

## **Oddziaływanie obiektów hydrotechnicznych na morfologię koryt rzek ziemi kłodzkiej w świetle analizy GIS – zarys problemu i zamierzenia badawcze**

**The impact of hydrotechnical engineering facilities on the morphology of rivers under Kłodzko County GIS analysis – an outline of the problem and research plans**

**Matylda Witek, Monika Białobrzaska**

*Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław  
matylda.witek@uni.wroc.pl; monika.bialobrzaska@uni.wroc.pl*

**Zarys treści:** Jednym z elementów środowiska przyrodniczego, poddanego niezwykle silnej ingerencji człowieka, są wody powierzchniowe, a w szczególności rzeki. Koryta rzek ziemi kłodzkiej zostały antropogenicznie przekształcone i w różnym stopniu uregulowane, wzniesiono w nich budowle hydrotechniczne różnego typu oraz przeznaczenia. Rzeki te w okresie wiosennych roztopów i letnich ulewnych opadów często są źródłem powodzi lub lokalnych podtopień. Istotne jest zatem określenie wpływu obecności obiektów hydrotechnicznych i systemów regulacji w korytach rzek tego regionu. Autorki opracowania postanowiły przyjrzeć się temu zagadnieniu, wykorzystując narzędzia dostępne w oprogramowaniu GIS. Artykuł jest wynikiem wstępnego etapu badań nad zagadnieniem wpływu obiektów hydrotechnicznych na funkcjonowanie koryt. Głównym celem opracowania, a także dalszych prac, jest próba odpowiedzi na pytanie, czy obecność konkretnych konstrukcji hydrotechnicznych w znaczącym stopniu wpływa na sposób funkcjonowania koryta oraz czy zastosowanie nowoczesnych metod analizy danych przestrzennych pozwoli na dokładniejsze określenie tego wpływu. Na podstawie kartowania terenowego dokonano typologii koryt w oparciu o analizę ich cech w profilu podłużnym z wykorzystaniem metody analizy odcinków, a następnie zobrazowano otrzymane wyniki przy użyciu narzędzi oprogramowania GIS. Przeprowadzono szczegółowe obserwacje w sąsiedztwie budowli piętrzących, które ujawniły wpływ tych obiektów na zmianę typów lub podtypów koryta, a co za tym idzie na zmianę dominujących procesów korytowych. Przekształcenia procesów korytowych są odmienne w poszczególnych przypadkach i uwarunkowane wieloma czynnikami, których rozpoznanie będzie celem dalszych prac.

**Słowa kluczowe:** koryta uregulowane, zabudowa hydrotechniczna, procesy fluwialne, typologia koryta, GIS

**Abstract:** Among the elements of natural environment which have suffered from a very strong human interference are surface waters, particularly rivers. The Kłodzko County rivers' channels have been anthropogenically transformed and regulated in various levels; hydraulic structures of various types and purpose have been built there. These rivers often inundate their valleys or cause local flooding during spring thaw and summer downpours. It is important to determine the effect of the presence of hydrotechnical facilities and channelization schemes in the river channels of the region. The authors decided to develop a look at this issue using the tools available in GIS software. The article is the result of initial stage of research. The main objective of the paper, and the future work, is an attempt to answer the question, whether the presence of hydraulic structures significantly affects the processes in the river channels and whether the use of modern methods of spatial data analysis will allow more accurate determination of the impact. Based on field mapping, river typology has been done. An analysis of river characteristics was performed in the longitudinal profile using the method of river section analysis, and then the results were illustrated using the GIS software tools. Detailed research has been conducted in the vicinity of dam structures, what revealed the influence of these objects on changes of types and subtypes of the channel and furthermore on change of dominating channel processes. Evolution of nature of these processes varies in particular cases and depends on many factors, which recognition of is the goal of upcoming research.

**Key words:** regulated river channels, hydrotechnical engineering, fluvial processes, channel typology, GIS

## Wstęp

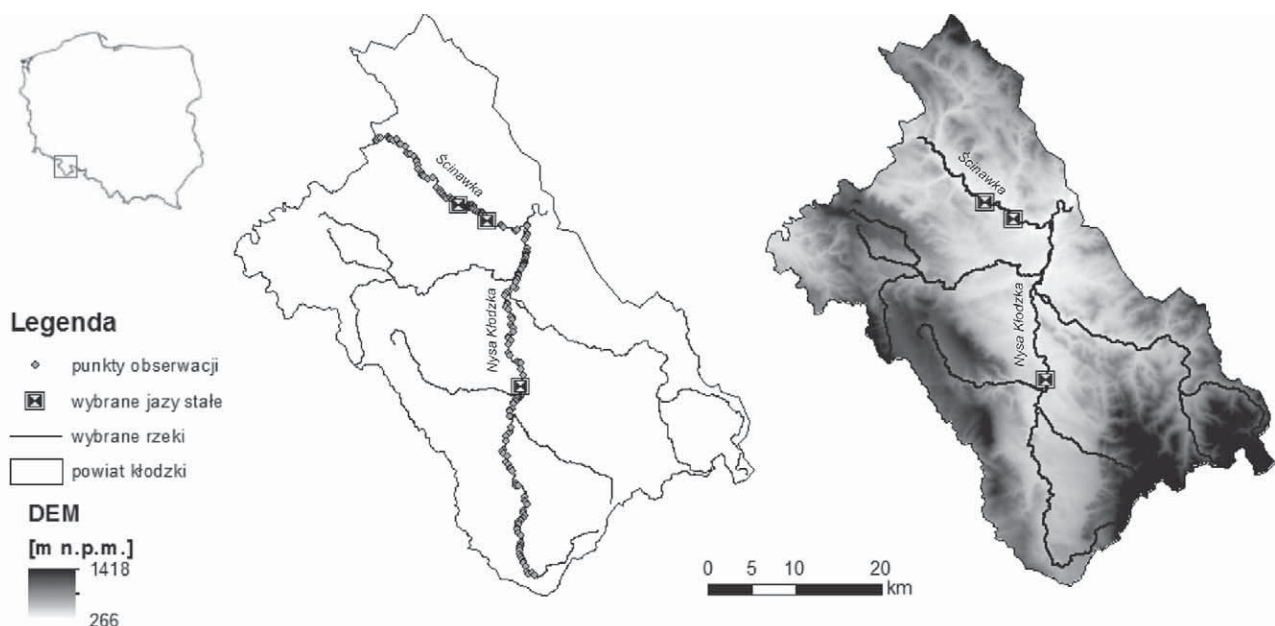
Środowisko geograficzne oraz zachodzące w nim procesy, występowanie określonych form terenu czy stref od dawna opisuje się za pomocą różnorodnej symboliki. Tworzone mapy służyły wcześniej przede wszystkim do orientacji w terenie. Obecnie coraz częściej korzysta się z systemów informacji geograficznej (Gotlib i in. 2007), które pozwalają na gromadzenie danych geograficznych, ich wielopoziomową analizę w różnych skalach czasowych i przestrzennych, zapis oraz wszechstronną wizualizację. Ułatwia to graficzne, liczbowe oraz statystyczne wyrażenie cech środowiska geograficznego (Urbański 2008). Przy wykorzystaniu różnego typu źródeł danych możliwa jest analiza oraz prezentacja nie tylko stanu środowiska w określonym czasie, ale również zobrazowanie krótko- lub długoterminowych zmian w oparciu o dane z różnych okresów. Istotne jest ponadto prognozowanie dalszych zmian na danym obszarze.

Rzeźbotwórcza działalność rzek jest jednym z podstawowych procesów zewnętrznych kształtujących powierzchnię ziemi. Procesy fluwialne (erozja, akumulacja, transport) zachodzą we wszystkich strefach klimatycznych, a ich intensywność zależy od szeregu czynników naturalnych. Wydajność i intensywność procesów rzecznych może ulec zmianie na skutek działalności człowieka w dolinach i korytach rzecznych. Zabudowa hydrotechniczna i systemy regulacji wprowadzane są w obręb koryt rzecznych z różnych przyczyn. Mogą pełnić role przemysłowe, komunikacyjne, a także ochronne – zabezpieczenie obszarów użytkowanych przez człowieka przed negatywnymi skutkami działania procesów rzecznych.

Rozpoznanie wpływu zabudowy koryta na sposób jego funkcjonowania wydaje się problemem niezwykle ważnym, szczególnie w kontekście eliminowania zagrożenia powodziowego. Obszar objęty obserwacjami – ziemia kłodzka – to teren, gdzie badania z zakresu geomorfologii fluwialnej nie były do tej pory prowadzone na szeroką skalę (m.in.: Zurawek 1999, Latocha 2007, 2009, Witek 2007, 2010, Witek, Latocha 2009). Ponadto jest to obszar, na którym doliny i koryta rzeczne zostały poddane silnej antropopresji (Latocha 2007). Wobec poważnego zagrożenia powodziowego w tym rejonie, zwłaszcza w okresie wzmogionych wiosennych roztopów oraz letnich opadów nawałnych, kiedy występowanie powodzi i lokalnych podtopień jest zjawiskiem dość częstym, poznanie wpływu obiektów hydrotechnicznych na intensyfikację tego zagrożenia ma kluczowe znaczenie.

