26,00 km. Dodatkowo wpływ na zmiany erozyjne koryta miały wezbrania o wysokich kulminacjach ($Q_{1970r.} = 2920 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1972r.} = 1300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). W latach 1979–1982 koryto Dunajca obniżyło się o ponad 50 cm w wyniku prac regulacyjnych oraz intensywnego poboru kruszywa w tym czasie, ale również w wyniku wezbrania, którego przejście w Zgłobicach odnotowano w 1980 r. ($Q_{1980r.} = 1385 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Od 1995 do 2001 r. w korycie Dunajca dominowała akumulacja. Na odcinku w rejonie wodowskazu ponownie przeprowadzono regulację techniczną w latach 2002–2006, mającą na celu stabilizację koryta i zabezpieczenie brzegów przed erozją. Prace regulacyjne polegały między innymi na uformowaniu nowego kształtu koryta na odcinku ok. 1,5 km. Po wykonaniu tych prac ponownie wystąpiła, obserwowana do chwili obecnej, erozja denną, chociaż celem regulacji była stabilizacja koryta na tym odcinku.

W przekroju wodowskazowym Żabno koryto najintensywniej obniżało się w latach 1905–1925 (rys. 1). Jest to efekt prowadzonej wówczas regulacji rzeki, polegającej na przekopie oraz skróceniu jej biegu. Koryto w tym okresie obniżało się średnio o 6,4 cm rocznie. Od 1925 do 1975 r. średnie roczne obniżenie dna wynosiło 2,2 cm. Erozja przebiegała w sposób ciągły. Przez cały wspomniany okres miał miejsce intensywny pobór kruszywa z koryta cieku. Występowały też wezbrania o znacznych kulminacjach ($Q_{1958r.} = 2170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1960r.} = 3210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1970r.} = 3500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1972r.} = 1360 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1973r.} = 1720 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Fale te spotęgowały transport rumowiska na odcinku rzeki, powodując zaburzenie stabilności dna koryta. Od 1976 r. do chwili obecnej erozja w profilu Żabno przebiega ze zmniejszoną intensywnością. Prace regulacyjne prowadzone na odcinku, gdzie zlokalizowany jest wodowskaz, w tym okresie polegały jedynie na lokalnym ubezpieczeniu brzegów, co nie spowodowało znaczącego naruszenia stabilności koryta. Trudność w osiągnięciu stabilności koryta mogła natomiast wynikać z poboru rumowiska oraz pojawiających się średnio co kilka lat wysokich wezbrań ($Q_{1997r.} = 2500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{2001r.} = 1660 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) [IMGW]. W uregulowanym korycie o znacznie skróconym biegu wezbrania te mają gwałtowniejszy przebieg, ruch rumowiska jest wówczas intensywny.

Na analizowanym odcinku rzeki San między wodowskazami Przemyśl i Jarosław obserwuje się bardzo intensywne i nieustanne obniżanie się koryta w wyniku erozji dennej. Koryto Sanu od 1901 r. do chwili obecnej uległo obniżeniu w profilu

wodowskazowym Przemysł o ponad 2,0 m (rys. 3), a w profilu Jarosław o ok. 3,0 m (rys. 3). Wyniki badań DYNOWSKIEJ i MACIEJEWSKIEGO [1991] wskazują, że na odcinku między Przemysłem a Radymnem, w okresie 1855–1966, na skutek prowadzonej regulacji Sanu, bieg rzeki uległ skróceniu o 37 km. W związku w tym nastąpiło zwiększenie średniego spadku podłużnego cieką na tym odcinku z 0,22 do 0,36 ‰, a więc o ok. 60%. Celem zabiegów regulacyjnych było ułatwienie odpływu wielkich wód ze zlewni, poprzez usunięcie licznych meandrów oraz odwodnienie zabagnionej doliny. W rezultacie działania te przyczyniły się do zaburzenia równowagi hydrodynamicznej koryta cieką. Dlatego na tym odcinku wystąpiła obserwowana do chwili obecnej intensywna erozja denną koryta Sanu. Dodatkowym czynnikiem potęgującym ten proces była eksploatacja rumowiska rzecznoego. W latach 70. ubiegłego stulecia w korycie Sanu na odcinku od Dynowa do Jarosławia był prowadzony bardzo intensywny pobór kruszywa [OSUCH 1968]. Ponowne osiągnięcie stanu równowagi koryta było dodatkowo utrudnione z powodu systematycznie pojawiających się na tym odcinku przepływów wezbraniowych (Przemysł: $Q_{1952} = 1320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1974} = 1200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1980} = 1410 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; Jarosław: $Q_{1952} = 1390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1964} = 1340 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1980} = 1830 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{1998} = 1010 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Przepływy te były zbliżone do przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia ok. 10%, podczas gdy za przepływ korytotwórczy uznaje się przepływ $Q_{67\%}$.

