

*Leszek Książek, Jacek Florek, Aleksandra Świdorska, Artur Radecki-Pawlik*

**ZMIANY MORFOLOGICZNE  
ORAZ GRANULOMETRYCZNE  
W REJONIE UJŚCIOWEGO ODCINKA RZEKI RABY**

***MORPHOLOGICAL AND GRANULOMETRICAL RIVER  
BED CHANGES ALONG A MOUTH PART  
OF THE RABA RIVER (POLAND)***

**Streszczenie**

Wykorzystanie gospodarce rzek i potoków prowadzi do ich podłużnej i poprzecznej zabudowy. Skutkuje to zachwianiem równowagi i przerwaniem ciągłości dynamicznej ciekłu. Poznanie procesów kształtujących koryta rzek, szczególnie takich gdzie ta ciągłość jest zachowana są kluczowym elementem przywracania ich naturalności.

W pracy przedstawiono wyniki badań zmian morfologicznych jakie mają miejsce w korycie po przejściu fali wezbrania oraz składu granulometrycznego materiału dennego w ujściowym odcinku rzeki podgórskiej.

Na podstawie szczegółowych badań terenowych prowadzonych w ujściowym odcinku rzeki Raby na odcinku ok. 800 m, w miejscowości Uście Solne, na połączeniu Raby z rzeką Wisłą, przeprowadzono analizę zmian morfologii dna odcinka badawczego, uwzględniając takie parametry jak: zmiany geometrii przekroju poprzecznego, skład granulometryczny rumowiska w warstwie tworzącej obrukowanie dna oraz podłoża oraz zmiany wynikające z występowania form dennych. Pomiaru terenowe prowadzono w latach 2005–2006, ze szczególnym nasileniem po przejściu fal powodziowych.

Stwierdzono, że w wyniku transportu rumowiska dennego na badanym odcinku tworzą się przegłębienia i wypłycaenia dna, zróżnicowane formy denne oraz łachy, których wysokość dochodzi do 1,1 m. Analiza prób warstwowych wskazuje na pionowe zróżnicowanie składu granulometrycznego rumowiska. W przypadku

braku obrukowania dna warstwa powierzchniowa 0,0–0,05 m ma podobne uziarnienie jak warstwy zalegające niżej. Taki rozkład uziarnienia stwierdzono w próbie A, gdzie średnica  $d_{50} = 0,007$  m. W próbie B najgrubsze uziarnienie znajduje się w wierzchniej warstwie,  $d_{50} = 0,013$  m, co wskazuje na występowanie obrukowania dna.

Po przejściu fali powodziowej, w wyniku zmian morfologicznych dno rzeki uległo zmianom, ulegając obniżeniu lokalnie do 0,5 m albo podniesieniu nawet o 1 m. Po przejściu fali powodziowej, w sierpniu 2005 r. zaobserwowano przesunięcie się linii nurtu głównego wynoszące ok. 50 m. Układ zakoli został utrzymany. Podobnie długość pojedynczej sekwencji zakoli wynoszącej ok. 450 m oraz ich szerokość, która odpowiada szerokości koryta na tym odcinku wynoszącej 30–38 m. Badania zrealizowano w ramach grantu badawczego KBN 2 P06S 075 28.

**Słowa kluczowe:** morfologia dna, skład granulometryczny rumowiska, formy denne, ujście rzeki, rzeka Raba

### Summary

*The river channels exploitation leads directly and indirectly to they river training. The usual consequences of that is a dramatic change of river dynamics. Thus in the studies – especially field studies – which can show the better explanation of river forming channel and river processes are the key elements when one intends to talk about river renaturalization and river rehabilitation. In the following paper the results of investigations of morphological changes within the outlet of sand-gravel river are presented just after the bankfull. Also the granulometry of the considered river channel material was taken into account.*

*On the base of very detailed field survey done along a mouth unit part of the Raba River situated in front of Polish Carpathians, the authors provided the analysis of morphological and granulometric changes of the river bed and channel. Under the consideration the authors took river bed forms, river bed armoring and sub-pavement granulometry as well as river geometry of the particular cross-sections. Work was done (and is continued) within the years 2005-2006 but only the data from 2005 year are presented here.*