## Obszar badań

Badania prowadzono w korytach największych rzek ziemi kłodzkiej (m.in. Nysa Kłodzka, Ścinawka, Bystrzyca Dusznicka, Bystrzyca Łomnicka, Biała Łądecka, Dzika Orlica) oraz w ciekach, w których zlokalizowane są obiekty hydrotechniczne o dużym znaczeniu dla funkcjonowania sieci rzecznej tego rejonu, np. zapory wodne (m.in. Wilczka, Morawka). Szczególną uwagę poświęcono także potokom w Parku Narodowym Gór Stołowych. Do analiz szczegółowych prezentowanych w niniejszej pracy wybrano koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki (ryc. 1).



**Ryc. 1.** Obszar badań: położenie wszystkich punktów obserwacyjnych oraz lokalizacja miejsc analiz szczegółowych na tle numerycznego modelu wysokościowego DEM o rozdzielczości 25 m

**Fig. 1.** Study area: the location of all observation points and location of sites for detailed analysis, background of DEM with 25 m resolution

Nysa Kłodzka jest główną rzeką ziemi kłodzkiej, odwadniająca prawie cały jej obszar. Swoje źródła ma na północno-zachodnim zboczu Jelenia w Masywie Śnieżnika, na wysokości około 920 m n.p.m., a uchodzi do Odry w okolicach Mikolina w województwie opolskim na wysokości około 140 m n.p.m. Morfologia doliny Nysy Kłodzkiej jest zróżnicowana. W swoim źródłiskowym odcinku ciek ma charakter górskiego potoku o słabo ukształtowanym korycie. W obrębie rozległej śródgórskiej Kotliny Kłodzkiej rzeka uformowała szeroką dolinę oraz koryto o wyraźnie ukształtowanych elementach. Dolina Nysy Kłodzkiej na analizowanym terenie przebiega południkowo i ma założenia tektoniczne (rów tektoniczny); w jej obrębie występuje kilka poziomów terasowych. Koryto ma w przewadze charakter aluwialny z nielicznymi fragmentami, gdzie rzeka docina się do skalnego podłoża. Dolina cieku założona jest w obrębie skał wieku późnokredowego (margle piaszczyste, ilaste i krzemionkowe oraz iłowce wapienste). Koryto Nysy Kłodzkiej wykazuje tendencję do meandrowania.

Ścinawka jest największym lewobrzeżnym dopływem Nysy Kłodzkiej w obrębie Kotliny Kłodzkiej. Swoje źródła ma w Górach Wałbrzyskich, na południowo-zachodnich stokach Borowej, na wysokości około 720 m n.p.m., a uchodzi do Nysy Kłodzkiej poniżej Ścinawicy, na północ od Kłodzka, na wysokości około 275 m n.p.m. Morfologia doliny Ścinawki jest zróżnicowana, jednak na analizowanym odcinku pozostaje zasadniczo jednorodna. Rzeka płynie dość szeroką, płaską doliną, zwężającą się jedynie w miejscach niewielkich przełomów pomiędzy otaczającymi dolinę wzgórzami. Dno doliny Ścinawki jest wyścielone grubą warstwą plejstoceńskich żwirów, w których rzeka wycięła swoje koryto, tworząc miejscami wysokie, nawet dwustopniowe terasy.

Dolina Nysy Kłodzkiej stanowiła w przeszłości ważny szlak komunikacyjny i handlowy, przebiegała tędy m.in. odnoga szlaku bursztynowego. Historia osadnictwa oraz działalności człowieka w zlewniach rzek ziemi kłodzkiej sięga okresu średniowiecza. Zwarte ciągi osadnicze w dolinach rzecznych ukształtowały się w XII–XIII w. (Bartkiewicz 1977, Jerkiewicz 1983, Staffa 1990, 1994, Herzig, Ruchniewicz 2006). Rzeki ziemi kłodzkiej były w przeszłości intensywnie wykorzystywane do celów gospodarczych i bytowych. W korytach pojawiły się wówczas pierwsze konstrukcje hydrotechniczne w postaci prymitywnych tam i przegrodzeń. Budowle te były związane z podstawowymi potrzebami ludzkimi, np. komunikacją (przepawy), poborem wody na potrzeby codziennego życia (lokalne spiętrzenia), działalnością gospodarczą (młyny, huty szkła, drobne zakłady przemysłowe). Obecnie większość rzek ziemi kłodzkiej nie jest wykorzystywana do celów gospodarczych, zanikły funkcje m.in. młynów, szlifierni czy papierni, a spośród obiektów hydrotechnicznych najliczniej występują te, które są związane z infra-

strukturą komunikacyjną oraz pełnią funkcje przeciwpowodziowe i przeciwoerozyjne (konstrukcje oporowe).

## Cel pracy

Celem opracowania jest prezentacja wstępnych wyników badań wpływu obiektów hydrotechnicznych i sposobów regulacji na funkcjonowanie koryt rzek górskich na ziemi kłodzkiej oraz próba odpowiedzi na pytanie, czy warunki naturalne są kluczowym czynnikiem oddziałującym na zmiany morfologii koryt rzek tego obszaru, czy też większy wpływ mają przeprowadzone w nich prace regulacyjne i wzniesione obiekty hydrotechniczne. Autorki postanowiły przyjrzeć się temu zagadnieniu, wykorzystując narzędzia dostępne w oprogramowaniu GIS. Położono nacisk na analizę koryt pod kątem kształtujących je procesów oraz zmian, jakie w ich morfologii wywołują obiekty antropogeniczne. Celem obserwacji było sprawdzenie: (i) czy obecność konkretnych konstrukcji hydrotechnicznych w znaczącym stopniu wpływa na sposób funkcjonowania koryta, (ii) czy zmiany ulegają dominujące procesy korytowe oraz (iii) czy odcinek koryta poniżej obiektu charakteryzuje się innymi cechami niż koryto powyżej takiej konstrukcji. Udzielenie odpowiedzi na takie pytania możliwe jest przy wykorzystaniu tradycyjnych metod badawczych, ale istotne wydaje się sprawdzenie, czy zastosowanie nowoczesnych metod analizy danych przestrzennych pozwoli na dokładniejsze określenie wpływu zabudowy hydrotechnicznej na morfologię koryt.

## Metody badań

Badania prowadzone były dwuetapowo – przede wszystkim w oparciu o prace w terenie oraz kameralnie, z zastosowaniem technik GIS. Zasadniczą metodą badań terenowych stanowiło szczegółowe kartowanie geomorfologiczne wybranych koryt rzecznych oraz obszaru bezpośredniego sąsiedztwa koryta na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000. Podczas obserwacji terenowych, na podstawie analizy szeregu cech morfologicznych oraz przekształceń antropogenicznych, dokonano typologii koryt, wydzielając odcinki badawcze o zbliżonym charakterze, kształtowane przez zróżnicowane procesy rzeźbotwórcze. Wyznaczono miejsca, w których przeprowadzone będą bardziej szczegółowe obserwacje oraz analizy. Związane są one z odcinkami koryt, na których znajdują się obiekty hydrotechniczne o dużym znaczeniu dla regionu. Każdy punkt, w którym przeprowadzono obserwację, został ponadto namierzony za pomocą odbiornika GPS, a następnie powyższe dane zostały zaimportowane do oprogramowania ArcGIS 9.3, w którym wykonywano dalsze prace. Po-



zwoliło to na prezentację rozmieszczenia obiektów hydrotechnicznych. Zinventaryzowane zostały obiekty zabudowy hydrotechnicznej różnego typu od jazów, zapór, zapór przeciwrumowiskowych, przez progi, stopnie, śluzy, zastawki i przepusty po zabudowę oporową oraz sztuczne koryta, a także mosty i kładki. W trakcie prac wykorzystano numeryczny model terenu o rozdzielczości 50 m, a dla wybranych lokalizacji również model o rozdzielczości 25 m, a także warstwę wektorową przedstawiającą przebieg rzek na obszarze powiatu (występujące niezgodności w trasach przebiegu rzek oraz kanałów były korygowane przy użyciu ortofotomapy oraz map topograficznych w skali 1:10 000). Modele terenu posłużyły do wykonania takich warstw zmiennych objaśniających, jak m.in. nachylenie, ekspozycja stoku czy krzywizny stoku. Dane te nie zostały jednak jeszcze zastosowane do niniejszej publikacji. Implementacja danych, analiza przestrzenna najbliższego otoczenia cieków oraz budowli hydrotechnicznych pozwoli na odnalezienie oraz ocenę współzależności między warunkami naturalnymi i lokalizacją obiektów hydrotechnicznych a lokalizacją stref erozji oraz akumulacji.