Warto podkreślić, że – jak wynika z analizy projektów – zasadniczym celem pierwszych wykonanych robót regulacyjnych na wszystkich omawianych odcinkach rzek Dunajec i San było umożliwienie wykorzystania dolin rzecznych na cele rolnicze, dopiero później celem kolejnych prac regulacyjnych było zabezpieczenie przeciwpowodziowe terenów przyległych.

Analizowany odcinek Nidy jest przykładem cieką, gdzie można zaobserwować pozytywne i negatywne efekty regulacji koryta oraz działań melioracyjnych prowadzonych na obszarze doliny. Rzeka Nida w środkowym biegu była rzeką meandrującą do XV w., kiedy rozpoczęła się ekspansywna uprawa zboża na obszarze jej zlewni i jednocześnie zmniejszenie powierzchni lasów. Zwiększenie odpływu wód oraz rumowiska ze zlewni spowodowało brak stabilności koryta rzeki, a to z kolei jego zmianę z koryta meandrującego na mniej kręte, szersze i płytsze koryto roztokowe. Proces ten trwał do XIX w. Pierwsze prace regulacyjne wykonano na tym odcinku w okolicy wodowskazu Pińczów na początku lat 50. XX w. Wykonano też wtedy obwałowanie obliczone na przepływ $Q_{\text{maxp}} = 50\%$, a spadek podłużny zredukowano za pomocą kaskady stopni. Do 1970 r. obserwowano wypływanie się koryta Nidy w rejonie Pińczowa. Powodem tych zmian była prowadzona w latach 1950–1980 systematyczna regulacja dopływów Nidy, wykonana na łącznej długości 250 km. Spowodowało to szybkie odprowadzenie wód opadowych ze zlewni, co było celem tych prac, ale równocześnie wywołało zwiększenie transportu rumowiska zmywanego ze zlewni do koryta Nidy.

W latach 1967–1973 wykonano w rejonie Pińczowa kolejną regulację techniczną koryta. Skierowano wówczas rzekę do nowego, sztucznego koryta, co jest widoczne w zmienności położenia dna rzeki (rys. 5). W tym samym czasie po wykonaniu urządzeń melioracyjnych teren został zagospodarowany rolniczo, zlikwidowano krzewy i zadrzewienia, niwelując teren, usuwając wszelkie oczka wodne i zagłębienia. Kolejne prace regulacyjne prowadzono na przedmiotowym odcinku w latach 1984–1989. Celem tych prac było utrzymanie stabilnego koryta, które ma tendencję do wypłyceń. Regulacja w tym przypadku spełniła swój cel. Jednak od lat 90. XX w. koryto Nidy ponownie zaczęło się wypłycać, ponieważ systematycznie jest zasilane rumowiskiem niesionym przez dopływy. Dlatego w celu udroźnienia koryta Nidy ponownie rozpoczęto kolejne prace regulacyjne w okolicy Umianowic [RZGW].

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskaźników erozji i akumulacji dla wybranych przekrojów wodowskazowych na dopływach górnej Wisły umożliwiają ocenę intensywności tych procesów w rozpatrywanych okresach. Wskazano przyczyny intensywnej erozji dennej oraz nadmiernego wypływania się niektórych badanych koryt. Wyniki i obserwacje świadczą, że jedną z ważnych przyczyn zmian zaobserwowanych w długim okresie były prace regulacyjne, polegające na skręcaniu i zwężaniu koryt oraz powodujące przyspieszenie odpływu ze zlewni. Innymi czynnikami przyspieszającymi pogłębianie się koryta w czasie był pobór rumowiska oraz wezbrania.