*It was found that along the research channel many new so called riffle and pool sequences are present as well as it was investigated that new sand-gravel bars height is up to 1.1 m. The granulometric analysis of the material trapped within the new bars shows different granulometric composition along the different vertical levels of the material building up those structures. If there is no armoring level present the 0,0–0,05 m level  $d_{50} = 0,007$  m. (probe A), whereas if the armoring level is present  $d_{50} = 0,013$  m (probe B).*

*The local changes in altitude of the river channel bottom are from 0.5 m (in-deepening) or 1 m (up rising). After the bankfull stage – August 2005 – the talweg was shifted around. 50 m, but the meander-like system was still preserved (which dimensions are up to 450 m – the meander diameters and 30-38 m the meanders width). All work was supported within the grant of KBN 2 P06S 075 28.*

**Key words:** river bed morphology, river bed granulometry, river bed forms, river mouth, the Raba River

**WSTĘP**

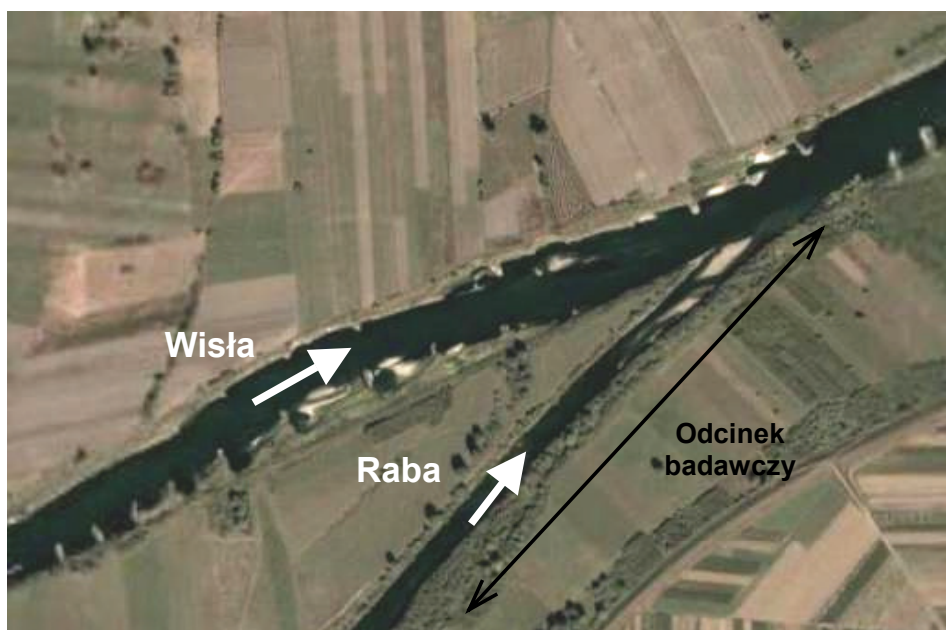
Zmiany morfologii dna koryt rzecznych od lat są niezwykle interesującym zagadnieniem związanym z badaniami procesów fluwialnych ze względu na ich złożony charakter oraz ilość czynników wpływających na ich przebieg i intensywność. W korytach naturalnych rumowisko w warstwie powierzchniowej dna różni się od materiału znajdującego się w warstwach zalegających głębiej. Warstwa ta, ze względu na grubsze rumowisko stanowi pancierz ochronny – warstwę obrukowania, dlatego w czasie niskich przepływów dno jest nieruchome, a w czasie przepływów wysokich zabezpiecza dno przed masowym transportem aż do momentu przekroczenia warunków początku ruchu. Zwiększenie wartości prędkości płynącej wody, w niezmiennych warunkach zewnętrznych wynikających z budowy zlewni, zwykle związane jest ze zwiększeniem przepływu wody i zmianą warunków ruchu rumowiska. Po przekroczeniu wartości granicznych początku ruchu na dnie rzeki obserwujemy ruch rumowiska wleczonego oraz powstawanie form dennych. Formy denne powstają na dnie rzecznym, gdy reżim przepływu oraz materiał budujący to dno zezwala na ich tworzenie. W literaturze znane są dwu- (2D) lub trójwymiarowe (3D) formy denne, a ich kształt może ulegać zmianie nie tylko w czasie i na długości koryta, lecz również na jego szerokości. Najbardziej znane opracowania to prace Simonsa i Richardsona [1966], Allena J. R. [1968], Ashley'a [1990], oraz Carlinga i in. [1993, 2000]. W ostatnim czasie badania form dennych przeniesiono również na rzeki o podłożu piaszczyto-żwirowym [Carling i in. 2005, 2006; Radecki-Pawlik i in. 2005, 2006; Słowik-Opoka, Radecki-Pawlik 2006a, b], do których można zaliczyć ujściowy rzeki Raby. Wzrost prędkości przepływu wody powoduje zmianę charakterystyki warstwy obrukowania dna rzeki, np. wielkości ziaren je tworzących co wywołuje zmiany morfologiczne przekroju poprzecznego ciek, powodując zmianę wartości oporów ruchu. Kształtowanie się oporów ruchu uzależnione jest nie tylko od rodzaju materiału dennego rzeki oraz od występowania form dennych, ale ich zmiany w czasie przejścia fali powodziowej. Poznanie tych zależności ma decydujące znaczenie w praktyce inżynierskiej, np. przy prowadzeniu obliczeń hydraulicznych [Książek, Szkaradek 2006], modelowaniu numerycznym [Książek 2006], kiedy do analizy musimy podjąć decyzję co do szorstkości dna rzeki, jej brzegów, czy też terenów zalewowych. Ponadto, poznanie zmian morfologicznych koryt wnosi istotne elementy wiedzy do badań paleogeograficznych, które zajmują się analizą osadów fluwialnych.