## Typologia koryt

Analiza poszczególnych cech morfologicznych w profilach podłużnych Nysy Kłodzkiej i Ścinawki wykazuje ich duże zróżnicowanie. Podobnie wygląda natomiast stopień antropogenicznego przekształcenia tych rzek (Latocha 2009, Witek 2010). W korytach występują dwa rodzaje regulacji, tj. regulacje liniowe, czyli konstrukcje oporowe występujące na brzegach koryt, a także formy umocnienia dna oraz obiekty punktowe – różnego typu konstrukcje hydrotechniczne i komunikacyjne, m.in. jazy, zapory przeciwrumowiskowe, stopnie wodne, progi, młyny, mosty itp. W celu porównania poszczególnych fragmentów koryt Nysy Kłodzkiej i Ścinawki przeprowadzono typologię koryt, wyznaczając odcinki kształtowane przez te same procesy rzeźbotwórcze. W korytach przeanalizowano szereg cech, m.in. krętość, spadek, szerokość, występowanie form korytowych (takich jak: odsypy przybrzeżne, meandrowe i śródkorytowe, naturalne progi i bystrza, nisze erozyjne, przegłębienia dna itd.), stopień przekształcenia koryta przez budowle poprzeczne i podłużne. Na tej podstawie dokonano identyfikacji dominujących procesów kształtujących poszczególne odcinki koryt. Podział koryta na odcinki danego typu przeprowadzono w oparciu o metodę analizy granic (Chełmicki, Krzemień 1999, Krzemień 2003), polegającą na obserwacji, jak wiele analizowanych cech koryta ulega zmianie na wstępnie wyznaczonej granicy odcinków. Im więcej cech ulega zmianie, tym większe znaczenie danej granicy. Granice o dużym zna-

czeniu dzielą koryta na określone typy, natomiast granice, gdzie mniejsza liczba cech uległa zmianie, rozgraniczają podtypy koryta. Typ koryta wydziela się w oparciu o główne procesy kształtujące odcinek rzeki, natomiast podtypy na podstawie rodzaju podłoża oraz stopnia i sposobu przekształcenia koryta. Częstość występowania konkretnych form korytowych może świadczyć o dominującym procesie kształtującym dany odcinek rzeki. Przyjęto, że występowanie naturalnych progów oraz przegłębienia dna świadczy o intensywnym działaniu erozji wglębnej, podcięcia erozyjne brzegów są efektem intensywnej erozji bocznej, odsypy korytowe świadczą o oddziaływaniu procesów akumulacji (depozycji). W badanych korytach Nysy Kłodzkiej i Ścinawki wyróżniono 6 typów koryta (A–F) i 8 podtypów (a–h).

Typy koryta:

- A – brak dominującego procesu; w korytach tego typu występują zarówno formy erozyjne, jak i akumulacyjne. Żadne w znaczący sposób nie dominują. W korytach obok łach i form związanych z działaniem erozji bocznej miejscami mamy do czynienia także z formami będącymi efektem działania erozji wglębnej (progi, przegłębienia).
- B – dominującym procesem jest erozja wglębna. W korycie występują liczne progi skalne oraz przegłębienia dna. Inne formy korytowe są nieliczne i małych rozmiarów. Ten typ koryta jest charakterystyczny dla źródłowych odcinków cieków, a czasami także dla odcinków przełomowych. Koryto typu B jest zazwyczaj węższe i charakteryzuje się dużym spadkiem.
- C – odcinki kształtowane głównie przez erozję boczną. Najliczniej występują tu podcięcia erozyjne o znacznych wymiarach. W mniejszej ilości spotyka się progi skalne i odsypy korytowe. Proces erozji bocznej wskazuje na tendencję rzeki do poszerzania koryta i zwiększania jego krętości (ryc. 2).



Ryc. 2. Koryto kształtowane przez erozję boczną (typ C); rzeka Ścinawka powyżej Gorzuchowa

Fig. 2. The channel formed by the lateral erosion (type C); Scinawka river above Gorzuchow

- D – dominującym procesem jest depozycja lub redepozycja materiału (procesy akumulacji). W korycie występują liczne formy akumulacyjne o dużej powierzchni: odsypy przybrzeżne, meandrowe i śródkorytowe. Na bardzo małą skalę ma miejsce tworzenie się innych form. Podcięcia erozyjne brzegów są nieliczne i mają niewielką powierzchnię, praktycznie nie występują progi skalne (ryc. 3).
- E – w tego typu korycie trudno wyróżnić wyraźnie dominujący proces, intensywnie zachodzi zarówno erozja boczna, jak i akumulacja materiału. W efekcie tych procesów mamy do czynienia z podobną liczbą podcięć erozyjnych oraz odsypów korytowych. Ponadto tworzące się w korytach tego typu odsypy charakteryzują się dużą powierzchnią. Koryta kształtowane przez erozję boczną i procesy akumulacji są najczęściej dość szerokie (ryc. 4).
- F – dominują procesy transportu rumowiska, natomiast procesy erozji i akumulacji zachodzą na małą skalę, a formy, które w ich wyniku się tworzą, są nieliczne i mają niewielkie rozmiary. W korytach tego typu trudno wskazać proces rzeźbotwórczy kształtujący koryto. Z tym typem koryt mamy do czynienia najczęściej w środkowych i dolnych biegach rzek (ryc. 5).

Badane koryta zróżnicowano ponadto ze względu na rodzaj podłoża. Wyróżniono koryta skalne (skalno i skalno-aluwialne) i aluwialne. Istotnym czynnikiem decydującym o morfologii i sposobie funkcjonowania koryta jest stopień i sposób jego przekształcenia antropogenicznego. Ilość i rodzaj obiektów hydrotechnicznych i form regulacji może istotnie wpłynąć na działające w korycie procesy i tworzące się formy. Aby uwzględnić czynnik antropogeniczny, wyróżniono odcinki koryt przekształcone przez budowle poprzeczne, podłużne lub przez oba typy regulacji. Jako odcinki zmodyfikowane za pomocą budowli podłużnych sklasyfikowano te fragmenty koryt, na których wystąpiły typy regulacji liniowych (konstrukcje oporowe). W przypadku badanych cieków nie stwierdzono innych regulacyjnych budowli podłużnych (np. kierownice). Odcinki przekształcone przez budowle poprzeczne to takie, na których zanotowano co najmniej dwa stopnie lub progi na kilometr biegu rzeki lub fragmenty koryta w sąsiedztwie budowli poprzecznych, na których odnotowano wystąpienie zjawisk wywołanych przez tę konstrukcję (np. przegłębienia dna, akumulację materiału powyżej zapor, odcinek z akumulacją materiału poniżej obiektu itp.).

Wynikiem tych charakterystyk jest wydzielenie 8 podtypów koryta (tab. 1).

W wyniku prac terenowych w korycie Nysy Kłodzkiej i Ścinawki odnotowano cztery typy koryta (ryc. 6): C (z przewagą erozji bocznej), D (z przewagą erozji bocznej i akumulacji), E (kształtowane głównie

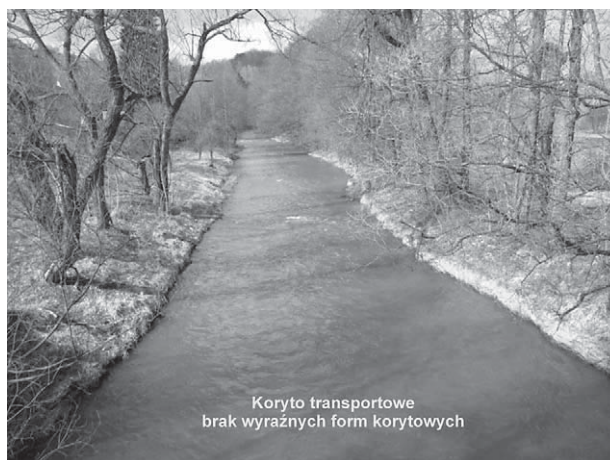


Ryc. 3. Koryto kształtowane przez akumulację (typ D); rzeka Ścinawka poniżej Ścinawki Dolnej

Fig. 3. The channel formed by accumulation (type D); Ścinawka river below Ścinawka Dolna



Ryc. 4. Koryto kształtowane przez procesy erozji bocznej i akumulacji (typ E); rzeka Ścinawka powyżej Gorzuchowa



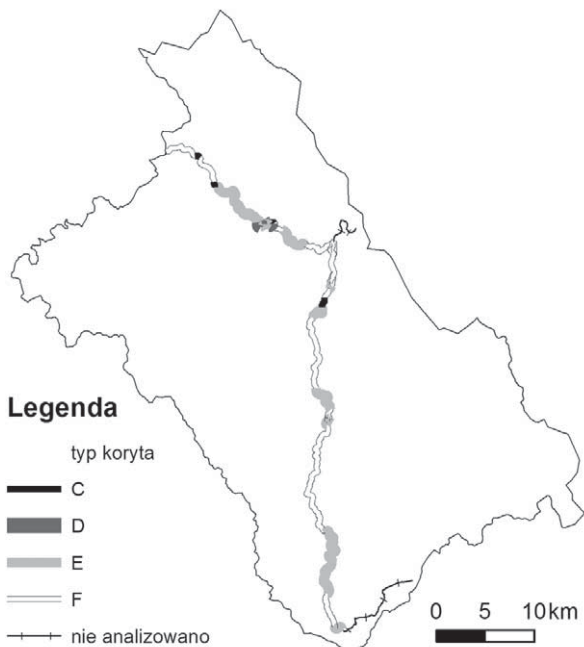
Ryc. 5. Koryto kształtowane przez procesy transportu materiału (typ F); rzeka Nysa Kłodzka poniżej Bystrzycy Kłodzkiej

Fig.5 The channel formed by the material transport processes (type F); river Nysa Kłodzka below Bystrzyca Kłodzka



**Tabela 1.** Sposób określenia podtypów koryta  
**Table 1.** The way of determining the channel subtypes

Podtyp koryta	Rodzaj podłoża		Koryto przekształcone przez budowle:	
	skalne	aluwialne	podłużne	poprzeczne
a	+	-	-	-
b	+	-	+	-
c	+	-	-	+
d	+	-	+	+
e	-	+	-	-
f	-	+	+	-
g	-	+	-	+
h	-	+	+	+



**Ryc. 6.** Rozmieszczenie poszczególnych typów koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki

\* nie zaprezentowano graficznie rozkładu przestrzennego podtypów koryta ze względu na nieczytelność ryciny w zadanej dla publikacji skali

**Fig. 6.** Location of different types of channels for Nysa Kłodzka and Ścinawka rivers

\* spatial distribution of channel subtypes is not presented graphically because of the illegibility in the scale set for publication

przez akumulację) i F (koryto transportowe) oraz wszystkie podtypy z wyjątkiem podtypu d (koryto skalne przekształcone zarówno przez budowle poprzeczne, jak i podłużne). Przeanalizowano łącznie blisko 85 km koryta. W tabeli 2 przedstawiono udział poszczególnych typów i podtypów koryta w ogólnej długości koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki.