Prace regulacyjne prowadzone w sposób konwencjonalny, jak to przedstawiono w opisanych przykładach, miały do spełnienia jedynie cele gospodarcze (melioracja w celu pozyskania terenów pod uprawy, regulacja poziomu wód gruntowych, ochrona nadbrzeżnych terenów przed zalewami itp.). Obecnie, zgodnie z ustawą „Prawo wodne” [2001], regulacja koryt cieków naturalnych ma służyć również poprawie warunków korzystania z wód i ochronie przeciwpowodziowej. „Regulacja wód polega na podejmowaniu przedsięwzięć, których zakres wykracza poza działania związane z utrzymaniem wód, a w szczególności na kształtowaniu przekroju podłużnego i poprzecznego oraz układu poziomego koryta cieku naturalnego” (art. 67). We wspomnianej ustawie podaje się również, że: „Utrzymanie śródlądowych wód powierzchniowych oraz morskich nie może naruszać istniejącego dobrego stanu ekologicznego tych wód oraz warunków wynikających z ochrony wód” (art. 24) [Ustawa... 2001]. Wynika z tego, że w trakcie podejmowania prac dotyczących regulacji, utrzymania lub remontu koryta rzeki należy przekształcać koryta za pomocą regulacji technicznej tylko w tych miejscach, gdzie jest to konieczne. Podczas wytyczania trasy regulacyjnej należy zwracać uwagę na to, aby w maksymalnym stopniu nowa trasa pokrywała się z istniejącą, a promienie łuków

były dostosowane do naturalnego układu poziomego rzeki. Jeśli jest to możliwe, akweny leżące poza nową trasą należy łączyć ponownie z korytem rzeki. Projektując układ pionowy koryta, należy wprowadzać zmienne spadki podłużne, dostosowując je do rzeczywistego ukształtowania ich w terenie, a nie – jak robiono to w ramach regulacji technicznej – ujednolicać spadek podłużny na odcinkach rzeki o długości nawet kilkunastu kilometrów. Kształty i wymiary przekrojów poprzecznych powinny być zmienne i zbliżone do naturalnych. Istotne jest zwrócenie uwagi na powyżej opisane elementy projektu, ponieważ – jak wykazano w artykule – regulacja techniczna w większości przypadków może być przyczyną degradacji koryta rzeki. Dodatkowe czynniki, takie jak wezbrania i pobór rumowiska, są jedynie działaniami przyspieszającymi ten proces.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zmienność położenia dna koryt rzecznych obserwuje się nieustannie, gdyż proces ten przebiega w sposób naturalny. Jednak w ostatnich dziesięcioleciach zmienność ta ma charakter coraz bardziej dynamiczny w czasie. Jest to spowodowane zarówno zmianami zachodzącymi w zagospodarowaniu zlewni cieków, oddziaływaniem wezbrań o wysokich kulminacjach, poborem rumowiska rzecznych, jak również działalnością hydrotechniczną w korycie rzeki.

W artykule przedstawiono analizę zmienności położenia dna w czasie na podstawie przebiegu stanów niskich rocznych w wieloletnim w wybranych profilach wodowskazowych rzek Dunajec, San i Nida. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że jedną z głównych przyczyn intensywnej erozji dennej obserwowanej w badanych przekrojach wodowskazowych rzek Dunajec i San była regulacja techniczna koryta. Poprzez wykonanie przekopów, prostowanie, zawężanie i schematyzację koryta doprowadzono do naruszenia naturalnych warunków równowagi dna. Wskazują na to wyniki obserwacji przebiegu procesu erozji dennej w profilu Zgłobice, gdzie w wyniku regulacji technicznej w latach 1961–1967 zaobserwowano proces obniżania się dna z intensywnością 5,41 cm na rok. Proces ten przebiegał do 1994 r. W wyniku regulacji wykonanej w latach 2002–2006 koryto Dunajca w Zgłobicach w latach 2003–2009 obniżało się z intensywnością 4,2 cm na rok. Podobna sytuacja miała miejsce w Żabnie, gdzie po regulacji technicznej wykonanej w latach 1905–1925 koryto obniżało się średnio w ciągu roku o 6,4 cm. Proces ten obserwowano do 1925 r. Na Sanie w Przemyślu w czasie prac regulacyjnych, które prowadzono w latach 1900–1920, koryto rzeki obniżało się średnio o 3,9 cm rocznie. W wyniku regulacji prowadzonych systematycznie w latach 1927–1965 koryto Sanu w profilu Przemyśl ulegało obniżaniu o 4,53 cm rocznie w latach 1928–1936, a następnie o 0,73 cm rocznie w latach 1937–1970.

Dodatkowym czynnikiem zwiększającym proces erozji dennej jest długotrwały pobór rumowiska rzecznych. Wskazują na to obserwacje przebiegu erozji dennej

w Zgłobicach na Dunajcu, gdzie pobór kruszywa miał miejsce w latach 1960–1980 (rys. 1) oraz w Żabnie, gdzie rumowisko pobierano systematycznie z koryta Dunajca w latach 1928–1980 (rys. 1).

Z obserwacji i obliczeń wynika, że ingerencja człowieka na obszarze zlewni bardzo często pociąga za sobą przeobrażenia występujące również na odcinkach rzek poniżej i powyżej tych działań. Przykładem jest duża zmienność położenia dna koryta Nidy w Pińczowie, gdzie ulegało ono wypłycaaniu w wyniku wykonania regulacji na jej dopływach położonych powyżej analizowanego odcinka. Prace te wykonywano systematycznie w latach 1950–1980. W tym okresie koryto Nidy w Pińczowie ulegało wypłycaaniu średnio o 1 cm rocznie. Mimo wykonywanych pogłębień koryta Nidy, proces wypłycaania się koryta obserwowano ponownie w latach 1995–2001.

Przed przystąpieniem do działań regulacyjnych konieczne jest zatem przeprowadzenie wnikliwych badań w celu określenia aktualnego stanu równowagi koryta oraz przewidywanej tendencji zmian. Na tej podstawie dopiero można planować ewentualne wprowadzenie zmian w obrębie danego odcinka cieku. Zmiany te jednak nie mogą pogorszyć stanu ekologicznego całego systemu rzecznoego. Należy więc poszukiwać rozwiązań, które w minimalnym stopniu przyczynią się do naruszenia równowagi systemu. Jest to niezwykle istotne ze względu na wdrażanie obecnie w Polsce ramowej dyrektywy wodnej.

LITERATURA

- DYNOWSKA I., MACIEJEWSKI M. (red.) 1991. Dorzecze Górnej Wisły. Warszawa–Kraków. PWN. ISBN 83-01-10317-5 ss. 341.
- IMGW – dane archiwalne dotyczące danych z badanych wodowskazów-Kraków.
- RZGW 1985. Informacja nt. realizacji przedsięwzięcia melioracyjnego: Nida – Pińczów – Motkowice IVA – VII – na terenie gmin Imielno, Kije i Pińczów. Maszynopis. Kraków ss. 56.
- ŁAPUSZEK M. 2011. Zmiany erozyjne dna koryta Sanu z uwzględnieniem czynników antropogenicznych. *Gospodarka Wodna*. Nr 1 s. 22–26.
- 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. P. Krak. ISSN 0860-097X ss. 122.
- OSUCH B. 1968. Problemy wynikające z nadmiernej eksploatacji kruszywa rzecznoego na przykładzie rzeki Wisłoki. *Zeszyty Naukowe AGH w Krakowie*. Nr 219. Z. specj. 15 s. 283–299.
- PUNZET J. 1994. Podsumowanie wykonanych badań nad zmiennością koryt rzek karpaccich w XX wieku. *Gospodarka Wodna*. Nr 4 s. 16–21.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. *Dz. U.* 2001. Nr 115 poz. 1229 z późn. zm.

Marta ŁAPUSZEK

**THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC FACTORS
ON THE RIVERBED BALANCE OF THE UPPER VISTULA TRIBUTARIES**

Key words: *riverbed erosion, technical river training*

S u m m a r y

The paper presents calculated changes in the riverbed course of selected tributaries of the Upper Vistula River. The studies were carried out in two gauging stations of the Dunajec River, two gauging stations of the San River, and one gauging station of the Nida River. The aim of the paper was to present negative results of technical river works carried out in the 1950s in analysed tributaries of the Vistula River. The results of analysis showed that technical river training which consisted in narrowing the cross-sections, cutting off meanders and straightening river channel resulted in changes in the natural riverbed equilibrium. The high intensity of riverbed erosion appeared just after the works and in most of cases studied in this paper, but the process of the riverbed deepening has prolonged till now. The method of estimation the intensity of riverbed erosion in time is also presented in the paper.

Adres do korespondencji: dr inż. M. Łapuszek, Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; tel.: +48 12 628-28-89, e-mail: mlapusze@iigw.pl