Badaniami objęto odcinek rzeki Raby na jej połączeniu z rzeką Wisłą w miejscowości Uście Solne. Prace przeprowadzono w celu ukazania zmian morfologii dna ciek po przejściu fali wezbrania, koncentrując się na zmianach przekroju poprzecznego, granulometrii dna w warstwie obrukowania oraz podłoża oraz zmianach wynikających z występowania form dennych. Prace polowe prowadzono w latach 2005–2006. W niniejszej pracy opisano zmiany morfologiczne, które nastąpiły po wezbraniach w lipcu i październiku 2005 r.

## **METODYKA PRACY ORAZ WYNIKI BADAŃ**

Odcinek badawczy zlokalizowano na rzece Raby w odcinku ujściowym w miejscowości Uście Solne (fot. 1). W celu zapewnienia powtarzalności pomiarów i możliwości uchwycenia zmian rzędnych dna zastabilizowano repery. Punkty te są punktami nawiazania dla późniejszych pomiarów, tworząc poligon w układzie lokalnym. Długość odcinka pomiarowego wynosiła około 0,9 km. Odcinek ten obejmował obszar połączenia Wisły i Raby oraz odcinek koryta Raby bez oddziaływania przy niskich stanach wody cofki z Wisły. Na odcinku tym koryto główne płynęło naprzemiennie wzdłuż lewego i prawego brzegu, występowały łachy, przegłębienia, płycizny oraz wyróżnić można było sekwencje bystrze-płoso. Brzegi są wysokie (4–6 m), strome, porośnięte krzewami i trawą. Na odcinkach bez roślinności zauważono obrywanie się brzegów. W dnie koryta Raby nie zauważono występowania roślinności. W korycie widoczne są łachy i odsypiska materiału dennego, których wysokość dochodzi do 1,1 m.

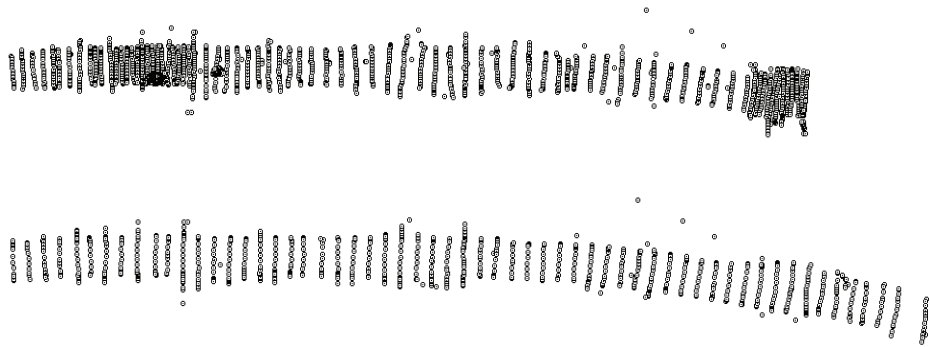
Na badanym odcinku wykonano pomiary geodezyjne profilu podłużnego oraz przekrojów poprzecznych. W lipcu w roku 2005 wykonano 80 przekrojów poprzecznych (rys. 1).