W tabeli 3 zamieszczono zestawienie typów i podtypów koryta odnotowanych w Nysie Kłodzkiej i Ścinawce wraz z lokalizacją odcinków oraz ich ogólną charakterystyką.

**Tabela 2.** Udział poszczególnych typów i podtypów koryta w ogólnej długości koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki  
**Table 2.** Share of individual types and subtypes of the river channels in the total length of the river channels of Nysa Kłodzka and Ścinawka rivers

Typ	km	%
A	-	-
B	-	-
C	3,0	3,6
D	1,1	1,3
E	30,2	35,7
F	50,2	59,4

Podtyp	km	%
a	1,7	2,0
b	0,1	0,1
c	0,1	0,1
d	-	-
e	22,7	26,8
f	12,2	14,4
g	28,1	33,2
h	19,7	23,3

### Wpływ obiektów piętrzących na charakter procesów korytowych – studium przypadku

W niniejszej pracy, oprócz analizy całych koryt, przeprowadzono szczegółowe obserwacje odcinków koryta w sąsiedztwie największych obiektów antropogenicznych, mających prawdopodobnie najistotniejszy wpływ na funkcjonowanie koryta. Biorąc pod uwagę wyniki prac innych autorów (m.in. Wyźga 1993, 2005, Kościelniak 2005, Korpak 2007) założono, że największych zmian morfologicznych można spodziewać się w przypadku modyfikacji koryta za pomocą budowli poprzecznych, zwłaszcza dużych budowli piętrzących, takich jak zapory przeciwrumiskowe, jazy czy wysokie progi i stopnie wodne. Spośród funkcjonujących w badanych korytach obiektów wybrano trzy jazy stałe, dla których szczegółową analizę przedstawiono poniżej.

#### Jaz stały w Gorzuchowie, rzeka Ścinawka

Jest to budowla piętrząca wzniesiona na potrzeby działania małej elektrowni wodnej (MEW), obecnie nieczynnej. Jaz stały spiętrza wodę, dostarczaną do sztucznie przekopanego kanału elektrowni wodnej. Kanał skraca koryto o blisko połowę długości, notuje się w nim znacznie większy spadek i przyspieszenie

**Tabela 3.** Lokalizacja oraz charakterystyka typów i podtypów koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki  
**Table 3.** The location and characteristics of types and subtypes of channels of Nysa Kłodzka and Ścinawka rivers

Typ	Podtyp	Lokalizacja i charakterystyka odcinków
C	e	Głównie nieuregulowane odcinki koryta Ścinawki w jej środkowym i dolnym biegu. Koryto tego rodzaju jest charakterystyczne dla odcinków rzeki poza osiedlami ludzkimi, gdzie nie występują żadne formy zagospodarowania koryta. Intensywnie zachodzi proces erozji bocznej, niehamowany obecnością zabudowy przeciwe-rozryjnej (oporowej).
	g	Odcinki koryta Ścinawki w sąsiedztwie dużych mostów kolejowych z filarami nieumocnionymi konstrukcjami oporowymi. Ingerencja w brzegi koryta – naruszenie naturalnej struktury brzegu (posadowienie filarów mo-stów) uruchomiło proces erozji bocznej.
	h	Fragment koryta Ścinawki w sąsiedztwie mostu drogowego z filarami umocnionymi konstrukcjami oporowy-mi. Mimo zabezpieczenia konstrukcji elementami przeciwe-rozryjnymi proces erozji bocznej nie został zaha-mowany. Elementy oporowe oraz filary konstrukcji mostowej są nadal intensywnie podmywane.
D	e	Odcinki koryta Ścinawki położone poza obszarem zabudowanym – brak konstrukcji hydrotechnicznych. Ko-ryto dość szerokie z typowym układem stref erozji i akumulacji nawiązującym do położenia zakoli oraz roz-szerzeń i zwężeń koryta. Koryto typu De to odcinki, gdzie koryto ulega rozszerzeniu lub wewnętrzne fragmenty dużych zakoli. Charakterystyczne jest występowanie odsypów przybrzeżnych i śródkorytowych du-żych rozmiarów (długość nawet do 25–30 m).
	f	Odcinek koryta Ścinawki położony poniżej jazu stałego, gdzie nie zaznacza się już wpływ tej budowli piętrzącej. Brzegi koryta obudowane konstrukcjami oporowymi. Koryto szerokie z licznymi odsypami przy-brzeżnymi dużych rozmiarów (długość ponad 10 m). Całkowity brak form erozyjnych, zarówno nisz erozyj-nych na brzegach, jak i erozji dennej (proces ten zachodził jedynie bezpośrednio za progiem jazu). Ze względu na niewielki stopień przekształcenia koryta Ścinawki budowlami podłużnymi odcinek Df jest dość krótki i występuje tylko w jednym miejscu.
	g	Odcinki koryta Ścinawki, na których znajdują się budowle poprzeczne: jazy i mosty. Strefa intensywnej aku-mulacji występuje poniżej takich obiektów na skutek utraty siły transportowej ciekłu. W korycie obecne duże formy akumulacyjne, najczęściej w formie odsypów śródkorytowych, w przypadku mostów z filarem w kory-cie – w postaci cieni sedymentacyjnych.
Koryto typu D (depozycyjne) odnotowano jedynie w Ścinawce prawdopodobnie ze względu na dużo większą inten-sywność akumulacji materiału dennego w korycie tej rzeki. Koryto Ścinawki zbudowane jest z materiału znacznie łatwiej ulegającego rozmyciu, uruchamianego do transportu, a następnie akumulowanego w postaci odsypów koryto-wych.		
E	e	Odcinki koryta Ścinawki i Nysy Kłodzkiej występujące na całej długości biegu obu rzek i związane z fragmen-tami koryta znajdującymi się poza obszarem zabudowanym, pozbawione jakiegokolwiek zabudowy. Przewaga odcinków typu Ee w Ścinawce występuje ze względu na mniejszy stopień zagospodarowania koryta tej rzeki. W Nysie Kłodzkiej typ Ee występuje fragmentarycznie, jedynie na bardzo krótkich odcinkach koryta. Koryto tego typu charakteryzuje się znaczną ilością niewielkich nisz erozyjnych oraz odsypów korytowych. Formy te współwystępują na całej długości odcinka, a ich wymiary nie przekraczają 10 m długości.
	f	Krótkie odcinki koryt obu rzek, na których proces erozji bocznej jest częściowo zatrzymywany przez obec-ność zabudowy oporowej. W korycie występują jednak niewielkie formy erozyjne, najczęściej w peryferyj-nych odcinkach murów oporowych, na kontakcie z brzegiem naturalnym. W korytach typu Ef notuje się także skutki erozji bocznej w postaci podmywania zabudowy oporowej. W tych odcinkach koryt występują także niewielkie (maksymalnie do 10 m długości) formy akumulacyjne, zbudowane najczęściej z materiału wyerodowanego z brzegów koryta. Odcinki typu Ef przeważają w Nysie Kłodzkiej ze względu na większy od-setek brzegów zabudowanych umocnieniami podłużnymi.
	g	Krótkie odcinki koryta Ścinawki i Nysy Kłodzkiej w sąsiedztwie budowli poprzecznych (jazów, zapór, progów, mostów itd.). Charakterystyczne dla koryt typu Eg są zmiany morfologiczne wywołane obecnością budowli po-przecznych – dodatkowe strefy erozji i akumulacji powyżej i poniżej takich obiektów, podmywanie posadowie-nia konstrukcji na brzegach koryta. Są to odcinki krótkie ze względu na niewielki zasięg oddziaływania budowli poprzecznych w tych rzekach. Długość takich odcinków dochodzi maksymalnie do 1–2 km.
	h	Odcinki koryta obu rzek łączące scharakteryzowane powyżej typy Ef i Eg. Na odcinkach tych mamy do czy-nienia z oddziaływaniem procesów erozji i akumulacji oraz wpływem obecności zabudowy poprzecznej i podłużnej. Budowle poprzeczne wzmagają intensywność procesów w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów, natomiast umocnienia podłużne częściowo zatrzymują procesy erozji bocznej i przesuwają strefę jej od-działywania w peryferyjne fragmenty murów oporowych. Formy korytowe tworzące się na tych odcinkach są zazwyczaj dość liczne, jednak o niewielkich rozmiarach. Koryto typu Eh przeważa w Nysie Kłodzkiej ze względu na większy stopień zabudowy tej rzeki.

F	a	Fragmety koryta skalnego występują w badanych korytach jedynie na bardzo krótkich odcinkach środkowego biegu Nysy Kłodzkiej. Jest to typ koryta transportowego i charakteryzuje się bardzo niewielką ilością form korytowych.
	b	Obecność wychodni skalnych w dnie i miejscami na brzegu koryta sprawia, że efekty procesu erozji są tutaj praktycznie niewidoczne. Nawet obecność zabudowy poprzecznej (Fc) nie intensyfikuje żadnego procesu korytowego, jak to ma miejsce w blisko 90% przypadków obiektów obecnych w korytach aluwialnych.
	c	Odcinki koryta Ścinawki i Nysy Kłodzkiej odznaczające się przewagą transportu materiału dennego, występujące na całej długości badanych koryt, pozbawione ingerencji antropogenicznej. Typ Fe charakteryzuje brak lub bardzo niewielka ilość małych form korytowych. Ten typ przeważa w Ścinawce ze względu na mniejszy stopień zabudowy jej koryta.
	e	Typ Ff występuje w obu korytach, w przeważającej liczbie w korycie Nysy Kłodzkiej ze względu na znaczny stopień zabudowy konstrukcjami oporowymi. W przypadku odcinków tego typu w korycie nie obserwuje się intensyfikacji procesów erozji bocznej nawet w peryferyjnych odcinkach umocnień (co jest typowe dla badanych koryt) lub zjawisko to nie charakteryzuje się dużą wydajnością. Na niewielką skalę dochodzi do podmywania konstrukcji przeciwerozyjnych. Praktycznie nie notuje się form akumulacyjnych o długości powyżej 10 m.
	f	Odcinki koryta typu Fg zaobserwowano w obu rzekach, w większej liczbie w Nysie Kłodzkiej (więcej budowli poprzecznych). Odcinki tego typu wyróżnia brak lub jedynie niewielka intensyfikacja procesów korytowych w sąsiedztwie budowli poprzecznych. Ma to miejsce zwłaszcza w przypadku obiektów komunikacyjnych bez filarów w korycie oraz w przypadku niewielkich sztucznych progów.
	g	Typ koryta będący kombinacją typów Ff i Fg, w którym obserwować można niewielki wpływ zarówno budowli poprzecznych, jak i podłużnych na funkcjonowanie koryta. Typ ten przeważa w Nysie Kłodzkiej ze względu na intensywniejsze zagospodarowanie jej koryta. W przypadku odcinków Fh obserwować można niewielkie i rzadko występujące formy korytowe towarzyszące zabudowie antropogenicznej.
	h	

przepływu wody. Obecnie jest częściowo zamknięty za pomocą sprawnych mechanizmów zastawkowych. Jaz stały, kamienny, o wysokości piętrzenia około 2 m, z obniżonym przelewem dla koncentracji mniejszych przepływów, jest w dość dobrym stanie technicznym, ma stabilne, nierozmyte przyczółki oraz kamienną płytę wypadową. Kartowanie terenowe wykazało znaczne zamulenie zbiornika powyżej proggu jazu (strefa akumulacyjna wymuszona obecnością przeszkody w korycie). Poniżej obiektu zaznacza się podwójna strefa erozyjna – przegłębienie dna genezy eworsyjnej (poniżej głównego oraz drugiego – niższego proggu obiektu). Obecność obiektu poprzecznego wymusza w korycie tworzenie się dodatkowej strefy akumulacyjnej zlokalizowanej około 2–3 m poniżej proggu jazu. Jest ona wynikiem utraty prędkości przez płynącą w korycie wodę, a tym samym utraty zdolności transportowej cieku. Akumulowany materiał pochodzi z erodowanych w sąsiedztwie jazu brzegów rzeki.

Schemat typologii koryta Ścinawki w sąsiedztwie jazu w Gorzuchowie (ryc. 7) pokazuje, że w miejscu, gdzie zlokalizowany jest jaz, następuje zmiana typu koryta z erozyjno-akumulacyjnego na akumulacyjne. Proces erozji dennej obserwowany bezpośrednio poniżej jazu ma jedynie lokalne znaczenie. Natomiast akumulację materiału dennego można obserwować na znacznie dłuższym odcinku poniżej obiektu. Dlatego uznano, że akumulacja jest w tym przypadku procesem dominującym. Widać zatem, że obecność w korycie budowli piętrzącej powoduje intensyfikację procesu akumulacji poniżej jazu na skutek utraty

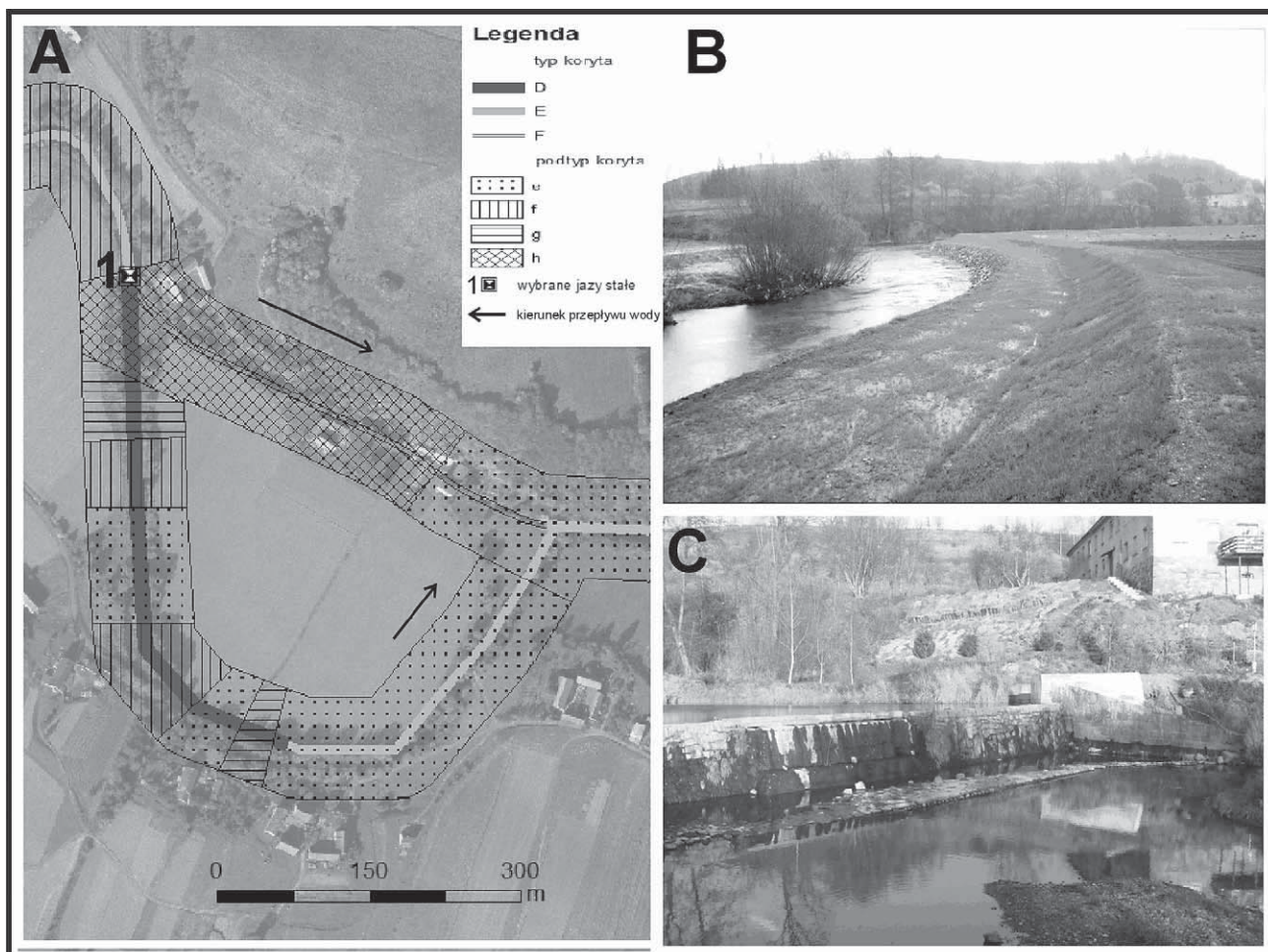
przez ciek zdolności transportowej. Po około 500 m koryto Ścinawki ponownie staje się korytem erozyjno-akumulacyjnym, tak jak powyżej jazu. Na tej podstawie można twierdzić, że w analizowanym przypadku budowla piętrząca wpływa na zmianę procesów fluwialnych w korycie. Akumulacja materiału dennego zaznacza się na długości nie przekraczającej 0,5 km, co pozwala stwierdzić, że oddziaływanie omawianego jazu jest jedynie lokalne.

W miejscu jazu zmianie ulega także podtyp koryta. Powyżej jazu występuje koryto aluwialne z wpływem budowli podłużnych (wały przeciwpowodziowe oraz umocnienie brzegów narzutem kamiennym), natomiast poniżej wyraźnie zaznacza się obecność budowli poprzecznej, zwłaszcza poprzez tworzenie się dodatkowych stref erozji i akumulacji (ryc. 7). Zmiany podtypu koryta na dalszych odcinkach rzeki wynikają z naprzemiennego występowania odcinków z zabudową oporową i tej zabudowy pozbawionych.