**Fotografia 1.** Rejon ujścia rzeki Raby do Wisły – zdjęcie lotnicze

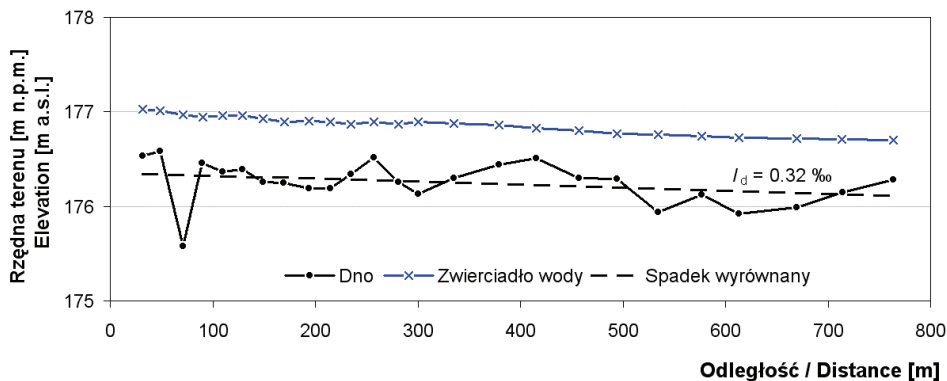
**Picture 1.** The Raba River mouth – aerial photo

Odległość między przekrojami wynosiła od 5 m do 20 m. W miejscach zmiany spadku, gwałtownej zmiany konfiguracji dna odległość pomiędzy przekrojami zagęszczano. W październiku 2005 roku na całym odcinku wykonano 59 przekrojów poprzecznych w regularnych odstępach wynoszących około 15 m, co nie zmniejszyło dokładności odwzorowania terenu. W czasie pomiarów geodezyjnych mierzono poziom zwierciadła wody w każdym przekroju oraz wykonano geodezyjną inwentaryzację wydmy poddanej analizie granulometrycznej.

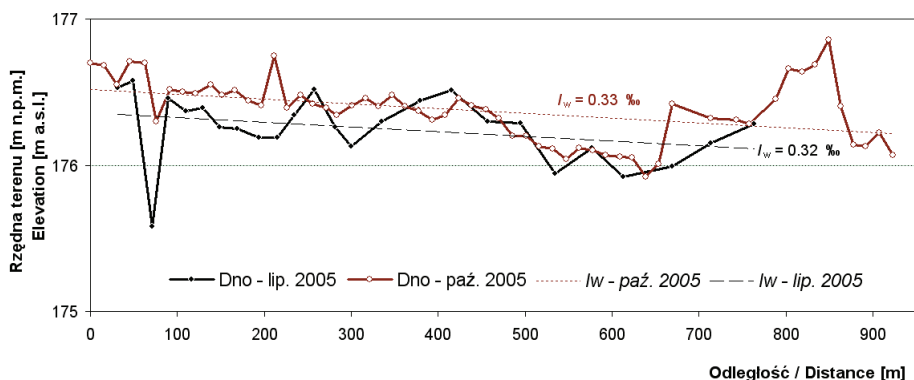


**Rysunek 1.** Punkty pomiarowe, rzeka Raba, a) lipiec 2005, b) październik 2005  
**Figure 1.** Measured points, the Raba River, a) July 2005, b) October 2005

W celu dokładnego scharakteryzowania badanego odcinka wykonano profil podłużny. Profil podłużny z lipca 2005 r. wykonany w osi koryta obejmuje odcinek Raby na długości 732 m. Spadek wyrównany dna na tym odcinku wynosi 0,32‰. Profil podłużny wykonany w październiku 2005 r. obejmuje odcinek 923 m, a spadek wyrównany dna ma wartość zbliżoną i wynosi 0,33‰. Lokalne spadki dna osiągają wartości do 44‰, występują także odcinki ze spadkiem ujemnym. Po przejściu sierpniowego wezbrania profil podłużny uległ zmianie. Lokalne przegłębienie w górnej części odcinka badawczego uległo częściowemu zaszutrowaniu. Znajdująca się poniżej łacha nie uległa rozmyciu nieznacznie, przesuując się w górę rzeki. W rejonie ujścia widoczne jest odsypisko w postaci łachy. Na znacznej długości profilu podłużnego zauważyć można podniesienie się dna maksymalnie o około 0,3 m. Pomiędzy 450 m i 650 m profilu podłużnego dno koryta nie uległo znaczącym zmianom. Zauważyć należy, że średni poziom dna uległ podniesieniu o około 0,2 m (rys. 3). Może to świadczyć o przewadze procesów sedymentacji nad erozją na badanym odcinku rzeki.