### Jaz stały w Piskowicach, rzeka Ścinawka

Jest to jaz stały wzniesiony poniżej ostrego prawostronnego zakola rzeki, piętrzący wodę na potrzeby małej elektrowni wodnej (MEW) i dawnego młyna. Obiekt ma charakterystyczną zakrzywioną koronę proggu piętrzącego, którego całkowita wysokość wynosi około 2,5 m. Część wody spiętrzonej jazem powinna być kierowana do kanału młynówki o długości około 250 m. Obecnie jaz ma praktycznie całkowicie zamulony zbiornik powyżej proggu, dlate-





**Ryc. 7.** Jaz stały na rzece Ścinawce w Gorzuchowie: A – rozkład typów i podtypów koryta w sąsiedztwie obiektu; B – uregulowane koryto powyżej obiektu; C – próg jazu  
**Fig. 7.** Stable weir on river Ścinawka in Gorzuchów: A – the distribution of types and subtypes of the channel in the vicinity of the object; B – regulated riverbed above the object, C – threshold of the weir

go przy niskich i średnich przepływach niemal cała woda kierowana jest do kanału młynówki. We właściwym korycie płynie jedynie woda przeciekająca przez nieszczelne zastawki na kanale oraz przez nieszczelny korpus jazu. Stan techniczny obiektu nie jest dobry. Korpus jazu ulega od lat rozmywaniu, a nadmierne przepływy w kanale młynówki prowadzą do jego przegłębienia i wzrostu zagrożenia powodziowego na skutek zbyt małej pojemności kanału dla większych przepływów. Oprócz obserwowanego zamulenia górnego stanowiska jazu, kartowanie terenowe wykazało istnienie niewielkiego przegłębienia dna o genezie eworsyjnej poniżej progu. Obecnie proces erozji dennej został praktycznie zatrzymany ze względu na brak regularnego przepływu w tej części koryta. Posadowienie jazu jest jednak systematycznie naruszane podczas przepływów wezbraniowych, gdy woda przelewa się przez koronę obiektu. Wynikiem tego jest intensyfikacja erozji bocznej w sąsiedztwie obiektu. Podobnie jak w przypadku większości jazów na analizowanym obszarze, obserwować tu można strefę akumulacji materiału dennego w odległości około 3–5 m od progu obiektu.

Schemat typologii koryta w sąsiedztwie jazu (ryc. 8) pokazuje, że w tym przypadku w miejscu zlokalizowania jazu stałego nie następuje zmiana typu koryta. Można przypuszczać, że duże znaczenie dla takiej sytuacji ma zły stan techniczny konstrukcji, zamulenie górnego stanowiska i odpływ wody sztucznym korytem. Proces akumulacji materiału dennego poniżej obiektu zachodzi podobnie jak w przypadku jazu w Gorzuchowie, jednak towarzyszy mu także erozja boczna intensyfikowana podczas wyższych stanów wody i przelewania się jej przez koronę jazu. Wynikiem tych zjawisk jest obecność w korycie zarówno form związanych z erozją boczną, jak i form akumulacyjnych, a efektem tego jest brak zmiany typu koryta – poniżej jazu działają te same procesy, co powyżej obiektu, bez wyraźnej intensyfikacji lub zaniku któregoś z nich. Nie oznacza to braku wpływu obiektu piętrzącego, a sugeruje rozważenie dodatkowych czynników, takich jak m.in. stan techniczny i funkcjonalność obiektu, które w znaczący sposób mogą zmienić charakter i intensywność procesów korytowych.

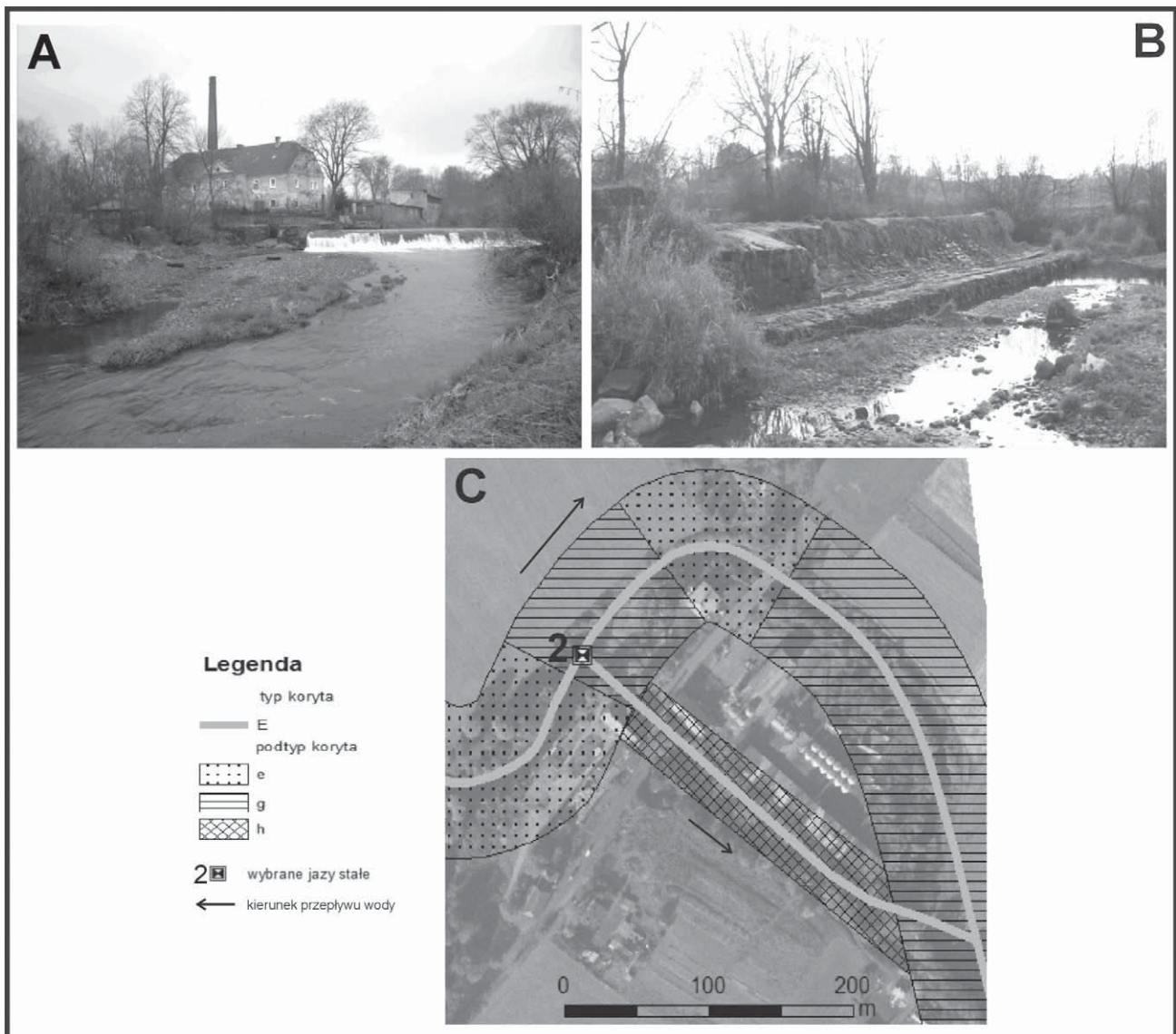
W sąsiedztwie jazu zmianie ulega podtyp koryta, zarówno w korycie głównym, jak i w sztucznym kana-

le. Mozaika podtypów koryta wynika przede wszystkim z zaznaczającego się w korycie wpływu budowli poprzecznych. W analizowanym fragmencie koryta dotyczy to jazu stałego oraz położonego około 200 m poniżej niego mostu drogowego. Poniżej progu jazu występuje podtyp koryta g – koryto aluwialne z wpływem budowli poprzecznej. Most również znacząco oddziałuje na morfologię koryta Ścinawki. Za obecnym w korycie filarem tworzy się kamienisto-żwirowy cień sedymentacyjny o długości ponad 20 m (także podtyp koryta „g”). Na prezentowanym fragmencie biegu Ścinawki główne koryto rzeki pozostaje niezabudowane konstrukcjami oporowymi, stąd w niektórych miejscach mamy do czynienia z podtypem koryta „e” (koryto aluwialne bez wpływu budowli). Szczególną uwagę należy zwrócić na sztuczny kanał, który zaklasyfikowano na całej długości jako podtyp „h” (koryto aluwialne, wpływ zarówno budowli po-

przeczej, jak i podłużnej). Kanał obudowany jest kamiennym murem oporowym (wpływ budowli podłużnej) i zachodzi w nim intensywna erozja dena na skutek kierowania do niego wody spiętrzonej przez próg jazu (wpływ budowli poprzecznej).

### Jaz stały w Bystrzycy Kłodzkiej, rzeka Nysa Kłodzka

Jaz zlokalizowany na Nysie Kłodzkiej poniżej miasta Bystrzyca Kłodzka piętrzy wodę na potrzeby funkcjonującej obecnie małej elektrowni wodnej (MEW). Próg jazu o wysokości piętrzenia około 2,5 m usytuowany jest ukośnie do osi nurtu rzeki. Prawy brzeg na przedłużeniu spływu wody jest zabezpieczony kamiennym murem oporowym. Skutkiem takiej lokalizacji jazu jest sukcesywne rozmywanie muru oporowego przez uderzającą w konstrukcję oporową



**Ryc. 8.** Jaz stały na rzece Ścinawce w Piszkwowicach: A – formy akumulacyjne poniżej obiektu; B – próg jazu; C – rozkład typów i podtypów koryta w sąsiedztwie obiektu

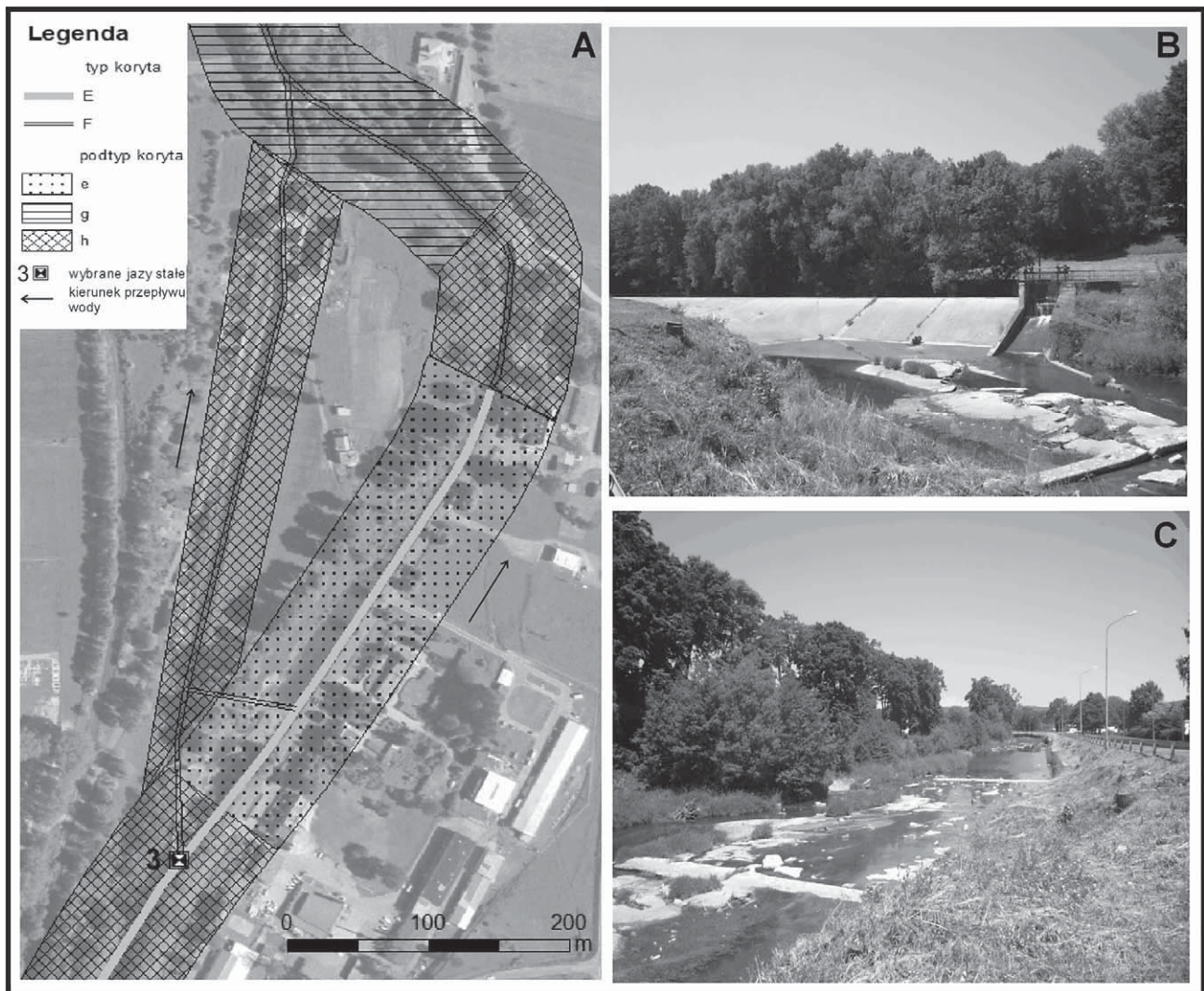
**Fig. 8.** Stable weir on river Ścinawka in Piszkwowice: A – accumulation forms below the object; B – threshold of the weir, C – distribution of types and subtypes of the channel in the vicinity of the object



wodę. Stan techniczny progę jest zadowalający, jednak jego niecka wypadowa jest systematycznie rozmywana, ponieważ nie naprawiono uszkodzeń, które wywołały poprzednie wezbrania. Zniszczone elementy są nadal w korycie i każdy kolejny, nawet niewielki wzrost poziomu wody pogarsza stan niecki, co może w przyszłości zagrozić konstrukcji jazu. Poniżej progę jazu intensywnie działa więc erozja boczna, można obserwować jej skutki na przykładzie rozmywanych murów oporowych. W sąsiedztwie samego progę występuje charakterystyczne dla wszystkich jazów przegłębienie dna. Podobnie jak w dwóch poprzednich przypadkach obserwować można akumulację materiału poniżej jazu na skutek utraty prędkości i zdolności transportowej ciekłu.

W miejscu lokalizacji jazu nie następuje zmiana typu koryta (ryc. 9). Zarówno powyżej, jak i poniżej progę mamy do czynienia z korytem o charakterze erozyjno-akumulacyjnym. Obiekt hydrotechniczny

nie wpływa zatem bezpośrednio na zmianę dominujących w korycie procesów. Można jednak zauważyć zmianę typu koryta około 200–250 m poniżej progę. W tym miejscu procesy erozji i akumulacji nie są już tak wyraźne – w korycie brak dostatecznej ilości odpowiednich form korytowych, aby móc wnioskować o dominacji któregoś z procesów rzeźbotwórczych. Koryto ma charakter zdecydowanie transportowy. Czy jest to wynikiem obecności powyżej dużej budowli piętrzącej? Na podstawie przeprowadzonych obserwacji nie można tego jednoznacznie stwierdzić. Można przypuszczać, że rzeka zakumulowała transportowany materiał na odcinku powyżej, a skoro na skutek obecności jazu zmniejszyła się prędkość przepływu, a co za tym idzie – także siła erozyjna, woda nie wykonuje pracy erozyjnej, do koryta nie jest dostarczany materiał, który można by zakumulować. Świadczyłoby to o pośrednim wpływie obiektu piętrzącego obecnego w korycie po-



**Ryc. 9.** Jaz stały na Nysie Kłodzkiej w Bystrzycy Kłodzkiej: A – rozkład typów i podtypów koryta w sąsiedztwie obiektu; B – próg jazu; C – koryto uregulowane poniżej obiektu z widocznymi formami akumulacyjnymi

**Fig. 9.** Stable weir on the river Nysa Kłodzka in Bystrzyca Kłodzka: A – distribution of types and subtypes of the channel in the vicinity of the object; B – threshold of the weir; C – regulated channel below the object with visible forms of accumulation



wyżej na charakter i intensywność procesów korytowych.

W analizowanym przypadku budowla piętrząca jest natomiast powodem zmiany podtypu koryta. Jej wpływ jest obserwowany zarówno w głównym korycie Nysy Kłodzkiej, jak i w sztucznym kanale. Ponieważ procesy związane z obecnością jazu stałego, przede wszystkim erozja dna poniżej progu, zachodzą jedynie na krótkim odcinku poniżej obiektu, typ koryta „h” (koryto aluwialne z wpływem budowli poprzecznych i podłużnych) obserwowany jest tylko w odległości około 60–70 m poniżej jazu (w tym fragmencie występują też mury oporowe). Poniżej podtyp koryta ulega zmianie na taki, na którym nie obserwuje się wpływu obiektów antropogenicznych (e). Podtyp koryta w przypadku sztucznego kanału określany jest jako ten z wpływem budowli poprzecznych i podłużnych – w kanale tym wpływ budowli poprzecznej przejawia się pogłębianiem dna na skutek przepływu znacznej ilości wody o dużej prędkości (wynik skrócenia koryta), kanał jest także w całości obudowany murem oporowym (budowla podłużna).

W przedstawionych powyżej przykładach omówiono trzy odmienne przypadki kształtowania się stref z dominacją oddziaływania danych procesów korytowych. W każdej sytuacji przeanalizowano związek układu poszczególnych stref w korycie z obecnością dużej budowli piętrzącej. W każdym wariancie w mniejszym lub większym stopniu ujawnia się znaczenie obiektu piętrzącego dla funkcjonowania koryta. W pierwszym wpływ konstrukcji jest wyraźny i skutkuje zmianą dominującego procesu w miejscu lokalizacji jazu (zmiana typu koryta). W drugim zły stan obiektu wyraźnie zmienia i zaburza charakter i intensywność procesów działających w korycie. Obserwować można jednak pewne zmiany morfologiczne, których wyrazem jest zmiana podtypu koryta. Przypadek trzeci wskazuje na konieczność szerszej analizy niektórych sytuacji, gdyż wpływ obiektu hydrotechnicznego może nie być dostrzegalny w bezpośrednim sąsiedztwie tego obiektu, a ujawnić się na odcinku poniżej.