**Rysunek 2.** Profil podłużny odcinka ujściowego rzeki Raby, lipiec 2005 r.  
**Figure 2.** Longitudinal profile of the section of the Raba River, July 2005



**Rysunek 3.** Porównanie profili podłużnych na badanym odcinku  
**Figure 3.** A comparison of the longitudinal profiles along the research reach

Wzdłuż badanego odcinka ujściowego rzeki Raby wykonano serię pomiarów granulometrycznych składu obrukowania oraz podłoża dna cieku. Oprócz powszechnie stosowanej tradycyjnej metody poboru prób zastosowano metodę zamrażania próby *in situ*, która daje próbę o nienaruszonej strukturze. Zamrażania dokonuje się przy użyciu sondy wbijanej w dno, do której doprowadza się ciekły azot. Szybkie ochłodzenie rurki powoduje zamrażanie wody i przylegającego do niej rumowiska. Czas zamrażania pojedynczej próby przeciętnie wynosi 10–15 min. Wyjętą próbę układa się na skrzyni z przegrodami (fot. 2), dzięki czemu po rozmrożeniu próby można określić skład granulometryczny w każdej warstwie (szerokość pojedynczej warstwy wynosiła 0,05 m). Masy pojedyn-

czych prób wahały się w granicach od 7 do 10 kg. Pobór prób rumowiska dennej wykonano w przekroju km 0+560 [Atlas 2005].

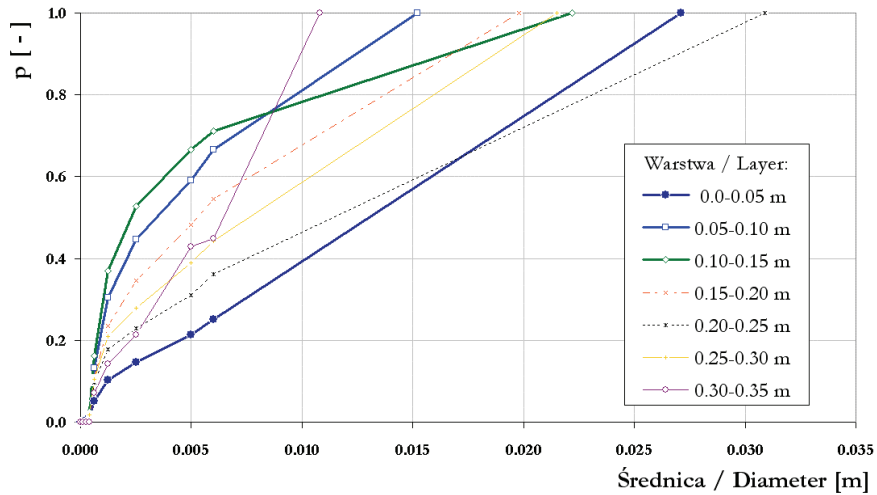


**Fotografia 2.** Zamrożona próba rumowiska, rzeka Raba, km 0+560, lipiec 2005  
**Picture 2.** Freezed sample of the bed material, Raba River, km 0+560, July 2005