## Wnioski i plan dalszych prac

Dotychczasowe wstępne prace nad analizą wpływu budowli hydrotechnicznych na funkcjonowanie koryt rzek ziemi kłodzkiej prowadzone były tradycyjnymi metodami analizy terenowej oraz kartograficznej. Obecna popularność metod analizy danych przestrzennych wpłynęła na chęć podjęcia próby wykorzystania tych technik do badania procesów fluwialnych zachodzących w korytach poddanych zmianom antropogenicznym. Wstępne prace nad połączeniem tradycyjnych metod z analizami numerycznymi pozwoliły stwierdzić, że techniki te umożliwiają pełniejszą i bardziej trafną interpretację rzeźby

terenu. Typowe modele hydrologiczne dostępne w oprogramowaniu GIS najczęściej rozumiane są jako pre-processing, obejmujący np.: przygotowanie map pokrycia terenu w oparciu o zdjęcia lotnicze czy satelitarne oraz przetworzenie numerycznego modelu terenu dla potrzeb modelowania hydrologicznego i hydraulicznego, wyznaczenie zlewni elementarnych, stworzenie wektorowej bazy danych obiektów itd. Wykorzystanie narzędzi GIS do analizy wpływu obiektów hydrotechnicznych wymaga stworzenia bardzo szczegółowej bazy danych przestrzennych, zarówno rastrowych, jak i wektorowych oraz jej weryfikacji. Dlatego też w tym opracowaniu techniki GIS posłużyły do prezentacji wycinka danych uzyskanych z kartowania terenowego.

Wnioski i spostrzeżenia z przeprowadzonego etapu prac:

- 1) Zaprezentowany materiał ma za zadanie ukazać zarys problemu oraz wstępne wyniki i plany wykorzystania technologii GIS w analizie wpływu obiektów zabudowy hydrotechnicznej na morfologię koryt rzecznych ziemi kłodzkiej.
- 2) Problemem w zastosowaniu na szeroką skalę technologii GIS w analizie zmian koryta jest czasochłonne przygotowanie danych rastrowych, na podstawie których wykonywane są analizy. Dane te powinny odznaczać się bardzo wysoką rozdzielczością przestrzenną. Zbyt mała rozdzielczość przestrzenna nie pozwala na wykonanie szczegółowej analizy koryt rzecznych w sąsiedztwie zabudowy hydrotechnicznej. Błędy popełnione w trakcie przygotowywania danych, skanowania i kalibracji map oraz wektoryzacji w momencie zastosowania technologii GPS potrafią uniemożliwić albo zdecydowanie utrudnić dalszą pracę.
- 3) Konieczne jest wykonanie szczegółowych pomiarów terenowych oraz wprowadzenie danych do systemu GIS, weryfikacja tak zdobytych danych w odniesieniu do posiadanych już danych rastrowych oraz wektorowych.
- 4) Powyższe opracowanie wykonywane było z wykorzystaniem danych dostępnych w Instytucie Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego oraz zakupionych w Wojewódzkim Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej we Wrocławiu. Numeryczny model terenu o rozdzielczości 50 m nie był wystarczający do uchwycenia oraz wykazania wszystkich zmian; najlepsze byłoby użycie danych pochodzących ze skaningu laserowego, ze względu na znacznie większą dokładność i możliwość rozpoznania nawet niewielkich form rzeźby.
- 5) Planowane jest wykorzystanie większej liczby dostępnych materiałów analogowych, w szczególności zdjęć lotniczych oraz dokumentacji prezentującej koryta rzeczne sprzed wykonania prac regulacyjnych.

- 6) W celu wykonania kompletnego opracowania zostaną przygotowane warstwy numeryczne (wektorowe i rastrowe) przedstawiające m.in. użytkowanie terenu, budowę geologiczną podłoża, rozmieszczenie obszarów erodowanych przez rzeki oraz stref akumulacji w korycie, które posłużą rozpoznaniu współzależności pomiędzy lokalizacją obiektów hydrotechnicznych i systemów regulacji koryt a naturalnymi uwarunkowaniami funkcjonowania rzek na obszarze badań.
- 7) Stworzona zostanie baza danych obejmująca informacje o większych wezbraniach analizowanych rzek, generujących powodzie. Na podstawie analizy warstw przedstawiających naturalne warunki terenu w sąsiedztwie obiektów hydrotechnicznych (zwłaszcza ukształtowanie terenu, spadki koryt i nachylenia powierzchni) i przy wykorzystaniu metodyki wyznaczania stref zagrożenia powodziowego, zostanie skonstruowana mapa obszarów szczególnie zagrożonych podtopieniami oraz szkic możliwości obejścia niektórych obiektów hydrotechnicznych przez wody powodziowe. Podjęta będzie również próba odpowiedzi na pytanie, czy lokalizacja obiektów hydrotechnicznych wpływa na zwiększenie zagrożenia powodziowego.
- 8) Dane dotyczące zagrożenia powodziowego w dolinach rzek ziemi kłodzkiej, uzyskane na podstawie połączonych metod terenowych i analiz numerycznych, będą mogły być podstawą do opracowania rekomendacji dotyczących stanu i sposobu funkcjonowania zabudowy hydrotechnicznej i systemów regulacji w korytach tych rzek, warunków zabudowy terenów zalewowych oraz wytypowania stref o szczególnym zagrożeniu dla życia i funkcjonowania człowieka i jego mienia.
- 9) Połączenie technik terenowych i numerycznych wydaje się wskazane ze względu na wzajemną weryfikację metod i możliwość uniknięcia dzięki temu błędów wynikających z niedoskonałości danych wejściowych dla analiz GIS i subiektywnej oceny sytuacji terenowej przez człowieka.

Część badań współfinansowania jest przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego oraz budżet Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego w ramach programu Przedsiębiorczy Doktorant.

## Literatura

- Bartkiewicz K., 1977. Dzieje ziemi kłodzkiej w wiekach średnich. Monografie Śląskie Ossolineum XXVIII.
- Chełmicki W., Krzemień K., 1999. Channel typology for the River Feshie in the Cairngorm Mts, Scotland. W: K. Krzemień (red.), River channel. Pat-

- tern, structure and dynamics. Prace Geogr. Inst. Geogr. UJ 104: 57–68.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2007. GIS. Obszary zastosowań. Wyd. PWN, Warszawa.
- Herzig A., Ruchniewicz M., 2006. Dzieje ziemi kłodzkiej. Oficyna Wydawnicza ATUT, Hamburg–Wrocław.
- Jerkiewicz A., 1983. Wybrane problemy ludnościowe i osadnicze w Sudetach. Acta Univ. Wratislaviensis, 506, Studia Geogr. 32: 11–21.
- Korpak J., 2007. Morfologiczna rola budowli regulacyjnych w górskich systemach fluwialnych. Praca doktorska. Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Kościelniak J., 2005. Skuteczność hydrotechnicznej regulacji koryta górskiej rzeki na przykładzie Białego Dunajca. W: A. Kotarba, K. Krzemień, J. Świąchowicz (red.), VII Zjazd Geomorfologów Polskich, Kraków 19–22.09.2005. Współczesna ewolucja rzeźby Polski, Kraków: 222–226.
- Krzemień K., 2003. The Czarny Dunajec River, Poland, as an example of human-induced development tendencies in a mountains River channel. Landform Analysis 4: 57–64.
- Latocha A., 2007. Przemiany środowiska przyrodniczego w Sudetach Wschodnich w warunkach antropopresji. Studia Geograficzne 80. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Latocha A., 2009. Wpływ działalności człowieka na procesy korytowe na przykładzie Nysy Kłodzkiej między Bystrzycą Kłodzką a Kłodzkiem. Przyroda Sudetów 12: 99–122. Muzeum Przyrodnicze w Jeleniej Górze.
- Staffa M., 1990. Przemiany krajobrazu górskiego na przykładzie Sudetów. Wierchy 55: 5–20.
- Staffa M. (red.), 1994. Słownik geografii turystycznej Sudetów. T. 15. Kotlina Kłodzka. Wydawnictwo I-BIS, Wrocław.
- Urbański J., 2008. GIS w badaniach przyrodniczych. Wyd. UG, Gdańsk.
- Witek M., 2007. Wpływ zabudowy hydrotechnicznej na procesy w korycie Bystrzycy Dusznickiej. Maszynopis pracy magisterskiej. Wrocław.
- Witek M., 2010. Funkcjonowanie górskich systemów fluwialnych w warunkach regulacji na przykładzie koryta Ścinawki pomiędzy Ścinawką Dolną a Kłodzkiem. Przyroda Sudetów 13: 275–292. Muzeum Przyrodnicze w Jeleniej Górze.
- Witek M., Latocha A., 2009. Zabudowa hydrotechniczna Bystrzycy Dusznickiej w warunkach zmian społeczno-gospodarczych w ciągu ostatnich 100 lat. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.), Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Szymbark: 154–171.
- Wyżga B., 1993. Funkcjonowanie systemu rzeczno-środkowej i dolnej Raby w ostatnich 200 latach. Dokumentacja Geograficzna 6: 1–92.

Wyżga B., 2005. Identyfikacja zagrożeń dla zrównoważonego stanu środowiska cieków górskich i proponowane działania zaradcze w świetle zasad dobrej praktyki. W: A. Kotarba, K. Krzemiń, J. Święchowicz (red.), VII Zjazd Geomorfologów Polskich, Kraków 19–22.09.2005. Współczesna ewolucja rzeźby Polski, Kraków: 525–530.

Żurawek R., 1999. Zmiany erozyjne w dolinach rzek Sudetów Kłodzkich wywołane powodzią w lipcu 1997 oraz lipcu 1998 r. *Prob. Zagosp. Ziem Górskich* 45: 43–61.