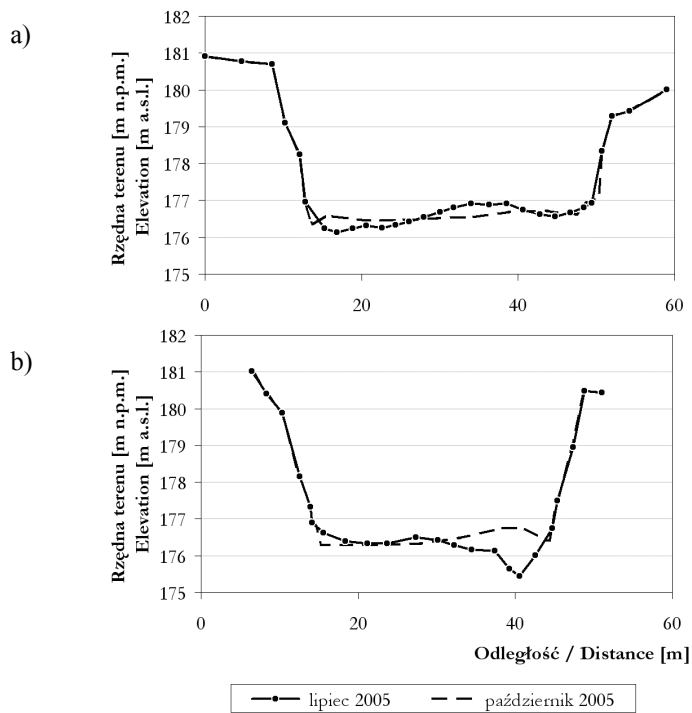
Na rysunku 4 przedstawiono przykładową warstwową krzywą przesiewu uzyskaną metodą zamrażarkową dla próby B pobranej w centralnej części formy dennej zlokalizowanej w km 0+560. Warstwa powierzchniowa 0,0–0,05 m ma najgrubsze uziarnienie w porównaniu z warstwami znajdującymi się głębiej, co może wskazywać na występowanie obrukowania dna. Średnica  $d_{50}$  warstwy powierzchniowej wynosi  $d_{50} = 0,013$  m. Najdrobniejsze rumowisko występuje w warstwie 0,05–0,10 m i 0,10–0,15 m, dla których średnice  $d_{50}$  wynoszą około  $d_{50} = 0,003$  m. W pozostałych warstwach rumowisko jest przemieszane.

W próbie A (odległość pomiędzy punktami poboru prób A i B wynosiła 0,6 m) pobranej w części zaprawowej łachy przebieg krzywych przesiewu poszczególnych warstw sugeruje, że rumowisko jest wymieszane. Warstwa powierzchniowa 0,0–0,05 m ma podobne uziarnienie jak warstwy zalegające głębiej. Średnica  $d_{50}$  warstwy powierzchniowej wynosi 0,007 m. Najdrobniejsze rumowisko występuje w warstwie 0,10–0,15 m, dla której średnica  $d_{50} = 0,002$  m, najgrubsze zaś w warstwie 0,20–0,25 m, gdzie  $d_{50} = 0,008$  m.

Podczas badań wykonano szczegółowe zdjęcie sytuacyjno-wysokościowe badanego odcinka, zbierając razem kilka tysięcy pikiet. Na rysunkach 5a i 5b zaprezentowano przykładowe zmiany przekrojów poprzecznych po przejściu fali powodziowej w sierpniu 2005 r.



**Rysunek 4.** Warstwowe krzywe przesiewu, rzeka Raba, km 0+560, próba B  
**Figure 4.** Layered grain size distribution curves, the Raba River, km 0+560, sample B

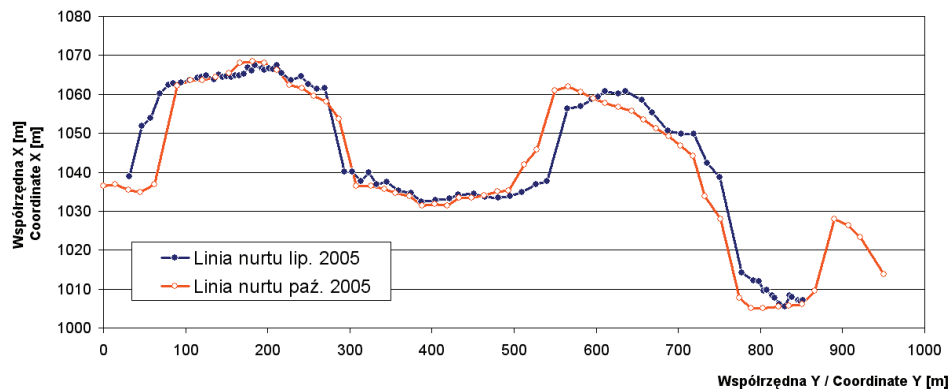


**Rysunek 5.** Przekroje poprzeczne, rzeka Raba, a) km 0+556, b) km 0+481  
**Figure 5.** Cross-sections, the Raba River, a) km 0+556, b) km 0+481



Szerokość koryta zmienia się od 30 m do 35–38 m. W przekroju km 0+556 (rys. 6a) koryto rzeki Raby w wyniku akumulacji rumowiska podniosło się, miejscami o około 0,1–0,4 m, a w wyniku erozji uległo obniżeniu o 0,1–0,3 m. W przekroju 0+481 (rys. 6b) akumulacja materiału dennego doprowadziła do podniesienia się dna o ponad 1 m, przy niewielkiej erozji przy brzegu lewym wynoszącej maksymalnie 0,3 m.

Z kolei, na rysunku 6 porównano przebiegi nurtu głównego rzeki Raby przy niskim stanie wody na badanym odcinku pomierzone w lipcu i październiku 2005 r. Pomimo, że ujściowy odcinek koryta rzeki Raby jest odcinkiem tylko nieznacznie odbiegającym od linii prostej woda płynie zakolami. Można zaobserwować nieznaczne zmiany w przebiegu linii nurtu głównego, jakie zaszły pod wpływem wezbrania w sierpniu 2005 roku. Po przejściu fali powodziowej, której kulminacja miała miejsce 9 sierpnia zaobserwowano przesunięcie się linii nurtu głównego wynoszące ok. 50 m. Układ zakoli został utrzymany, długość pojedynczej sekwencji zakoli podobnych do meandra wynosi ok. 450 m, a ich szerokość odpowiada szerokości koryta na tym odcinku.



**Rysunek 6.** Przebiegi linii nurtu głównego na badanym odcinku rzeki Raby  
**Figure 6.** A path of the main stream at the research reach of the Raba River

## WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań terenowych oraz analizy ich wyników nasuwają się następujące obserwacje i wnioski:

1. Szerokość koryta Raby na badanym odcinku wynosi od 30 m do 38 m. W korycie widoczne są zarówno wypłylenia, jak i przegłębienia, odsypiska materiału dennego oraz łachy, których wysokość dochodzi do 1,1 m. Po przejściu fali wezbrania w wyniku zmian morfologicznych dno rzeki lokalnie obniżyło się maksymalnie o 0,5 m lub uległo podniesieniu nawet o 1 m.

2. Wzdłuż badanego odcinka rzeki Raby koryto główne płynie naprzemiennie wzdłuż lewego i prawego brzegu. Periodyczne wezbrania wywołują zmiany morfologiczne dna oraz zmieniają średnice, zarówno rumowiska tworzącego obrukowanie, jak i jego podłoża. W próbie rumowiska oznaczonej A warstwa powierzchniowa 0,0–0,05 m ma podobne uziarnienie do warstwy zalegającej niżej – średnica  $d_{50}$  na wartość 0,007 m. Warstwa powierzchniowa w próbie B ma najgrubsze uziarnienie w porównaniu z warstwami znajdującymi się głębiej, co może wskazywać na występowanie obrukowania dna. Średnica  $d_{50}$  warstwy powierzchniowej wynosi  $d_{50} = 0,013$  m. Drobniejsze rumowisko występuje w warstwach zalegających głębiej, dla których średnice  $d_{50}$  wynoszą około  $d_{50} = 0,003$  m.

3. Pomimo, że ujściowy odcinek koryta rzeki Raby jest odcinkiem tylko nieznacznie odbiegającym od linii prostej woda płynie zakolami, meandrując. Po przejściu fali powodziowej, w sierpniu 2005 r. zaobserwowano przesunięcie się linii nurtu głównego wynoszące ok. 50 m. Układ zakoli został utrzymany, długość pojedynczej sekwencji zakoli podobnych do meandra wynosi ok. 450 m, a ich szerokość odpowiada szerokości koryta na tym odcinku.

Przedstawione w pracy wyniki badań zmian morfologicznych i granulometrycznych ujściowego odcinka rzeki podgórskiej, jaką na badanym odcinku jest Raba, ukazują zmiany mające miejsce w korycie po wezbraniach odpowiadającym stanom pełnokorytowym (przepływ brzegowy). Wyniki badań posłużą do analizy zmian morfologicznych oraz obliczeń hydraulicznych w rzekach i na ich odcinkach o podobnym charakterze.

## PODZIĘKOWANIA

Autorzy pragną podziękować Komitetowi Badań Naukowych za przydzielenie środków finansowych na realizację badań w ramach grantu badawczego KBN 2 P06S 075 28, dyrekcji Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie za pomoc w organizacji pomiarów, zwłaszcza panu Stanisławowi Kmiecowski, kierownikowi Inspektoratu Wodnego w Ispinie oraz za pomoc w badaniach terenowych dr inż. Ewie Słowik-Opoce, mgr. inż. Maciejowi Klimie, mgr. inż. Adrianowi Kołeczowski.

## BIBLIOGRAFIA

- Atlas podziału hydrograficznego Polski*. Praca zbiorowa pod kierunkiem Haliny Czarneckiej, Seria Atlasy IMGW, Warszawa 2005.
- Allen J. *Current ripples: their relation to patterns of water and sediment motion*. North Holland Publ., Amsterdam 1968.
- Ashley G. *Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at the old problem*. J. Sedim. Petrol., 60, 1990, p. 160–172.
- Bartnik W., Banasik K., Książek L., Radecki-Pawlik A., Strużyński A. *Forecasting of Fluvial Processes on the Skawa River Within Back-Water Reach of the Świnna Poręba Water Reservoir*. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., E-5 (387), 2005, p. 57–85.

- Carling P. A., Gözl E., Glaister M., Radecki-Pawlik A., Rosenzweig S. *Study and numerical modelling of subaquatic dunes in the River Rhine near Niderwalluf*. BFG, Koblenz Institute of Freshwater Ecology, Ambleside, UK, Koblenz, Niemcy, BIG-no-0774, 1993, p. 1–31.
- Carling P. A., Gözl E., Orr H. G., Radecki-Pawlik A. *The morphodynamics of fluvial sand dunes in the River Rhine near Mainz, Germany*. I. Sedimentology and morphology. *Sedimentology*, 47, 2000, s. 227–252.
- Carling P. A., Radecki-Pawlik A., Williams J. J., Rumble B., Meshkova L., Bell P., Breakspear R. *The morphodynamics and internal structure of intertidal fine-gravel dunes*. 8th International Conference on Fluvial Sedimentology, August 7-12, Delft University of Technology, Netherlands 2005, p. 74.
- Carling P. A., Radecki-Pawlik A., Williams J. J., Rumble B., Meshkova L., Bell P., Breakspear R. *The morphodynamics and internal structure of intertidal fine-gravel dunes: Hill Flats, Severn Estuary*, UK. Elsevier, *Sedimentary Geology*, nr 183, 2006, 159–179.
- Książek L. *Morfologia koryta rzeki Skawy w zasięgu cofki zbiornika Świnna Poręba*. Zesz. Nauk. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Komis. Tech. Inf. Wsi, PAN, Oddz. w Krakowie, Seria Monografie, nr 4/1, 2006, s. 249–267.
- Książek L., Szkaradek D. *Określenie warunków przepuszczenia wód katastrofalnych na zagrożonym odcinku potoku Targaniczanka*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Seria Inż. Środ. XV, nr 534, 2006, s. 165–174.
- Radecki-Pawlik A., Carling P.A., Słowik-Opoka E., Breakspear R. *Badania terenowe form żwirowo-piaszczystych w rzece o charakterze podgórskim*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Komis. Tech. Inf. Wsi, PAN Oddz. w Krakowie, nr 4, 2005, s. 119–133.
- Radecki-Pawlik A., Carling P., Słowik-Opoka E., Książek L., Breakspear R. *Field investigations of sand-gravel bed forms within the Raba River, Poland*. Monografia, pod red. Rui. M.L. Ferreiry, Engineering, Water and Earth Science, AA BALKEMA Taylor&Francis group, Rotterdam, 2006, p. 979–985.
- Simons D. B., Richardson E. V. *Resistance to flow in alluvial channels*. U.S. Geol. Surv. Profess. Papers 422-J, 1966, p. 1–61.
- Słowik-Opoka E., Radecki-Pawlik A. *Badania morfometryczne wydym piaszczystych o prostej linii szczytu, zaobserwowanych na dnie ujściowego odcinka rzeki Raby (okolice Uścia Solnego)*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Komis. Tech. Inf. Wsi, PAN, 2006a, w druku.
- Słowik-Opoka E., Radecki-Pawlik A. *Wybrane parametry hydrauliczne w obrębie wydym żyrowych języko-kształtnych znalezionych w ujściowym odcinku rzeki Raby*. *Acta Scientiarum Polonorum – Formatio Circumiectus*, 2006b, w druku.
- Świdarska A. *Zmiany morfologiczne odcinka ujściowego rzeki Raby*. Praca magisterska. Maszynopis. Wydział Inżynierii Środowiska Akademia Rolnicza, Kraków 2006.

Dr inż. Leszek Książek,  
Dr inż. Jacek Florek  
Mgr inż. Aleksandra Świdarska  
Dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik

Katedra Inżynierii Wodnej  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków  
tel. (012) 662-40-23  
rmksiaze@cyf-kr.edu.pl  
rmradeck@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk