

Załącznik 2

Autoreferat

dr Joanna Zawiejska

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko **Joanna Elżbieta Zawiejska**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

magister geografii fizycznej, Kraków, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii, 1999

licencjat filologii angielskiej, Kraków, Uniwersytet Jagielloński, Nauczycielskie Kolegium Języków Obcych, 2001

doktor Nauk o Ziemi, Kraków, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, rozprawa doktorska pt. *Struktura i dynamika koryta Dunajca* (2006)
promotor: prof. dr hab. Kazimierz Krzemień

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Zatrudnienie

Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
Instytut Geografii
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków

Przebieg zatrudnienia

- Od 2006-** Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
(do 2008 Akademia Pedagogiczna)
Instytut Geografii
adiunkt w Zakładzie Geografii Fizycznej
- 2010-2011** Univerzita v Ljubjani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo
postdoctoral/ visiting researcher
stipendysta Slovene Human Resources Development and Scholarship Fund
- 2005-2006** Akademia Pedagogiczna
im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
Instytut Geografii
asystent w Zakładzie Geografii Fizycznej
- inne:
- 2001-2005** Zespół Szkół Ogólnokształcących i Przemysłu Skórzanego
im. Jana Kilińskiego w Krakowie
nauczyciel geografii i języka angielskiego

Osiągnięcia przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

W roku 1994 ukończyłam naukę w IV Liceum Ogólnokształcącym w Łodzi i w tym samym roku rozpoczęłam studia w Uniwersytecie Łódzkim na kierunku *geografia*. Od początku 1995 r. studia te kontynuowałam w Instytucie Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, otrzymując na V roku studiów (1998/1999) stypendium Ministra Edukacji Narodowej. Pracę magisterską pt. *Współczesna dynamika stoków Kotła Jarząbczego w Tatrach Zachodnich*, napisaną pod kierunkiem prof. dr hab. Kazimierza Krzemienia, obroniłam w 1999 r z oceną bardzo dobrą. W czasie studiów podjęłam także studia w Nauczycielskim Kolegium Języków Obcych Uniwersytetu Jagiellońskiego na kierunku *filologia angielska*, które ukończyłam z wynikiem bardzo dobrym w 2001 r., uzyskując jednocześnie uprawnienia do nauczania języka angielskiego.

W latach 1999-2004 odbyłam studia doktoranckie w Instytucie Geografii, w trakcie których prowadziłam zajęcia dydaktyczne m.in. z zakresu geomorfologii oraz badania służące realizacji pracy doktorskiej pod kierunkiem prof. dr hab. Kazimierza Krzemienia. Tematyka mojej pracy doktorskiej była związana z badaniami krakowskiej szkoły geomorfologii fluwialnej w Uniwersytecie Jagiellońskim i dotyczyła współczesnego zróżnicowania koryta Dunajca i jego wykształcenia pod wpływem procesów naturalnych i antropogenicznych. Badania przeprowadzone w oparciu o metodę wypracowaną w ośrodku krakowskim (z modyfikacjami) pozwoliły na wskazanie prawidłowości współczesnego wykształcenia głównych odcinków koryta Dunajca w kontekście ingerencji człowieka. W pracy tej wykazałam istotne (w stosunku do pierwszej połowy XX wieku) uproszczenie struktury i podjęłam próbę określenia funkcji morfodynamicznych koryta Dunajca w profilu podłużnym. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w formie rozprawy doktorskiej pt. *Struktura i dynamika koryta Dunajca*, która została bardzo dobrze oceniona przez recenzentów i wyróżniona podczas publicznej obrony w czerwcu 2006 roku. Wyniki badań podjętych w ramach realizacji pracy doktorskiej zaprezentowałam m.in na kilku konferencjach międzynarodowych (załącznik 3) w tym także w czasie *30th International Geographical Congress/Joint International Geomorphological Conference* w Glasgow, na udział w którym otrzymałam stypendium *Travel grant* Międzynarodowej Unii Geograficznej. W trakcie studiów doktoranckich odbyłam również dwa krótkoterminowe staże naukowe połączone z kwerendą biblioteczną w uniwersytetach w Getyndze i w Kolonii (załącznik 3). Jednocześnie, podjęta w tym okresie praca nauczyciela geografii i języka angielskiego (na poziomie szkoły średniej) stanowiła swoisty staż dydaktyczny. Zdobyte wówczas doświadczenie okazało się niezwykle cenne nie tylko w czasie późniejszej pracy nauczyciela akademickiego w Uniwersytecie Pedagogicznym, ale również w badaniach naukowych (np. załącznik 3: IIA-2)

W trakcie studiów doktoranckich nawiązałam współpracę naukową z Instytutem Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, rozpoczynając w 2001 r. wraz z dr B. Wyżgą nowatorskie badania depozycji grubego rumoszu drzewnego w rzekach górskich, których wyniki zostały opublikowane w wiodącym czasopiśmie *Earth Surface Processes & Landforms* (załącznik 3: IIA-14). Ten nurt badań kontynuowany jest przeze mnie do dziś, a zainicjowane wówczas badania zaowocowały zaproszeniem mnie do współpracy w ramach międzynarodowego projektu *Perception of wood in streams and rivers* kierowanego przez dr H. Piégay (CNRS, Lyon) i prof. K.J. Gregory'ego (University of Southampton) oraz udziałem w prestiżowych warsztatach European Science Foundation Exploratory Workshop "Large wood in European rivers: dynamics, human perception, challenge for restoration and application to other areas". Wyniki badań

prorowadzonych w międzynarodowym zespole badawczym zostały opublikowane w 2005 r. w *Environmental Management* (zał.3: AII-13). Szczegółowo zakres tych prac został omówiony w dalszej części autoreferatu.

Doświadczenie zdobyte w trakcie badań podjętych w ramach pracy doktorskiej i rozpoczęta w 2001 r. współpraca z Instytutem Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk pozwoliły mi na udział (2005-2008) w projekcie badawczym MNiSW *Transformacja rzeki górskiej w XX wieku pod wpływem antropopresji i możliwości jej rewitalizacji na przykładzie Czarnego Dunajca*, kierowanym przez dr B. Wyżgę. Projekt ten stał się inspiracją dla moich badań na temat *Współczesnych przemian koryt rzek karpaccich i możliwości ich rewitalizacji*, które prowadziłam w ramach tego i kolejnych projektów badawczych.

Osiągnięcia po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Tematyka badawcza, którą podjęłam po uzyskaniu stopnia doktora, mieści się w obrębie stosunkowo nowej i wciąż rozwijającej się interdyscyplinarnej dziedziny nauk przyrodniczych, obecnie definiowanej jako ekogeomorfologia lub ekohydromorfologia (Vaughan et al. 2009). Bada ona geomorfologiczne i hydrologiczne aspekty funkcjonowania systemów rzecznych i ich interakcje z biocenozami rzeczными i procesami ekologicznymi, mając jednocześnie ogromny potencjał praktycznego zastosowania w nowoczesnym, zrównoważonym zarządzaniu rzekami. W związku z tym również moja działalność naukowa ma charakter interdyscyplinarny i obejmuje różnorodne tematy mieszczące się w zakresie geomorfologii fluwialnej i ekohydromorfologii. Moje badania dotyczą:

- (i) współczesnych przemian rzek górskich pod wpływem procesów naturalnych i antropogenicznych
- (ii) hydromorfologicznej jakości rzek będącej ich efektem
- (iii) wpływu hydromorfologicznych zmian rzek na biocenozę rzeczne,
- (iv) roli grubego rumoszu drzewnego w funkcjonowaniu cieków górskich oraz jego postrzegania jako czynnika warunkującego ich wykorzystanie w rewitalizacji cieków
- (v) możliwości rewitalizacji dynamicznych cieków górskich.

Celem tych badań, cechujących się nowatorskim, całościowym podejściem, jest wskazanie różnych aspektów przemian koryt rzek górskich i możliwości przywrócenia ich względnie naturalnego funkcjonowania w obecnych warunkach środowiskowych i przy współczesnym zagospodarowaniu den dolin rzecznych.

Zdecydowana większość mojego dorobku naukowego związana jest z uczestnictwem w krajowych i międzynarodowych projektach badawczych realizowanych w interdyscyplinarnych zespołach badających zarówno geomorfologiczne, jak i ekologiczne aspekty funkcjonowania rzek. Zastosowanie takiego całościowego podejścia badawczego, zwłaszcza w kontekście zastosowania wyników badań dla celów rewitalizacji rzek, spowodowało rozszerzenie moich zainteresowań badawczych i wymagało dodatkowej wiedzy i doświadczenia, które sukcesywnie zdobywałam, biorąc udział w szkoleniach, krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych oraz konsultacjach ze specjalistami z zakresu hydrobiologii i geomorfologii fluwialnej i rewitalizacji rzek, a także w trakcie wizyt studyjnych m.in. w Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych (zał. 3). Jednym z efektów tak zdobytego doświadczenia było współtworzenie koncepcji i organizacja pierwszej w Polsce międzynarodowej, interdyscyplinarnej konferencji dotyczącej

rewitalizacji i utrzymania rzek, która odbyła się we wrześniu 2016 roku w Krakowie i w której pełniłam funkcję jednego z głównych organizatorów i sekretarza naukowego (załącznik 3)

Mój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje **łącznie 38 recenzowanych publikacji**, z czego **17** stanowią prace opublikowane w wysokopunktowanych czasopismach odnotowanych w bazie JCR, a **7 należy do cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe**. Wyniki badań, których jestem autorem lub współautorem były także prezentowane w formie prezentacji ustnych lub posterowych (**łącznie 121**) na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Szczegółowe dane bibliometryczne zamieszczono w załączniku 3.

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Współczesne przemiany koryt rzek karpaccich i możliwości ich rewitalizacji

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (w kolejności opublikowania):

1. Zawiejska J., Wyżga B. 2010. **Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: patterns, causes and controls**. *Geomorphology*, 117: 234-246
2. Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Radecki-Pawlik A., Amirowicz A. 2010. **A method for the assessment of hydromorphological river quality and its application to the Czarny Dunajec**, Polish Carpathians. W: A. Radecki-Pawlik, J. Hernik (red.), *Cultural Landscapes of River Valleys*, Agricultural University in Kraków, Kraków, s. 145-164
3. Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Radecki-Pawlik A., Hajdukiewicz H. 2012. **Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian rivers**. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37: 1213-1226
4. Wyżga B., ZAWIEJSKA J., 2013. **Hydromorphological quality as a key element of the ecological status of Polish Carpathian rivers**. *GeoReview* 21,1:5 6-67
5. Zawiejska J., Wyżga B., Radecki-Pawlik A. 2015. **Variation in surface bed material along a mountain river modified by gravel extraction and channelization, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians**. *Geomorphology*, 231: 353-366
6. Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Radecki-Pawlik A. 2016. **Impact of channel incision on the hydraulics of flood flows: Examples from Polish Carpathian rivers**. *Geomorphology* 272: 10-20
7. Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Hajdukiewicz, H. 2016. **Multi-thread rivers in the Polish Carpathians: occurrence, decline and possibilities of restoration**. *Quaternary International* 415: 344-356

Udział naukowy współautorów w pracach składających się na osiągnięcie naukowe został opisany w załączonych oświadczeniach (załącznik 7).

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Poniżej przedstawiono opis celu naukowego i głównych osiągnięć każdej z prac włączonych do tzw. osiągnięcia naukowego.

Uzasadnienie podjęcia problematyki badawczej

Wprowadzenie

W XX wieku znaczna presja człowieka na rzeki w gęsto zaludnionych obszarach górskich spowodowała szereg niekorzystnych zmian morfologii koryt i stanu ekosystemów rzecznych. Degradacja fizycznej struktury koryt związana z pracami regulacyjnymi, regulacją przepływu i przzerwaniem ciągłości cieków i transportu rumowiska w wyniku konstrukcji zbiorników zaporowych spowodowała znaczące pogorszenie jakości ekosystemów rzecznych i nadrzecznych. Dostrzeżenie pogarszania się stanu ekologicznego rzek w skali globalnej było impulsem do podjęcia wysiłków w celu poprawy stanu przekształconych cieków. Jednakże do niedawna rola struktury fizycznej rzek w kształtowaniu stanu biocenoz rzecznych była niedoceniana lub pomijana, a za główną przyczynę pogorszenia jakości ekologicznej rzek uznawano złą jakość wody. Również w ocenie stanu wód (Ramowa Dyrektywa Wodna UE) cechy hydromorfologiczne (morfologia i reżim rzek) stanowią element wspierający, podrzędny wobec cech biologicznych. Poprawa stanu ekologicznego rzek, stanowiąca jeden z celów środowiskowych RDW, wymaga jednak radykalnej poprawy stanu fizycznych cech siedlisk, a zatem wiąże się z dążeniem do odtworzenia naturalnego lub zbliżonego do naturalnego stanu morfologii rzek i naturalnego, niezaburzonego funkcjonowania procesów fluwialnych. Znajduje to odzwierciedlenie w nowoczesnym podejściu do rewitalizacji rzek rozumianej jako *skuteczne przywrócenie naturalnego funkcjonowania procesów fizycznych i biologicznych z zachowaniem geomorfologicznej równowagi dynamicznej* (Lemons, Victor 2008). W świetle zaistniałych w XX wieku przemian koryt rzek (zmian ich struktury i tendencji morfodynamicznych), istotnym etapem w dążeniu do poprawy stanu ekologicznego jest rozpoznanie prawidłowości, przebiegu i skutków tych zmian, których efektem jest współczesny stan rzek (zarówno cechy morfologiczne, jak i dynamika). Dopiero poznanie tych prawidłowości, przy uwzględnieniu ewentualnych zmian środowiska wynikających z działania procesów naturalnych, pozwala na ustalenie cech morfologicznych rzek, które w obecnych warunkach można uznać za charakterystyczne dla rzek znajdujących się w równowadze dynamicznej. Właściwe ustalenie stanu referencyjnego (reprezentującego warunki naturalne) jest kluczowe ponieważ stanowi odniesienie dla obiektywnej oceny tzw. jakości hydromorfologicznej rzeki, która jest z kolei podstawą podejmowania celowych działań rewitalizacyjnych.

W niniejszej pracy przyjęto nowatorskie, całościowe ekohydromorfologiczne podejście badawcze uwzględniające obecność elementów biotycznych i ich interakcji z procesami fizycznymi w rzekach jako integralny element zrównoważonego funkcjonowania cieków. Podejście to jest spójne z nowoczesnym rozumieniem dynamiki procesów fluwialnych w rzekach górskich.

Przemiany koryt rzek karpackich i ich stan hydromorfologiczny

W XIX wieku wielonurtowy układ koryta cechował przeważającą część górskich i przedgórskich rzek Europy, w tym także w Karpatach i na ich przedpolu (Gurnell i in., 2009). W XX wieku nastąpił tam niemal całkowity zanik występowania takiej morfologii rzek, a zdecydowana część koryt roztokowych uległa przekształceniu w koryta jednonurtowe. Zanik występowania koryt roztokowych w karpackich dopływach Wisły był połączony ze zmniejszeniem szerokości koryt i znacznym wcięciem się rzek przekraczającym w ich dolnych biegach 3.5 m (Wyżga, 2001). Jednakże zmiany te w poszczególnych odcinkach rzek miały miejsce w różnym czasie i spowodowane były zarówno czynnikami naturalnymi, jak i antropogenicznymi, których oddziaływanie było z kolei zróżnicowane w czasie i odbywało się z różnym natężeniem. Niewątpliwie współczesny stan rzek karpackich jest przede wszystkim efektem nasilonej antropopresji, powiązanej z systematyczną regulacją rzek w XX wieku i powszechną eksploatacją rumowiska korytowego, które początkowo odbywały się w warunkach znacznego wylesienia zlewni i dużej częstości występowania ekstremalnych zjawisk hydrologicznych generujących dużą dostawę rumowiska do koryt. Znaczne zmiany użytkowania ziemi w Karpatach, szczególnie ponowny wzrost lesistości zlewni i uwarunkowane ekonomicznie ograniczenie uprawy ziemi, musiały znacząco wpłynąć na dynamikę procesów fluwialnych i zmiany tendencji morfodynamicznych koryt. Jednakże o ile przejawy i – zazwyczaj negatywne – skutki bezpośredniego wpływu człowieka na koryta rzeczne w Karpatach są stosunkowo dobrze rozpoznane, to zaznaczające się w ostatnich dekadach stopniowe ograniczenie antropopresji w zlewniach górskich i jego wpływ na przebieg procesów fluwialnych były dotychczas mało zauważane.

Rewitalizacja rzek - odtworzenie ich naturalnej morfologii z geomorfologicznego punktu widzenia nierozzerwalnie wiąże się z przywróceniem warunków niezaburzonego funkcjonowania procesów fluwialnych kształtujących koryta rzeczne i wobec tego wymaga pełnego rozpoznania zarówno współczesnej struktury i morfodynamiki koryt, jak i zespołu procesów i warunków, który je ukształtował. Najlepszy stan rzeki możliwy do osiągnięcia w wyniku rewitalizacji określany jest jako warunki referencyjne (Karr, 1981). Wskazanie takich warunków i określenie w odniesieniu do nich współczesnego stanu koryt rzecznych (ocena ich jakości hydromorfologicznej) są niezbędne dla jakichkolwiek działań rewitalizacyjnych. Podstawą dla wskazania warunków referencyjnych i sposobu ich definiowania dla potrzeb oceny stanu i rewitalizacji rzek karpackich jest określenie prawidłowości przemian zaistniałych w tych rzekach w ubiegłym stuleciu w kontekście zmieniających się warunków środowiskowych i zróżnicowanej antropopresji. Analiza taka pozwala z kolei na określenie zarówno trwałych, jak i odwracalnych skutków tych przemian, a zarazem planowania opartych na wiedzy działań rewitalizacyjnych.

W świetle niemal całkowitego zaniku występowania wielonurtowej morfologii rzek polskich Karpat w stosunkowo krótkim czasie, zasadne jest również pytanie czy wcześniejsze szerokie rozprzestrzenienie wielonurtowej morfologii rzek było stanem typowym, czy wyjątkiem w ewolucji rzeźby tego obszaru. Kwestia ta wydaje się szczególnie istotna dla określenia warunków referencyjnych i rozpatrywania możliwości odtworzenia naturalnego funkcjonowania rzek oraz poprawy ich stanu ekologicznego, stanowiących jeden z celów środowiskowych Ramowej Dyrektywy Wodnej.

Zatem **celem** badań podjętych w ramach tematu *Współczesne przemiany koryt rzek karpackich i możliwości ich rewitalizacji* było:

- wskazanie prawidłowości przemian koryt rzek karpackich w okresie nasilonej antropopresji (przede wszystkim w XX wieku) i ich przyczyn,
- wskazanie wybranych hydraulicznych i sedimentologicznych skutków tych przemian,
- opracowanie metody oceny jakości hydromorfologicznej rzek górskich i określenie ich współczesnego stanu na przykładzie Czarnego Dunajca - rzeki reprezentującej spektrum przemian typowych dla rzek karpackich,
- określenie sposobu definiowania warunków referencyjnych dla rewitalizacji rzek karpackich w kontekście zmian środowiskowych zaistniałych w ich zlewniach w XX wieku,
- określenie możliwości rewitalizacji/odtworzenia warunków naturalnego kształtowania morfologii koryt rzek karpackich w odniesieniu do stopnia ich przekształcenia i zmian środowiskowych.

Badania zostały przeprowadzone w ramach trzech projektów badawczych MNISW i NCN realizowanych w latach 2005-2008, 2010-2013 i od 2014 r, w których brałam udział jako wykonawca lub główny wykonawca (zał. 3: I-1, I-2, I-3).

STRESZCZENIE PUBLIKACJI

I. Prawidłowości przemian koryt rzek karpackich w okresie nasilonej antropopresji i ich przyczyny

[4.1] Zawiejska J., Wyźga B. 2010. **Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: patterns, causes and controls**. *Geomorphology*, 117: 234-246

W XX wieku rzeki polskich Karpat i wielu innych obszarów górskich w Europie podlegały silnej presji człowieka, przejawiającej się w sposób bezpośredni (regulacje koryt, eksploatacja rumowiska, budowa zbiorników zaporowych), jak i pośrednio wpływających na przebieg procesów fluwialnych (np. zmiany użytkowania ziemi). Jednocześnie, powszechnie obserwowano tendencję do zwężania i pogłębiania koryt, wynikającą z zaburzenia równowagi między dostępnością rumowiska dennego i rosnącą zdolnością transportową rzek. O ile niekorzystne skutki utraty pionowej stabilności koryt są w literaturze stosunkowo dobrze udokumentowane, to przyczyny, przebieg i uwarunkowania wcinania się rzek w poszczególnych odcinkach rozpoznane są stosunkowo słabo. Rozpoznanie tych prawidłowości w kontekście naturalnych zmian środowiska i zróżnicowanej w przestrzeni i czasie presji człowieka, oraz poznanie zależności między odcinkami koryta cechującymi się odmienną dynamiką jest kluczowe dla ustalenia skutecznych i właściwych dla warunków lokalnych sposobów przywrócenia równowagi dynamicznej i rewitalizacji koryt rzek karpackich.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę i przestrzenne zróżnicowania takich przemian w XX wieku na przykładzie koryta Dunajca, drugiej co do wielkości rzeki polskich Karpat. Celem pracy było:

- określenie czasu, uwarunkowań i przyczyn zmian koryta Dunajca w profilu podłużnym w XX wieku,
- ustalenie tendencji pionowego położenia koryta w poszczególnych odcinkach i ich zależności od tendencji obserwowanych w sąsiednich odcinkach,
- określenie możliwości stabilizacji lub odtworzenia wcześniejszego położenia dna koryta w odcinkach położonych poniżej odcinków podlegających wcinaniu i dostarczającym znacznych ilości materiału dennego.

W oparciu o analizy materiałów kartograficznych i zdjęć lotniczych w sześciu przekrojach czasowych z okresu 1870-2002 oraz danych hydrologicznych z 10 przekrojów wodowskazowych wzdłuż całego biegu rzeki przeprowadzono rekonstrukcję i szczegółową analizę przebiegu zmian pionowego położenia koryta, jego kształtu oraz układu w planie w ciągu ostatnich 130 lat. Dla górnego biegu rzeki (Czarny Dunajec) przeprowadzono także analizy zmian koryta oraz ewolucji równi zalewowej w oparciu o wiercenia świdrem glebowym w datowanych kartograficznie paleokorytach. Stwierdzone w ten sposób prawidłowości zmian koryta w badanym okresie skonfrontowano z danymi dotyczącymi zmian użytkowania zlewni oraz bezpośredniej ingerencji człowieka w korycie rzeki, tj. wykonanych prac regulacyjnych oraz eksploatacji materiału korytowego. Obecność wychodni skał podłoża i obecnie funkcjonujących budowli hydrotechnicznych rejestrowano w czasie prac terenowych.

Pomimo ogólnej tendencji do wcinania trwającej przez cały badany okres, wykazano znaczące różnice w czasie i przebiegu zmian koryta Dunajca w poszczególnych odcinkach w zależności od natężenia działalności człowieka oraz od lokalnych uwarunkowań geologicznych i geomorfologicznych. W XX wieku koryto Dunajca uległo znacznemu zwężeniu połączoneму ze skróceniem rzeki w jej dolnym biegu, a w biegu środkowym i górnym – zastępowaniem wielonurtowego koryta korytem jednonurtowym. Przemianom tym towarzyszyło szybkie wcinanie się rzeki sięgające w jej górnym i dolnym biegu 3,5 m. Zasadniczą przyczyną przemian koryta Dunajca w XX wieku była jego regulacja, na co wskazuje coraz późniejsze wystąpienie głównej fazy erozji wgłębnej w wyżej położonych odcinkach rzeki wraz z prowadzeniem w nich prac regulacyjnych. Szczególnie dotyczy to dolnego biegu rzeki, gdzie znaczna część nominalnej wielkości wcięcia dokonała się przed oddaniem do eksploatacji zbiornika zaporowego w Rożnowie (a nie jak dotychczas przyjmowano – w jej wyniku). Skutkiem prac regulacyjnych było zwiększenie zdolności transportowej rzeki, co przy równoczesnym ograniczeniu dostawy rumowiska ze zlewni (wynikającym głównie ze zmian użytkowania) i masowej eksploatacji żwirów z koryta spowodowało utratę pionowej stabilności koryta. Wsteczne przemieszczanie się impulsu do erozji wgłębnej (ang. *upstream progressing degradation*) z niżej położonych odcinków rzeki zostało zahamowane wskutek przegrodzenia rzeki zbiornikiem zaporowym w Rożnowie oraz odsłonięcia skalnego podłoża w dnie koryta. Jednocześnie, wraz z postępem prac regulacyjnych w górę biegu rzeki i przekształceniem (zwężeniem i wcięciem) coraz większej części biegu rzeki, postępującemu ograniczeniu ulegała możliwość zatrzymywania materiału dennego wynoszonego z wyżej położonych odcinków i ponownej stabilizacji pionowego położenia dna koryta w odcinkach niżej położonych. Charakterystyczna dla tych zwężonych odcinków znaczna zdolność transportowa rzeki wymuszała efektywny transport materiału w dół biegu rzeki (do zbiorników zaporowych lub bezpośrednio do Wisły).

Obok obecności budowli hydrotechnicznych, ograniczających wpływ zmian zachodzących w poszczególnych odcinkach na dynamikę zmian odcinków sąsiednich, istotny wpływ na przebieg i zasięg pionowych zmian koryta miały lokalne warunki geologiczne i geomorfologiczne. W odcinkach przelomowych w środkowym biegu rzeki czynnikiem decydującym o względnie niewielkim wcięciu była mała miąższość aluwii i obecność odpornego podłoża uniemożliwiająca wzrost pojemności koryta poprzez zwiększenie głębokości; w rezultacie odcinki te zostały w nieznacznym stopniu zwężone, a ich pogłębienie było niewielkie. Natomiast w szerszych odcinkach w obrębie kotlin i w dolnym biegu rzeki duża miąższość aluwii i obecność nieskonsolidowanych utworów w podłożu oraz znaczny wzrost zdolności transportowej rzeki wskutek regulacji koryta warunkowały znaczne rozmiary wcięcia sięgające w badanym okresie 2-3,5 m. Naprzemianległe występowanie odcinków szerokich i wąskich odcinków przelomowych ograniczało propagację impulsu erozji w górę biegu rzeki i powodowało niezależny postęp erozji wstępnej w obrębie szerokich odcinków w kotlinach.

Pomimo, że w górnym biegu rzeki (Czarny Dunajec) zasadnicze zmiany koryta miały miejsce dopiero w drugiej połowie XX wieku, były one radykalne i doprowadziły do wyraźnego zróżnicowania morfologii koryta. Impulsem do pogłębienia koryta była jego regulacja i eksploatacja materiału korytowego, ale tempo pogłębienia w górnym biegu rzeki było zdecydowanie szybsze, a wielkość wcięcia (0.7-3.5 m) była uzależniona przede wszystkim od litologii podłoża w poszczególnych odcinkach. Pionową stabilnością cechują się tu dwa odcinki koryta – odcinek uregulowany z szeregiem stopni betonowych i szeroki odcinek nieuregulowany, cechujący się niską jednostkową mocą strumienia. Jednocześnie, tak znaczna wielkość wcięcia koryta w górnym biegu rzeki jest zjawiskiem dotychczas pomijanym – wcześniejsze badania, oparte w większości na danych z posterunków wodowskazowych, wskazywały jedynie na generalny postępujący wzrost wielkości wcięcia rzek karpacczych z biegiem rzek (Wyźga, 2001). Skutki tak znacznego wcięcia rzeki w jej górnym biegu zostały przedstawione w pracach [4.2] i [4.3].

W wyniku długotrwałej ingerencji człowieka i wskutek wywołanego nią nasilenia naturalnych procesów erozyjnych, koryto Dunajca jest obecnie w większości uregulowane i wcięte, a w obecnych warunkach ograniczonej dostawy rumowiska ze zlewni zmiany te można uznać za trwałe. W związku z przerwaniami podłużnej ciągłości rzeki przez dwa zespoły zbiorników zaporowych i uniemożliwieniem stałej dostawy rumowiska z górnych odcinków rzeki oraz zmniejszeniem jego dostawy ze zlewni wywołanym zaistniałymi w ostatnich kilkudziesięciu latach zmianami użytkowania, samoistne odwrócenie niekorzystnych tendencji morfodynamicznych przy zachowaniu dotychczasowego sposobu utrzymania koryta jest mało prawdopodobne. Odtworzenie warunków równowagi dynamicznej w rzece byłoby możliwe poprzez usunięcie zabezpieczeń brzegów celem uruchomienia dostawy gruboziarnistego materiału budującego równie zalewowe i stworzenie warunków swobodnego kształtowania koryta w obrębie tzw. *korytarza swobodnej migracji* (por. Bojarski et al., 2005; Piégay et al., 2005) w tych odcinkach, gdzie nie stwarza to zagrożenia dla infrastruktury w obrębie dna doliny. Skuteczność takiego rozwiązania wydaje się potwierdzać funkcjonowanie wielonurtowego, nieuregulowanego odcinka w górnym biegu rzeki, który nie uległ destabilizacji w drugiej połowie XX wieku pomimo zmniejszenia dostawy rumowiska ze zlewni i nadal pozostaje w równowadze dynamicznej.

Za najważniejsze wyniki opisanych powyżej badań uważam:

- wskazanie prawidłowości i przyczyn przemian koryta Dunajca w XX wieku

- wskazanie na bardziej złożony przebieg wcinania się Dunajca w XX wieku niż opisywany dotychczas w literaturze generalny trend wzrostu wielkości wcięcia z biegiem rzek karpaccich
- wskazanie na powiązanie trendów rozwojowych koryta z jednostkową mocą strumienia przepływów wezbraniowych w danym odcinku jako podstawę prognozowania możliwej trajektorii rozwoju koryta

II. Wybrane hydrauliczne skutki przemian koryt rzek karpaccich

[4.2] Zawiejska J., Wyżga B., Radecki-Pawlik A., 2015. **Variation in surface bed material along a mountain river modified by gravel extraction and channelization, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians.** *Geomorphology*, 231: 353-366

Szczegółowo udokumentowane w pracy [4.1] współczesne przemiany koryta rzeki górskiej na przykładzie koryta Dunajca są zbliżone do opisywanych z wielu innych regionów Europy (np. Bravard et al., 1999), gdzie podobnie, jak w Karpatach rzeki górskie podlegały gwałtownemu wcinaniu wywołanemu najczęściej oddziaływaniem czynników antropogenicznych.

Dotychczas rozpoznano szereg niekorzystnych efektów utraty pionowej stabilności koryt zarówno w skali lokalnej (destabilizacja budowli hydrotechnicznych, obniżenie stanów wód poniżej systemu korzeniowego roślinności nadbrzeżnej prowadzące do wzmożonej erozji brzegów), jak i w skali regionalnej (przerwanie łączności między korytem a obszarem zalewowym, ograniczenie możliwości akumulacji osadów pozakorytowych w dnach dolin oraz retencji wód wezbraniowych na obszarach zalewowych skutkujące wzrostem zagrożenia powodziowego w niższych odcinkach rzek, oraz pogorszenie warunków hydromorfologicznych dla organizmów wodnych, skutkujące obniżeniem stanu ekologicznego rzek). Znaczne pogłębienie koryt, charakterystyczne dla rzek karpaccich w XX wieku, musiało mieć znaczący wpływ na dalszy przebieg procesów fluwialnych, zatem powstrzymanie lub odwrócenie niekorzystnej tendencji do wcinania się rzek wymaga rozpoznania hydraulicznych efektów tego zjawiska, zwłaszcza w odniesieniu do przepływów wezbraniowych. Ponieważ w XX wieku, oprócz czynników antropogenicznych, w istotny sposób oddziaływały także czynniki naturalne (np. zmiany lesistości zlewni i częstości występowania ekstremalnych zjawisk hydrologicznych) wpływające na zmiany dostawy materiału i obciążenia rzek, a w samych rzekach zaobserwowano znaczące zmiany układu w planie, istotnym jest odróżnienie procesów obniżenia dna koryta wynikającego z jego transformacji (ang. *river metamorphosis*) i wcięcia (ang. *channel incision*) powiązanego ze zmianą przepustowości koryta. Jest to jednocześnie konieczne dla właściwej oceny skali wcięcia i jego efektów hydraulicznych w odniesieniu do przepływów o największej energii. W pracy przedstawiono model koncepcyjny przedstawiający różnicę efektów wcięcia koryta oraz obniżenia jego dna wynikającego z transformacji wywołanej zmianą w dostawie transportowanego materiału. W przypadku gdy rzeka ma możliwość swobodnego kształtowania koryta, jej dostosowanie się do zmniejszonego obciążenia rumowiskiem odbywa się bez istotnej zmiany pojemności koryta oraz wysokości stanów osiąganych przy określonych przepływach, następuje natomiast wzrost krętości, a zmniejszenie spadku i szerokości koryta kompensują wzrost jego głębokości (Schumm 1969). Jednocześnie zachowana zostaje równowaga między zdolnością transportową rzeki a jej obciążeniem.

Wcięcie rzeki zdefiniowano jako pogłębienie koryta, które występuje gdy równowaga między zdolnością transportową rzeki a jej obciążeniem rumowiskiem nie może być odtworzona poprzez wzrost krętości koryta i zmniejszenie jego spadku. Sytuacja ta jest typowa dla uregulowanych rzek z ustabilizowanymi sztucznie brzegami oraz cieków płynących w wąskich dolinach. W takim przypadku nadmiar energii jest wydatkowany na erozję dna, prowadząc do zwiększenia głębokości i przepustowości koryta. To z kolei skutkuje obniżeniem stanów wody i zmniejszeniem zasięgu zatapiania dna doliny przy danym przepływie. Wskazuje to także, że wielkość wcięcia powinna być określana na podstawie obniżenia stanów wód przy danym przepływie, a nie tylko na podstawie analizy tendencji położenia dna koryta.

Następnie, w oparciu o określone wcześniej przestrzenne prawidłowości nominalnej wielkości wcięcia koryt wybranych rzek karpackich określono:

- wpływ wcięcia się rzek na przepustowość koryt i częstość zalewania poszczególnych poziomów den dolin oraz jego zmienności wraz ze wzrostem wielkości rzek,
- wpływ wcięcia rzek na hydraulikę przepływów powodziowych w rzekach stabilnych w poziomie i w rzekach podlegających migracji bocznej.

Bezwzględne wielkości wcięcia się karpackich dopływów Wisły w posterunkach wodowskazowych określono na podstawie wielkości obniżenia się minimalnych rocznych stanów wody w ciągu XX wieku. Zróżnicowanie wpływu wcięcia się rzeki na hydraulikę przepływów wezbraniowych zaznaczające się wraz ze wzrostem wielkości rzeki analizowano w 7 posterunkach wodowskazowych na Dunajcu (powierzchnia zlewni od 34,5 km² do 6735 km²), porównując towarzyszące wcięciu się rzeki zmiany częstości zatapiania dna doliny przez przepływy o określonym okresie powtarzalności. Wpływ poziomej stabilności koryta rzek podlegających wcinaniu na hydrauliczne charakterystyki przepływów wezbraniowych (częstość zatapiania dna doliny, średnia prędkość w strefie korytowej i w strefie pozakorytowej) analizowano (*dr hab. B. Wyzga*) na przykładzie Wisłoki w Łabuziu (pozioma stabilność koryta w trakcie wcinania się rzeki) oraz Skawy w Wadowicach (okresy wcinania się rzeki przeplatane okresami bocznej migracji koryta).

Wykazano, że pomimo niższej nominalnej wielkości wcięcia rzeki w jej górnym biegu powoduje ono tam znacznie większy wzrost przepustowości koryta i większą redukcję częstości zatapiania obszaru dna doliny niż w dolnym biegu. Przykładowo, w posterunku Kościelisko-Kiry na Potoku Kościeliskim (zlewnia o powierzchni 34,5 km²) w latach 1962–1998 doszło do wcięcia się potoku o 0,37 m, kilkakrotnie mniej niż w dolnym biegu rzeki. W tym przekroju stan wody osiągnął w 1962 r. przy przepływie 1,5-rocznym w 1995 roku mógł być osiągnięty przy przepływie 4,1 razy większym, o okresie powtarzalności 16,3 lat. Natomiast poziom wcześniej zatapiany przez przepływ o 5-letniej powtarzalności w 1995 roku mógłby być zalany dopiero przy przepływie 2,8 razy większym o powtarzalności 140 lat. W posterunku Żabno w dolnym biegu rzeki (zamykającym zlewnię o powierzchni około 200 razy większej), nominalna wielkość wcięcia się rzeki sięgnęła w latach 1925-1998 1,2 m, jednakże wpływ wcięcia na przepustowość koryta i częstość zatapiania dna doliny był znacznie mniejszy. Stan osiągnął w 1925 roku przy przepływie o 1,5-rocznej powtarzalności, w 1998 roku mógł być osiągnięty przy przepływie 1,5 razy większym (o okresie powtarzalności 2,1 roku). Oznacza to, że w górnych biegach rzek relatywnie mała wielkość wcięcia może mieć większy wpływ na przebieg i skutki wezbrań niż taka sama nominalna wielkość pogłębienia koryta w dolnym biegu rzeki, ponieważ wraz ze zmniejszaniem się wielkości rzeki zwiększa się względny wzrost powierzchni przekroju przepływu osiąganego przy danym stanie wynikający z wcięcia się rzeki o daną

wielkość. Ponadto, wraz ze wzrostem spadku, typowo rosnącego w górę biegu rzek, można oczekiwać większego wzrostu przepustowości koryt. W konsekwencji w górę biegu rzeki w większym stopniu maleje częstość zatapiania poszczególnych poziomów dna doliny. Towarzyszące tym zmianom zmniejszenie retencji wód wezbraniowych w obszarze zalewowym jest największe w górnych biegach rzek, cechujących się największym spadkiem. Dlatego to górne biegi rzek są najbardziej narażone na niekorzystne hydrologiczne skutki wcinania, m.in. wzrost zagrożenia powodziowego w odcinkach położonych bezpośrednio poniżej odcinków wciętych o zmniejszonej retencji dolinowej.

O wpływie wcięcia się rzeki na hydraulikę przepływów wezbraniowych decyduje nie tylko wielkość rzeki, ale i zmiany morfologii obszaru zalewowego towarzyszące pogłębianiu się koryta. Zależność efektów hydraulicznych od bocznej stabilności koryta rzeki podlegającej wcinaniu udokumentowano, porównując przebieg tego procesu w rzekach cechujących się w XX wieku odmienną dynamiką – w zachodniej i wschodniej części polskich Karpat.

Rzeki we wschodniej części polskich Karpat, o stosunkowo małej energii, pozostawały względnie stabilne w trakcie wcinania, co skutkowało znacznym obniżeniem stanów wody przy mniejszych wezbraniach, ale zdecydowanie mniejszym dla dużych wezbrań, przy czym prędkość przepływu przenoszonego w obrębie wysoko położonych obszarów zalewowych znacznie zmalała.

W przypadku rzek z zachodniej części polskich Karpat, występowanie okresów wcinania uregulowanych rzek i bocznej migracji koryta po okresowym zniszczeniu zabudowy regulacyjnej brzegów spowodowało powstanie wciętych pasów meandrowych z wąskimi równiami zalewowymi wzdłuż wciętych koryt. Efektem tych zmian było znaczne obniżenie się stanów przy wszystkich przepływach wezbraniowych i znaczny wzrost prędkości wód wezbraniowych przenoszonych ponad wąskimi, nisko położonymi równiami zalewowymi.

Konsekwencją wywołanego wcięciem się rzek wzrostu prędkości wód wezbraniowych może być zwiększenie zagrożenia zabudowy i infrastruktury w pobliżu koryt rzecznych i zwiększenie strat materialnych w razie katastrofalnych wezbrań. We wschodniej części badanego obszaru, znaczne obniżenie stanów wody dla mniejszych, częstych wezbrań może ułatwiać wzrost zagospodarowania obszarów nadrzecznych, jednakże wynikające z wcięcia się rzek obniżenie stanów wody dla dużych wezbrań jest niewielkie i wystąpienie takich zdarzeń może prowadzić do znacznych strat materialnych w zagospodarowanych obszarach nadrzecznych, szczególnie we wschodniej części regionu.

Za najważniejsze wyniki badań przedstawionych w powyższej pracy uważam :

- stworzenie modelu wskazującego różnice między wcinaniem się rzek wynikającym z utraty równowagi dynamicznej a pogłębianiem związanym z transformacją koryta
- wykazanie, że wpływ wcięcia się rzeki na przepustowość koryta i częstość zatapiania dna doliny zmienia się z wielkością rzeki. Przeciwnie do generalnego trendu wzrostu bezwzględnej wielkości wcięcia się rzek z ich biegiem, wpływ ten rośnie wraz ze zmniejszającą się wielkością rzeki i przy takiej samej nominalnej wielkości wcięcia się rzeki jest zdecydowanie większy w górnym niż w dolnym biegu

- podkreślenie pomijanego dotychczas w literaturze znaczenia wcięcia się rzek w ich górnych biegach [4.1] dla możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w obszarach zalewowych i wzrostu zagrożenia powodziowego w niżej położonych odcinkach
- wskazanie istotnych różnic między hydraulicznymi efektami wcięcia się rzek w zachodniej i wschodniej części polskich Karpat oraz ich możliwych konsekwencji dla obszarów nadrzecznych w przypadku wystąpienia wezbrań różnej wielkości

III. Wybrane sedymentologiczne skutki przemian koryt rzek karpackich

[4.3] Zawiejska J., Wyżga B., Radecki-Pawlik A., 2015. **Variation in surface bed material along a mountain river modified by gravel extraction and channelization, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians.** *Geomorphology*, 231: 353-366

Efekty opisywanych wcześniej zmian funkcjonowania rzek w XX wieku musiały także znaleźć odzwierciedlenie w ich współczesnych osadach. Wpływ antropopresji (eksploatacji materiału korytowego, regulacji koryta i spowodowanego tym oddziaływaniem gwałtownego pogłębienia koryta) na warunki sedymentacji osadów korytowych zbadano na przykładzie Czarnego Dunajca, w odcinku rzeki obejmującym pododcinki: uregulowany, nieuregulowany i wcięty, w którym prowadzona była eksploatacja rumowiska. Pomimo zaprzestania wydobycia żwiru z koryt rzek na skalę masową, w ostatnich dekadach kontynuowano selektywną eksploatację otoczek największej frakcji, szczególnie w rzekach na przedpolu Tatr. Skutki masowej eksploatacji rumowiska korytowego są dobrze udokumentowane w literaturze, także dotyczącej rzek karpackich (np. zał. 3 IID-4), jednak efekty selektywnej eksploatacji otoczek wybranych frakcji są dotychczas mało poznane. Celem badań podjętych w ramach tego tematu było:

- ustalenie w jaki sposób wcięcie się rzeki wywołane eksploatacją rumowiska i regulacją rzeki wpłynęło na zróżnicowanie wysortowania i wielkości materiału dennego,
- określenie efektów selektywnej eksploatacji otoczek największych frakcji (w odróżnieniu od dobrze rozpoznanych efektów masowej eksploatacji rumowiska dennego),
- określenie zależności między obecnym zróżnicowaniem wielkości materiału dennego a cechami morfometrycznymi koryta.

Badania przeprowadzono w 18-km odcinku Czarnego Dunajca pozbawionym znaczących dopływów (źródeł materiału dennego), w każdym z 47 stanowisk dokonując pomiarów 400 otoczek, przy takich samych warunkach przepływu i z odpowiadających sobie morfologicznie części łąch. Na podstawie wyników analiz uziarnienia żwirów z pododcinków ze stabilnym pionowo korytem i o szerokości zbliżonej do średniej dla całego badanego odcinka Czarnego Dunajca, ustalono trendy naturalnego drobnienia ziarna i zmian współczynnika wysortowania (standardowego odchylenia rozkładu uziarnienia) osadów łąch z biegiem rzeki. Następnie do tych trendów odnoszono wielkość ziarna i wysortowanie osadu w pozostałych stanowiskach, dążąc do określenia zmian osadów łąch spowodowanych antropopresją. W celu ustalenia parametrów wyjaśniających zróżnicowanie uziarnienia materiału dennego w odcinku badawczym, dla każdego stanowiska określono także odległość od początku odcinka, szerokość koryta oraz spadek zwierciadła wody mierzony przy średnich stanach na odcinku 150 m powyżej i 150 m poniżej stanowiska, który uznano za przybliżenie spadku zwierciadła wody przy stanach wezbraniowych. Dążąc do wyjaśnienia

źródła dużych ziaren znajdujących się w najbardziej wciętym pododcinku rzeki, zmierzono wielkość 100 największych otoczek zarówno na współczesnych łachach, jak i w sąsiadujących podcięciach brzegów.

Analizy uziarnienia żwirów łach Czarnego Dunajca wykonane w stanowiskach o stabilnym pionowo korycie i szerokości rzeki zbliżonej do średniej w analizowanym odcinku wskazują na trend wolnego zmniejszania się wielkości ziarna osadów korytowych z biegiem rzeki. Analiza zróżnicowania charakterystycznych percentyli rozkładu uziarnienia osadów łach (d_5 , d_{50} , d_{95}) na tle ogólnego trendu daje jednak bardziej skomplikowany obraz zmian. Wielkość najmniejszych ziaren w warstwie bruku korytowego niemal nie ulega zmianie w odcinku badawczym, wielkość największych ziaren szybko maleje wzdłuż odcinka, natomiast mediana rozkładu uziarnienia w umiarkowanym stopniu maleje z biegiem rzeki. W pododcinkach wciętym i uregulowanym żwiru łach są znacznie bardziej gruboziarniste od referencyjnych wielkości ziarna. Natomiast w pododcinku z szerokim, wielonurtowym korytem osady łach są znacznie bardziej drobnoziarniste niż w pozostałych pododcinkach rzeki, a średnia średnica ziarna jest tu wyraźnie mniejsza od referencyjnych wielkości ziarna. Taki rozkład parametrów uziarnienia z biegiem rzeki jest charakterystyczny dla rzek podlegających wcinaniu w wyższym odcinku i deponujących poniżej materiał wyprzątany z pogłębianego odcinka koryta (por. Knighton, 1999).

Wykazano, że pomimo tendencji do coraz lepszego wysortowania osadów korytowych wzdłuż badanego odcinka wyraźnie lepszym wysortowaniem wyróżniają się osady deponowane w środkowym, uregulowanym pododcinku rzeki. Jest to efektem koncentracji przepływu w wąskim korycie i wymywania drobnych frakcji przy jednoczesnym braku ich dostawy ze sztucznie ustabilizowanych brzegów.

Analiza zależności średniej średnicy ziarna od odległości od początku odcinka, szerokości koryta oraz spadku zwierciadła wody wezbraniowej wykazała, że największą część obserwowanego tu zróżnicowania średniej średnicy ziarna osadów łach wyjaśnia odległość od początku odcinka badawczego, a następnie szerokość koryta i spadek zwierciadła wody wezbraniowej. Wszystkie trzy zmienne niezależne są także statystycznie istotne w równaniu regresji wielokrotnej, wyjaśniając łącznie 72% całkowitego zróżnicowania średniej średnicy ziarna osadów łach ($R^2 = 0,72$) wśród analizowanych stanowisk. Wyraźne powiązanie zróżnicowania średniej średnicy ziarna osadów łach z odległością od początku odcinka badawczego jedynie częściowo jest spowodowane ogólnym trendem drobnienia osadów z biegiem rzeki, w znacznej mierze odzwierciedla natomiast występowanie stosunkowo wąskiego koryta w górnej i środkowej części odcinka i szerokiego koryta w jego dolnej części.

Wyniki pomiarów otoczek największych frakcji wykazały obecność dużych ziaren w odcinkach rzeki, z których były one intensywnie i selektywnie eksploatowane. Jednocześnie porównanie wyników pomiarów największych frakcji uziarnienia osadów w brzegach rzeki wykazało, że nie mogły być one źródłem dostawy największych frakcji obecnych we współczesnych osadach korytowych.

Stwierdzono, że największe frakcje współczesnych osadów korytowych nie występują w starszych osadach odsłaniających się tu w podcięciach brzegów. Selektywna eksploatacja większych ziaren z koryta rzeki w górnej części odcinka badawczego ułatwiła uruchomienie odsłoniętych drobnych ziaren, powodując szybkie pogłębienie koryta. Jednocześnie, koncentracja przepływów wezbraniowych w coraz węższej i głębszej strefie korytowej musiała spowodować wzrost ich kompetencji, umożliwiając dostawę grubszych ziaren, typowo występujących wcześniej w wyżej położonych odcinkach Czarnego Dunajca.

Środkowa część odcinka badawczego, której regulacja była podyktowana m.in. chęcią ograniczenia dostawy materiału do Jeziora Czorsztyńskiego, funkcjonuje jednak jako odcinek transportacyjny dla materiału erodowanego z wyżej położonego odcinka rzeki, który podlega wcinaniu. Z kolei, niska jednostkowa moc strumienia i znaczne opory przepływu wynikające ze złożonego charakteru przekroju koryta ułatwiają zatrzymywanie transportowanego materiału w nieuregulowanym odcinku rzeki, który funkcjonuje jako odcinek depozycyjny i może skutecznie zmniejszać ilość rumowiska dostarczanego do zbiornika zaporowego.

Za najważniejsze wyniki tej pracy uważam:

- wyjaśnienie współczesnej obecności dużych ziaren w odcinkach rzeki, z których były one wcześniej intensywnie i selektywnie eksploatowane
- wykazanie, że szerokie, nieuregulowane odcinki wielonurtowej rzeki górskiej są miejscami preferencyjnego zatrzymywania materiału dennego (łącznie z drobniejszymi frakcjami), natomiast szerokość koryta jest jednym z głównych predyktorów zmian średniej średnicy ziarna materiału korytowego
- wykazanie, że kilkakrotne zwężenie rzeki połączone ze stosunkowo niewielką redukcją spadku koryta za pomocą stopni nie wpływa znacząco na ograniczenie zdolności transportowej rzeki. Wniosek ten ma duże znaczenie praktyczne w kontekście podejmowanych w przeszłości prób ograniczenia dostawy materiału dennego do znajdującego się poniżej zbiornika zaporowego.

IV. Określenie sposobu definiowania warunków referencyjnych dla rewitalizacji rzek karpackich w kontekście zmian środowiskowych zaistniałych w ich zlewniach w XX wieku

[4.2] Wyźga B., ZAWIEJSKA J., Radecki-Pawlik A., Hajdukiewicz H., 2012. **Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian rivers.** *Earth Surface Processes and Landforms*, 37: 1213-1226

W XX wieku rzeki polskich Karpat uległy znacznemu przekształceniu w wyniku regulacji koryt i eksploatacji materiału korytowego, co w efekcie spowodowało pogorszenie stanu ekologicznego tych rzek [4.3], zaburzenie ich pionowej stabilności ([4.1],[4.2], [4.3]) i wzrost zagrożenia powodziowego poniżej przekształconych odcinków [4.2]). W świetle obowiązującego prawa wspólnotowego konieczne jest podjęcie działań rewitalizacyjnych zmierzających do poprawy stanu ekologicznego rzek, natomiast uzyskanie trwałej poprawy tego stanu wymaga odtworzenia warunków geomorfologicznej równowagi dynamicznej. Przyjmuje się powszechnie, że zarówno ocena stanu, jak i rewitalizacja rzek powinny być przeprowadzane w oparciu o ustalone wcześniej warunki referencyjne. Pomimo to, nie ustalono dotąd jednego sposobu identyfikacji warunków referencyjnych i w praktyce stosowane są różne metody ich wyznaczania, przy czym często uznawano te warunki za statyczne, a odstępstwa od dawniej istniejącego stanu naturalnego traktowane były jako wyłączny efekt antropopresji. Z geomorfologicznego punktu

widzenia takie podejście nie jest właściwe, ponieważ warunki środowiskowe w zlewniach podlegają zmianom nie tylko w wyniku antropopresji, ale również w wyniku zmian czynników naturalnych (np. zmian klimatu i szaty roślinnej). Zmiany warunków środowiskowych w zlewniach wpływają zarówno na kierunek, jak i tempo zmian procesów geomorfologicznych i geometrii koryt. Kształtując dynamikę przepływu wody i transportu rumowiska, warunki środowiskowe decydują o warunkach hydromorfologicznych, od których z kolei zależą biocenozy rzeczne i nadrzeczne. Takie podejście wskazuje na istotną rolę warunków hydromorfologicznych jako czynnika decydującego o elementach biotycznych ekosystemów rzecznych (por. Vaughan i in., 2009). Właściwe określenie warunków referencyjnych – cech stanu, którego osiągnięcie lub przywrócenie ma być celem rewitalizacji - wydaje się więc być kluczowe dla skutecznej i trwałej poprawy stanu ekologicznego rzeki w wyniku rewitalizacji.

W niniejszej pracy przedstawiono:

- przegląd stosowanych sposobów definiowania warunków referencyjnych,
- dyskusję przydatności różnych metod określania warunków referencyjnych do celów rewitalizacji rzek w kontekście zmian środowiskowych zaistniałych w zlewniach rzek karpackich w XX wieku pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych,
- nowatorską metodę określania warunków referencyjnych wraz z przykładem jej zastosowania dla rzeki Czarny Dunajec.

Analiza założeń stosowanych metod definiowania warunków referencyjnych wskazała, że metody opierające się na określeniu warunków istniejących przed okresem antropopresji mają znikome zastosowanie w praktyce rewitalizacji rzek, gdyż ich odtworzenie jest w Europie w zasadzie niemożliwe. Uznawanie warunków pierwotnych lub z okresu prehistorycznego za stan referencyjny pomija fakt, że szereg elementów środowiska zmieniał się istotnie podczas holocenu, a w okresie prehistorycznym warunki w zlewniach również mogły podlegać znaczącej modyfikacji przez człowieka. Również złożoność nieodwracalnych zmian, jakie zaszły w systemach rzecznych od czasów prehistorycznych, wyklucza uznanie stanu z tego okresu za referencyjny. Kartograficznie udokumentowany, historyczny stan rzek sprzed ich powszechnej regulacji w XX wieku najczęściej uznaje się za referencyjny. Mankamentem takiego sposobu definiowania warunków referencyjnych jest jednak to, że obszary górskie Europy, w tym Karpaty, właśnie w XIX wieku charakteryzowała największa presja rolnicza i pasterska, a planarna geometria rzek dobrze udokumentowana w materiałach kartograficznych nie reprezentuje stanu naturalnego, ani nie może być odtworzona współcześnie w warunkach znacznie zmniejszonego wpływu tych form gospodarowania. Jest to szczególnie istotne w przypadku tych rzek, w których reakcja na zmiany środowiskowe zależała w znacznym stopniu od litologii zlewni i które współcześnie formują koryta o odmiennej geometrii i tendencjach morfodynamicznych. Z kolei, w stosunkowo popularnej w Polsce metodzie RHS (*River Habitat Survey*) warunki referencyjne wiązane są z wysoką różnorodnością cech fizycznych siedlisk znajdującą odzwierciedlenie w dużym zróżnicowaniu gatunkowym zasiedlających je organizmów. W przypadku rzek górskich, w których szereg siedlisk w warunkach zbliżonych do naturalnych cechuje się małą różnorodnością, ten sposób określania warunków referencyjnych wydaje się być niewłaściwy.

W świetle powyższych wniosków uważam, że hydromorfologiczne warunki referencyjne powinny być definiowane jako te, które istnieją lub mogłyby istnieć przy współczesnych warunkach środowiskowych w zlewni i równoczesnym braku ingerencji człowieka w koryto, strefę nadbrzeżną i obszar zalewowy rzeki,

która ma być poddana rewitalizacji. Zaproponowane podejście zastępuje koncepcję statycznego stanu referencyjnego, ukierunkowaną na osiągnięcie pożądanego kształtu koryta, pojęciem dynamicznego ekosystemu rzeczno-geologicznego (por. Palmer i in. 2005) aktywnie reagującego na wahania przepływu i transportu rumowiska i stopniowo dostosowującego się do zmian środowiska.

Przyjmując taką definicję warunków referencyjnych, za stan referencyjny rzeki można uznać nieprzekształcone odcinki rzek, w których procesy fluwialne i biologiczne zachodzą w sposób naturalny i niezakłócony. To założenie zweryfikowano, przeprowadzając ocenę hydromorfologiczną [4.3] Czarnego Dunajca w odcinkach charakteryzujących się odmienną morfologią i stanem utrzymania koryta. Wyniki oceny potwierdziły wysoką jakość hydromorfologiczną niezmodyfikowanego wielonurtowego odcinka Czarnego Dunajca, i umiarkowaną do słabej jakość w odcinkach wciętych i uregulowanych. Wysoka ocena jakości hydromorfologicznej rzeki w odcinku niezmodyfikowanym odzwierciedla duże zróżnicowanie warunków hydraulicznych i frakcji materiału dennego, obecność licznych form erozyjnych i depozycyjnych, zachowaną łączność koryta i strefy hyporeicznej. Rzeka pozostaje tu w stanie geomorfologicznej równowagi dynamicznej, co pozwala na zachowanie kluczowej dla stanu biocenozy rzecznej trójwymiarowej łączności ekosystemu rzeczno-geologicznego. Wysoka jakość hydromorfologiczna tego odcinka i wynikająca z niej obecność zróżnicowanych, korzystnych warunków siedliskowych dla ryb i bezkręgowców dennych zostały także potwierdzone w badaniach liczebności i zróżnicowania tych grup organizmów ([4.3] 4.7), załącznik 3: IIA-3, IIA-4, IID-5)

Wyniki oceny wskazują zatem, że odcinek ten może być traktowany jako referencyjny dla celów rewitalizacji przekształconych części tej rzeki. Dla rzek, w których nie istnieją już odcinki niezmodyfikowane, warunki referencyjne można określić na podstawie stanu istniejącego w rzece swobodnie kształtującej swoje koryto i odwadniającej podobną zlewnię (metoda analogicznej rzeki).

Za najważniejsze wyniki powyższej pracy uważam:

- wykazanie konieczności uwzględniania i oceny ewentualnych zmian środowiskowych w zlewniach rzek, które podlegają rewitalizacji
- wskazanie skutecznego sposobu definiowania warunków referencyjnych dla potrzeb rewitalizacji rzek karpackich

V. Metoda oceny jakości hydromorfologicznej rzek górskich i określenie ich współczesnego stanu na przykładzie Czarnego Dunajca – rzeki reprezentującej spektrum przemian typowych dla rzek karpackich

[4.5] Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Radecki-Pawlik A., Amirowicz A. 2010. **A method for the assessment of hydromorphological river quality and its application to the Czarny Dunajec, Polish Carpathians.** [w:] A. Radecki-Pawlik, J. Hernik (red.), *Cultural Landscapes of River Valleys*, Agricultural University in Kraków, Kraków, s. 145-164.

Ramowa Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej nakłada na kraje członkowskie obowiązek osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego wód, w tym wód płynących. Podjęcie ewentualnych działań rewitalizacyjnych wymaga uprzedniego rozpoznania ich stanu ekologicznego, przy czym ocena elementów

hydromorfologicznych cieków (ich fizycznych i hydrologicznych charakterystyk) stanowi element wspierający ocenę biologicznych elementów ekosystemu rzeczno-ekologicznego. Dotychczas opracowano szereg metod ewaluacji hydromorfologicznej jakości rzek (np. stosowane w Polsce RHS, MHR), które różnią się pod względem ocenianych parametrów, sposobu przeprowadzenia oceny czy też definiowania warunków referencyjnych (Belletti et al., 2015). Jednakże w większości tych metod ocena jakości rzeki uzależniona jest od obecności i liczebności fizycznych cech koryta uznawanych za korzystne cechy siedlisk, z pominięciem dynamiki procesów fluwialnych czy trendów dostosowania się rzeki do warunków naturalnych. W połączeniu z problematycznym sposobem definiowania warunków referencyjnych [4.4] utrudnia to ich zastosowanie dla potrzeb rewitalizacji rzek.

Praca [4.5] przedstawia autorską, alternatywną do istniejących metodę oceny jakości hydromorfologicznej rzeki (*RHQ – River Hydromorphological Quality*, por. Belletti et al., 2015) opracowaną w oparciu o normę PN-EN 14614 (CEN, 2004), stanowiącą kompromis pomiędzy możliwością praktycznego zastosowania i środowiskowym znaczeniem uzyskiwanych wyników (załącznik 3: IIA-3, IID-14). W pracy zaprezentowano:

- sposób przeprowadzania oceny jakości hydromorfologicznej rzeki metodą *RHQ*,
- wyniki oceny jakości hydromorfologicznej dla 12 przekrojów Czarnego Dunajca – rzeki reprezentującej spektrum przemian typowych dla rzek karpaccich i weryfikację oceny w oparciu o wyniki badań zróżnicowania zespołów organizmów wodnych,
- dyskusję stopnia zgodności ocen poszczególnych specjalistów.

W metodzie tej hydromorfologiczną jakość rzeki ocenia się poprzez waloryzację 10 grup cech koryta, brzegów i strefy nadbrzeżnej oraz obszaru zalewowego rzeki według specyfikacji zawartej w normie PN-EN 14614. Są to: (1) geometria koryta cieków, (2) materiał tworzący dno cieków, (3) roślinność i rumosz drzewny w rzece, (4) formy erozyjne i depozycyjne, (5) cechy przepływu, (6) modyfikacja ciągłości cieków, (7) charakter brzegów cieków, (8) roślinność/użytkowanie strefy nadbrzeżnej, (9) użytkowanie obszaru zalewowego, (10) mobilność koryta/łączność cieków z obszarem zalewowym. Liczbę ocenianych cech rozszerzono o dwa dodatkowe elementy nie wymienione w normie PN-EN 14614. (i) Ocenę roślinności wodnej w korycie zastąpiono oceną zarówno wodnej, jak i lądowej roślinności w obrębie strefy aktywnej rzeki. (ii) Ocenę reżimu odpływu oraz hydrauliki przepływu w rzece uzupełniono oceną stopnia łączności wód rzecznych z wodami hyporeicznymi. Wymiana ta może zaniknąć w wyniku wcięcia się rzeki i transformacji koryta aluwialnego w skalne, często obserwowanej w rzekach karpaccich [4.1], a jej znaczenie dla wielu organizmów rzecznych jest kluczowe.

Każdej z ocenianych cech przypisywana jest wartość od 1 dla stanu zbliżonego do naturalnego do 5 w przypadku stanu skrajnie przekształconego. Na podstawie średniej oceny dla 10 ocenianych kategorii, uśrednionej dla ocen poszczególnych specjalistów, oceniany obiekt (przekrój, odcinek rzeki) jest kwalifikowany do jednej z klas hydromorfologicznej jakości rzek. Waloryzacja jest poprzedzona wizją terenową ocenianej rzeki i prezentacją trzech typów danych:

- dla każdej z ocenianych cech prezentowane są przykłady warunków zbliżonych do naturalnych i skrajnie przekształconych, natomiast sytuacje reprezentujące warunki pośrednie pomiędzy tymi skrajnymi stanami pozostawione są do oceny eksperckiej;
- współczesny stan rzeki jest prezentowany z wykorzystaniem zdjęć, ortofotomap i przekrojów koryta;

- (iii) na podstawie materiałów kartograficznych i fotograficznych analizowane są trendy zmian rzeki w kilku ostatnich dziesięcioleciach.

Metoda ta uwzględnia rzeczywiste dane pozyskane w terenie, współczesne zdjęcia rzeki oraz mapy i zdjęcia lotnicze z kilku ostatnich dziesięcioleci. To ostatnie źródło informacji jest wykorzystywane nie dla odtworzenia historycznych warunków referencyjnych, lecz w celu zrozumienia współczesnej morfologii rzeki w kontekście zachodzących procesów i trendów dostosowania się rzeki do zmian środowiskowych. Warunki referencyjne przyjęto wg zasad zdefiniowanych i przedstawionych w pracy [4.4].

Wobec uznaniowości metod waloryzacji hydromorfologicznej rzek, przeprowadzono analizę zgodności ocen hydromorfologicznej jakości Czarnego Dunajca sformułowanych przez ekspertów o różnych specjalizacjach. Wykazano, że różnice znajomości funkcjonowania poszczególnych rzek wynikające ze specjalistycznego przygotowania mogą skutkować różnicami oceny o jedną klasę jakości hydromorfologicznej. Wpływ różnic oceny dokonywanej przez specjalistów z różnych dyscyplin zostaje wyeliminowany, gdy ocena jest przeprowadzona jednocześnie przez specjalistów z zakresu geomorfologii fluwialnej, hydrobiologii i inżynierii wodnej.

Hydromorfologiczna ocena Czarnego Dunajca wykazała, że zróżnicowanie morfologii i charakteru utrzymania rzeki w badanym odcinku znajduje wyraźne odzwierciedlenie w zróżnicowaniu ocen hydromorfologicznej jakości rzeki, z przekrojami o wielonurtowym układzie koryta z udziałem kęp zaliczonymi do 1 klasy jakości, a przekrojami uregulowanymi do klasy 4. Skuteczność metody została zweryfikowana także w wyniku analizy wskaźników biotycznych. Hydromorfologiczna jakość rzeki odzwierciedla zdolność potencjalnych siedlisk rzecznych do podtrzymywania biocenoz o różnym stopniu różnorodności taksonomicznej i liczebności organizmów. Badania zespołów ichtiofauny zasiedlającej analizowane przekroje potwierdziły zależność zróżnicowania gatunkowego od klasy jakości i wykazały istnienie silnej, wysoce istotnej statystycznie, wykładniczej zależności liczby osobników ryb od hydromorfologicznej jakości rzeki w danym przekroju (załącznik 3, IIA-3). Podobne zależności stwierdzono także w odniesieniu do bezkręgowców dennych zarówno w Czarnym Dunajcu (załącznik 3., IIA-4), jak i Białej Tarnowskiej (załącznik 3, IID-7), co wskazuje na wysoką trafność opracowanej metody oceny hydromorfologicznej jakości rzeki.

Opracowana metoda oceny jakości hydromorfologicznej (RHQ):

- pozwala na uzyskanie wiarygodnych wyników informujących o rzeczywistym stanie środowiskowym rzeki, precyzyjnie wskazując, które elementy hydromorfologiczne wymagają poprawy w danym miejscu.
- pozwala na podejmowanie świadomych decyzji o odpowiednich sposobach rewitalizacji rzeki, została także wykorzystana w projektach aplikacyjnych (m.in. na rzekach Rabie, Białej Tarnowskiej i Wisłoce). Metoda ta nie jest jednak właściwa do sporządzania uproszczonych raportów o stanie rzek w skali kraju lub dużych dorzeczy.
- Utrudnieniem w stosowaniu metody RHQ może być jej pracochłonność związana z gromadzeniem danych i konieczność zaangażowania co najmniej kilku ekspertów do przeprowadzenia oceny jakości hydromorfologicznej. Jednakże, taki sposób dokonywania oceny i oparcie jej o rzeczywiste,

wiarygodne dane zebrane m.in. w terenie decyduje o jej znacznej precyzyjności i pozwala na wykorzystanie w projektach rewitalizacyjnych.

VI. Możliwości odtworzenia wielonurtowej morfologii koryt rzek karpackich w Polsce w odniesieniu do stopnia ich przekształcenia oraz warunków środowiskowych

[4.6] Wyżga B., ZAWIEJSKA J., Hajdukiewicz, H. 2016. Multi-thread rivers in the Polish Carpathians: occurrence, decline and possibilities of restoration. *Quaternary International*, 415: 344-356

Przeprowadzone na rzekach karpackich badania potwierdziły, że koryta wielonurtowe funkcjonujące w sposób niezaburzony cechują się wysoką jakością hydromorfologiczną i wyższą bioróżnorodnością niż koryta o morfologii uproszczonej w wyniku pośredniej lub bezpośredniej ingerencji człowieka (np. [4.4], [4.7]). Można oczekiwać, że odtworzenie warunków swobodnego formowania się takich koryt lub ich renaturyzacja, prowadzące do zwiększenia zróżnicowania morfologicznego rzek, w konsekwencji pozwoliłyby na poprawę ich stanu ekologicznego, a tym samym ułatwiłyby spełnienie wymogów Ramowej Dyrektywy Wodnej. Jednocześnie, przywrócenie wielonurtowej morfologii rzek w ich górnych biegach pozwoliłoby na redukcję zagrożenia powodziowego w odcinkach położonych poniżej ([4.2], zał. 3: IID-9, IID-10, IID-13). W świetle niemal całkowitego zaniku wielonurtowej morfologii koryt w rzekach karpackich w XX wieku istotne jest wskazanie przyczyn tych zmian i określenie możliwości ich rewitalizacji w obecnych warunkach środowiskowych. Badania przedstawione w pracy [4.6] miały na celu:

- przegląd uwarunkowań formowania się koryt wielonurtowych,
- analizę przyczyny rozwoju wielonurtowej morfologii rzek karpackich w warunkach nasilonej antropopresji,
- analizę przebiegu i wskazanie przyczyn zaniku występowania wielonurtowych koryt w rzekach karpackich,
- określenie możliwości odtworzenia wielonurtowego układu koryt w obecnych warunkach środowiskowych.

Na podstawie przesłanek teoretycznych, dostępnej literatury i materiałów kartograficznych wskazano dwie fazy występowania wielonurtowych koryt rzek karpackich w holocenie. Pierwsza faza obejmowała rozwój koryt wielonurtowych przy całkowitym zalesieniu zlewni lub niewielkim stopniu ich wylesienia i była typowa dla większości holocenu. Rozwój koryt wielonurtowych był wówczas ograniczony do przedpola Tatr i tej części Karpat fliszowych, gdzie występują miększe kompleksy grubolawicowych piaskowców. Czynnikiem warunkującym rozwój wielonurtowej morfologii rzek była dostawa grubofrakcyjnego materiału powodująca przekroczenie ich kompetencji oraz niewielki udział drobnoziarnistych, kohezyjnych osadów w budowie równin aluwialnych. Formowane były wówczas koryta wielonurtowe z dużym udziałem kęp (ang. *island-braided*), których obecność, wraz z nagromadzeniami grubego rumoszu drzewnego dostarczanego z aktywnie erodowanych, zalesionych równin zalewowych, sprzyjała efektywnemu rozpraszaniu energii wód wezbraniowych i obniżaniu zdolności transportowej rzek, a w konsekwencji depozycji materiału dennego.

Druga faza obejmowała rozwój i rozprzestrzenienie się koryt roztokowych (ang. *bar-braided*) z biegiem rzek karpackich w warunkach nasilającej się antropopresji – znacznym wylesieniu i zagospodarowaniu zlewni w warunkach dużej wilgotności u schyłku małej epoki lodowej. W rzekach na obszarze naturalnego występowania koryt wielonurtowych w holocenie dostosowanie do zmienionych warunków polegało na przekształceniu koryt roztokowych z kępami w koryta z łachami zwirowymi, prowadząc do obniżenia oporów przepływu i zwiększenia wydajności transportu rumowiska, prawdopodobnie bez znaczącej agradacji. Z kolei, narastająca dostawa materiału dennego skutkowała transformacją koryt jednonurtowych w dolnych biegach rzek (poza strefą naturalnego występowania morfologii wielonurtowej) w szerokie koryta roztokowe z tendencją do agradacji. Stopniowe przemieszczanie się fali osadu w dół biegu rzek, aż do kotlin przedgórskich, stanowiło o diachroniczności tej fazy rozwoju koryt wielonurtowych trwającej od XVIII do początku XX wieku. Powszechne występowanie koryt roztokowych typu *bar-braided* było prawdopodobnie ewenementem w skali holocenijskiego rozwoju koryt w Karpatach, wynikającym z nałożenia się czynników antropogenicznych i specyficznych dla tego okresu warunków klimatycznych.

Zanik występowania morfologii wielonurtowej w XX wieku wynikał głównie z powszechnej regulacji rzek i zastąpienia koryt roztokowych korytami jednonurtowymi o umocnionych brzegach, zmniejszenia dostępności rumowiska wskutek eksploatacji żwiru z koryt i budowy zapór oraz zmian środowiskowych [4.2]. Łącznym efektem tych zmian było zwiększenie zdolności transportowej i szybkie wcinanie się rzek dodatkowo ograniczające możliwość poszerzania koryt w wyniku bocznej migracji. Zmiany takie w wielu znacznie pogłębionych odcinkach [4.1] [4.2] [4.3] należy uznać za trwałe. W nielicznych zachowanych odcinkach wielonurtowych rzeki utrzymały pionową stabilność lub ich dno uległo niewielkiemu obniżeniu; pod względem hydromorfologicznym są to obecnie odcinki referencyjne [4.2]

Rewitalizacja uregulowanych i wciętych rzek karpackich, przywracająca ich wielonurtową morfologię, byłaby korzystna w wielu aspektach [4.7], jednak odtworzenie warunków formowania takich koryt jest obecnie możliwe jedynie w obszarze ich występowania w naturalnych warunkach holocenu – na przedpolu Tatr i częściowo w zachodniej części polskich Beskidów. Duże spadki rzek, ich gruboziarnisty materiał denny, niewielki udział drobnoziarnistych, kohezyjnych osadów w budowie równin aluwialnych i występowanie dużych wezbrań generowanych przez opady nadal sprzyjałyby formowaniu się wielonurtowego koryta przy umożliwieniu erozji brzegów i migracji bocznej. W obecnych warunkach, wobec mniejszej dostawy materiału do den dolin (w odniesieniu do okresu nasilonej antropopresji w XIX w.), należy oczekiwać formowania się koryt typu *island-braided*. Wnioski te potwierdzają obserwacje terenowe np. w Czarnym Dunajcu czy Rabie, gdzie odnotowano spontaniczne odtworzenie wielonurtowej morfologii w odcinku, w którym utworzono tzw. korytarz swobodnej migracji rzeki [4.7].

W obecnych warunkach środowiskowych i przy obecnym zagospodarowaniu zlewni odtworzenie występowania koryt wielonurtowych w pozostałych odcinkach rzek karpackich nie jest możliwe ani celowe. Umożliwienie erozji brzegów i swobodnego kształtowania koryt będzie tu prowadzić do odtworzenia krętych koryt, jakie istniały tu przed okresem nasilonej dostawy rumowiska dennego w XIX wieku.

Za najważniejsze wyniki tej pracy uważam:

- wskazanie zasadniczych faz rozwoju koryt wielonurtowych w polskich Karpatach
- wskazanie warunków formowania się koryt wielonurtowych w polskich Karpatach i obszarów ich naturalnego występowania
- wskazanie możliwości spontanicznej rewitalizacji wielonurtowej morfologii w rzekach karpackich.

VII. Jakość hydromorfologiczna jako kluczowy element stanu ekologicznego rzek karpackich w Polsce

[4.6] Wyżga B., ZAWIEJSKA J., 2013. **Hydromorphological quality as a key element of the ecological status of Polish Carpathian rivers.** *GeoReview* 21,1:56-67

Wskazanie przyczyn degradacji stanu ekologicznego konkretnych rzek oraz odpowiednich sposobów jego poprawy wymaga rozpoznania wielu aspektów relacji pomiędzy fizycznymi warunkami siedlisk (jakością hydromorfologiczną) i stanem biotycznych elementów ekosystemów rzecznych. Powyższa praca ma charakter przeglądowy i przedstawia podsumowanie badań nad tymi zagadnieniami na rzekach karpackich, prowadzonych w zespołach, których byłam członkiem i które przyczyniły się do postępu wiedzy w tym zakresie. W artykule przedstawiono

- wpływ antropogenicznych zaburzeń na hydromorfologiczną jakość rzek i stan biocenoz rzecznych, zastosowanie i skuteczną metodę oceny hydromorfologicznej jakości rzek,
- sposób określania hydromorfologicznych warunków referencyjnych dla celów rewitalizacji rzek i ocenę ich jakości,
- działania rewitalizacyjne, których zastosowanie może znacząco poprawić hydromorfologiczną jakość rzek górskich i przedgórskich.

W wyniku przedstawionych w pracy badań, rozpoznano istotne zależności pomiędzy hydromorfologicznymi cechami rzek karpackich a biotycznymi składnikami ich ekosystemów:

- liczebność i bogactwo gatunkowe ryb w badanych przekrojach Czarnego Dunajca wzrasta liniowo wraz z rosnącym zróżnicowaniem głębokości wody i liczbą koryt małej wody w przekroju rzeki oraz potęgowo wraz ze wzrostem hydromorfologicznej jakości rzeki
- poprawa jakości hydromorfologicznej z klasy 2 (dobra) do 1 (bardzo dobra) towarzysząca znacznemu zwiększeniu się udziału kęp w obrębie strefy aktywnej Czarnego Dunajca w odcinku wielonurtowym rzeki związana była ze szczególnie dużym wzrostem liczby młodocianych i dorosłych osobników ryb
- wzrost zróżnicowania głębokości wody, prędkości przydennej i wielkości ziarna materiału dennego w Czarnym Dunajcu wiąże się ze wzrostem bogactwa taksonomicznego bezkręgowców dennych

- liczba koryt małej wody w przekroju rzeki wyjaśnia największą część obserwowanego zróżnicowania liczby taksonów bezkręgowców dennych.

Zależności te wyraźnie wskazują, że w badanych rzekach górskich duże zróżnicowanie cech koryt i w konsekwencji innych parametrów środowiskowych, takich jak temperatura wody, nagromadzenia grubego rumoszu drzewnego i drobnej materii organicznej, które łącznie decydują o heterogeniczności siedlisk rzecznych, jest korzystne dla organizmów wodnych. Warunki takie występują w mało zaburzonych odcinkach wielonurtowych badanych rzek, cechujących się wysoką jakością hydromorfologiczną. Interesującym wynikiem badań bezkręgowców dennych w Czarnym Dunajcu i Białej Tarnowskiej był brak zależności bogactwa taksonomicznego bezkręgowców dennych od jakości wody w rzece; o ile wpływ zanieczyszczeń na ograniczenie różnorodności zespołów bezkręgowców dennych w rzekach górskich jest niewątpliwy, wyniki te podkreślają znaczący wpływ zróżnicowania fizycznych parametrów siedlisk na kształtowanie się bogactwa taksonomicznego tych zespołów. Zależności te wskazują również na ważną i przyrodniczo cenną rolę nieuregulowanych, wielonurtowych odcinków rzek górskich w Karpatach.

Regulacja koryt rzek karpackich i wcięcie się rzek wywołane eksploatacją osadów korytowych oraz budowa urządzeń wodnych eliminująca podłużną ciągłość cieków spowodowały znaczne uproszczenie fizycznej struktury siedlisk rzecznych i degradację hydromorfologicznej jakości rzek oraz zubożenie zespołów organizmów wodnych je zasiedlających. Odtworzenie bogactwa zespołów ryb i bezkręgowców dennych będzie więc wymagało ponownego zwiększenia morfologicznego zróżnicowania rzek i poprawy ich jakości hydromorfologicznej, której znaczenie jest dla stanu ekologicznego tych rzek kluczowe.

Podsumowanie i zastosowania praktyczne wyników przedstawionych badań

Badania funkcjonowania koryt rzecznych, zwłaszcza te służące celom praktycznym (rewitalizacji rzek, ale także wspomaganie ochrony przeciwpowodziowej), powinny być interdyscyplinarne oraz uwzględniać różne skale czasowe i natężenie oddziaływania czynników naturalnych i antropogenicznych wpływających na funkcjonowanie koryt. Jest to szczególnie istotne dla poprawnego ustalenia warunków referencyjnych w przypadku planowania jakichkolwiek prac rewitalizacyjnych i kluczowe dla ich skuteczności.

Hydromorfologiczna jakość rzek, dotychczas traktowana jako element drugorzędny w ocenie ich stanu ekologicznego, jest w istocie czynnikiem decydującym o fizycznej strukturze siedlisk (a więc ich jakości), kształtowanej przez procesy geomorfologiczne i hydrologiczne. Wiedza z zakresu geomorfologii fluwialnej, pozwalająca na właściwe rozpoznanie zaistniałych zmian i współczesnej dynamiki koryt rzecznych, jest niezbędna dla określenia rzeczywistych możliwości poprawy stanu rzek i zastosowania celowych działań rewitalizacyjnych. Działania takie, oparte na znajomości trajektorii rozwoju koryt we współczesnych warunkach, ale i uwzględniające sposób zagospodarowania den dolin, mogą być w rezultacie mniej kosztowne, a ich efekty cechować się większą przewidywalnością i trwałością, jednocześnie zmniejszając zagrożenia dla ludności i infrastruktury związane z oddziaływaniem ekstremalnych procesów fluwialnych w dnach dolin.

Przedstawione badania potwierdzają także, że nowoczesne, obserwowane w ostatnich latach w geomorfologii przejście od badań skoncentrowanych na wąskiej strefie korytowej na rzecz badań rzek obejmujących szeroką strefę aktywną rzeki, strefę nadbrzeżną i obszar zalewowy, uwzględniające skomplikowane powiązania elementów abiotycznych i biotycznych i trójwymiarową łączność systemów fluwialnych, ma ogromne znaczenie praktyczne, kluczowe zarówno dla kompleksowej poprawy stanu ekologicznego rzek, zachowania przyrodniczo cennych elementów, jak i nowoczesnej ochrony przeciwpowodziowej.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Poniżej omówiono osiągnięcia naukowo-badawcze dotyczące trzech zagadnień badawczych stanowiących istotną, integralną część dorobku naukowego, a zarazem będące uzupełnieniem badań prowadzonych w ramach głównego tematu badawczego oraz pozostałe osiągnięcia w pracy naukowej.

5.1 Hydromorfologiczna jakość rzek i jej odzwierciedlenie w biocenozach: implikacje dla rewitalizacji rzek górskich

W warunkach naturalnych rzeki górskie są dynamicznymi ekosystemami wykazującymi trójwymiarową łączność (Kondolf i in., 2006) i charakteryzującymi się dużym zróżnicowaniem wodnych i lądowych siedlisk dla zwierząt i roślin (Tockner i in., 2003). Występowanie i struktura zespołów organizmów rzecznych (ryb i bezkręgowców) są powszechnie wykorzystywane w monitoringu ekologicznego stanu rzek górskich, jednakże dotychczas monitoring ten dotyczył zmian w biocenozach wynikających z pogorszenia jakości wody, natomiast pomijano w zasadzie rolę fizycznych parametrów siedlisk. W świetle dobrze rozpoznanych, znacznych przekształceń struktury koryt rzek karpackich i perspektywy ich rewitalizacji, niezwykle istotnym jest więc poznanie znaczenia morfologicznego zróżnicowania koryt (a więc fizycznej struktury siedlisk) dla stanu ekosystemów rzecznych.

Takie nowatorskie, zintegrowane (ekohydromorfologiczne) podejście zastosowano w badaniach, których głównym celem było ustalenie zależności stanu ekologicznego od hydromorfologicznej jakości rzek górskich i wskazanie wynikających z tych zależności możliwości trwałej poprawy tego stanu w wyniku rewitalizacji. Ponadto, badania te miały także szczególne znaczenie praktyczne w związku z realizowanym na rzece Białej projektem rewitalizacyjnym polegającym m.in. na wytyczeniu korytarza swobodnej migracji rzeki.

Badania prowadzono od 2006 roku w interdyscyplinarnym zespole, którego byłam członkiem, na rzekach Czarny Dunajec i Biała Tarnowska. Obie badane rzeki są dynamicznymi górnymi rzekami zwirowannymi, które podlegały zróżnicowanej w czasie i przestrzeni antropopresji i które w efekcie cechuje obecnie znaczne zróżnicowanie stopnia złożoności układu koryta. Rzeki te są reprezentatywne dla polskich Karpat tak pod względem współczesnej struktury, jak i zakresu ingerencji człowieka w ich koryta oraz obserwowanych skutków tych działań (np. pogłębienia czy transformacji koryta wielonurtowego w regulacyjne koryta jednokurtowe).

W toku badań określono zróżnicowanie fizycznych parametrów siedlisk, przeprowadzono ocenę jakości hydromorfologicznej, fizyko-chemicznej jakości wody oraz ocenę stanu ekologicznego w oparciu o wskaźniki biotyczne, jednocześnie poddając weryfikacji skuteczność tych wskaźników.

Równolegle określono liczebność oraz bogactwo gatunkowe ichtiofauny (metodą elektropólów) i bogactwo taksonomiczne makrozoobentosu. Oparte na tych danych indeksy biotyczne zostały następnie wykorzystane do oceny stanu ekologicznego badanych rzek oraz porównane z parametrami jakości wody i zróżnicowaniem fizycznych cech siedlisk w badanych przekrojach w celu określenia wpływu warunków hydromorfologicznych rzeki i regulacji koryta na strukturę biocenozy.

Hydromorfologiczną jakość rzek w badanych przekrojach określono, korzystając z opracowanej wcześniej metody waloryzacji *RHQ*. Wyniki tej waloryzacji zostały następnie skonfrontowane z wynikami badań struktury biocenozy celem weryfikacji skuteczności metody i oceny jej przydatności dla potrzeb rewitalizacji rzek. W przypadku rzeki Białej, ocena ta została powtórzona po wystąpieniu wezbrania o 80-letnim okresie powtarzalności, a wyniki obu ocen porównane ze sobą i stanem biocenozy przed i po wezbraniu.

Za najważniejsze wnioski z badań w ramach tematu 5.1 uważam:

- wykazanie, że w badanych reprezentatywnych rzekach karpackich degradacja złożonej struktury koryt (w wyniku regulacji i pogłębienia) była główną przyczyną obniżenia ekologicznej jakości rzek
- stwierdzenie istotnych statystycznie zależności pomiędzy jakością hydromorfologiczną rzeki (fizycznymi cechami siedlisk) a stanem biocenozy i potwierdzenie, że stopień złożoności układu koryta można pośrednio uważać za wskaźnik hydromorfologicznej jakości rzeki górskiej i bogactwa oraz liczebności zasiedlających ją organizmów.
- wykazanie, że to pomijane dotychczas zróżnicowanie morfologiczne rzek karpackich, a nie jakość wody, decyduje współcześnie o stanie biocenozy (liczebności oraz bogactwie gatunkowym ryb i bogactwie taksonomicznym bezkręgowców dennych), przy czym najlepsze fizyczne warunki siedliskowe reprezentują szerokie odcinki wielonurtowe.
- stwierdzenie, że mimo jednoznacznie negatywnego wpływu degradacji wielonurtowych koryt rzecznych na wszystkie badane grupy organizmów, wpływ ten jest wyraźnie zróżnicowany i zależy od rodzaju przekształceń, dlatego też dla określenia wpływu zmian hydromorfologicznych na biocenozę rzeczną oraz oceny stanu ekologicznego rzeki konieczne jest badanie różnych grup organizmów rzecznych.
- wykazanie, że przywrócenie wielonurtowej morfologii i trójwymiarowej łączności ekosystemów rzek górskich jest koniecznym warunkiem poprawy ich stanu ekologicznego (odtworzenia liczebności i zróżnicowania zespołów bezkręgowców dennych i ryb) w zmienionych antropogenicznie odcinkach rzeki.
- zalecenie formułowania ocen stanu ekologicznego rzek na podstawie powtarzanych badań/monitoringu abiotycznych i biotycznych elementów ekosystemu rzeczno-ekologicznego, aby zminimalizować wpływ pojedynczych, dużych zdarzeń hydrologicznych (wezbranie, skrajna

niżówka), ponieważ ich wystąpienie może mieć znaczący wpływ zarówno na morfologię rzeki, jak i na chwilowy stan ekosystemu (załącznik 3: IIA-10).

- udowodnienie, że trafne rozpoznanie tendencji procesów fluwialnych w dynamicznych rzekach górskich oraz zależności między cechami morfologii koryta a stanem biocenozy pozwala na zastosowanie przyjaznych środowisku, nieinwazyjnych i tańszych rozwiązań zapobiegających skutkom powodzi i zniszczeniu infrastruktury w dolinach, które jednocześnie pozwalają na zachowanie lub poprawę stanu ekosystemu (załącznik 3: IIA-9).

Nowatorskość opisanych powyżej badań polega na całościowym podejściu do rzek jako dynamicznych systemów, których istotą są wzajemne relacje i powiązania elementów geomorfologicznych, hydrologicznych, ekologicznych i tych związanych z działalnością człowieka.

Wyniki badań z tego tematu zostały opublikowane w 6 wysoko punktowanych czasopismach z listy JCR (załącznik 3 IIA) i 1 rozdziale monografii o zasięgu międzynarodowym (załącznik 3: IID-5) oraz zaprezentowane na konferencjach o zasięgu międzynarodowym i krajowym (załącznik 3).

5.2. Rola grubego rumoszu drzewnego w funkcjonowaniu cieków górskich

Gruby rumosz drzewny (*LWD*, *large woody debris* lub częściej *LW*, *large wood*) stanowi integralny element naturalnych korytarzy rzek, a jego obecność powoduje szereg fizycznych i ekologicznych skutków wpływających na dynamikę procesów fluwialnych i morfologię koryt rzecznych (Gurnell et al., 2002). Obecnie uważa się, że roślinność i trwała obecność grubego rumoszu drzewnego w obrębie korytarzy rzek w znaczący sposób wpływa na ich geometrię, opory przepływu i transport materiału korytowego, zaś niektórzy autorzy (Gurnell, 2014, Gurnell et al., 2016) wskazują nawet, że rola ta może być dla kształtowania ekosystemów rzecznych kluczowa. Znaczący postęp w rozpoznaniu znaczenia grubego rumoszu drzewnego w funkcjonowaniu naturalnych koryt rzecznych miał miejsce dopiero w ciągu ostatnich 15-20 lat i pomimo, iż zasadnicze mechanizmy dostawy powalonych drzew do koryt cieków górskich w sensie jakościowym zostały już wcześniej rozpoznane, wiele aspektów ilościowych związanych z dostawą, transportem, depozycją grubego rumoszu drzewnego oraz jego interakcjami z abiotycznymi elementami rzek wciąż pozostaje mało zbadanych. Jednocześnie, badania takie muszą być prowadzone osobno dla konkretnego regionu geograficznego (tu: polskich Karpat), ponieważ istniejące zależności wynikają ze zróżnicowania morfologii koryt i zboczy dolin w danym obszarze, składu gatunkowego i wiekowej struktury lasów nadrzecznych oraz charakteru ingerencji człowieka w lasy nadrzeczne i koryta cieków. Dodatkową przyczyną pomijania znaczenia lub słabego rozpoznania funkcji grubego rumoszu drzewnego w rzekach karpacczych jest jego znaczące zubożenie: jest on z rzek w przeważającej części szybko usuwany. Wynika to m.in. z obaw przed zagrożeniem, jakie nagromadzenie napławionego drewna może stwarzać w trakcie wezbrań, z powszechnego w obszarach górskich wykorzystania LWD jako drewna opałowego, lecz także z niesłusznego przekonania zarządzających wodami o jego szkodliwej roli dla ekosystemów rzecznych.

W 2002 r. wraz z dr B. Wyżgą i dr R.J. Kaczką, autorem pionierskich badań nad tamami drzewnymi w rzekach karpacczych, przedstawiliśmy przegląd literatury światowej, podkreślając udokumentowany

wynikami badań jednoznacznie korzystny wpływ, jaki obecność martwego drewna w ciekach wywiera na funkcjonowanie geo- i ekosystemów rzek górskich, jednocześnie proponując przyjęcie terminu *gruby rumosz drzewny* jako odpowiednika angielskiego *coarse woody debris/large woody debris* (załącznik 3)

Nowatorskie w skali kraju badania nad depozycją grubego rumoszu drzewnego, które podjęłam jeszcze w trakcie studiów doktoranckich (w 2001 r.) wraz z dr Bartłomiejem Wyżgą (Instytut Ochrony Przyrody PAN), rozpoczęły cykl badań nad ***Rolą grubego rumoszu drzewnego w funkcjonowaniu rzek górskich***, które w rozszerzonym, interdyscyplinarnym międzynarodowym zespole kontynuowane są do dziś (załącznik 3). W ostatnim czasie moje zaangażowanie we współpracę z polsko-szwajcarskim zespołem realizującym projekt badawczy *Zagrożenie powodziowe na przedpolu Tatr (Flood risk on the northern foothills of the Tatra Mountains – FLORIST)* pozwoliło mi na dalszy udział w badaniach nad dynamiką transportu i depozycją grubego rumoszu drzewnego w rzekach górskich z zastosowaniem nowoczesnych technik badawczych – modelowania numerycznego oraz eksperymentu terenowego z wykorzystaniem radioizotopów (załącznik 3: IIA-11, IIA-13).(załącznik 3).

Łącznie, badania w ramach tego tematu przeprowadzone w różnych zespołach na Czarnym Dunajcu, Białce oraz Kamienicy Gorczańskiej w latach 2001-2016 (z przerwami) pozwoliły na:

- określenie prawidłowości i uwarunkowań depozycji poszczególnych typów nagromadzeń grubego rumoszu drzewnego w rzekach górskich różnej wielkości, w tym wykazanie odmiennego rozmieszczenia grubego rumoszu drzewnego w ciekach węższych i szerszych od wysokości drzew porastających brzegi
- ustalenie cech koryt rzek górskich (także tych poddanych antropopresji), które sprzyjają lub utrudniają depozycję grubego rumoszu drzewnego,
- określenie znaczenia grubego rumoszu drzewnego w rozwoju morfologii koryt rzek karpackich
- rozpoznanie znaczenia grubego rumoszu drzewnego dla formowania kęp w rzekach górskich oraz stworzenie koncepcyjnego modelu ich rozwoju
- ustalenie warunków transportu drewna w rzece o zróżnicowanej morfologii, w tym wykazanie istnienia nieliniowej zależności wielkości transportu drewna od wielkości przepływu oraz istnienia dwóch wartości progowych wielkości przepływu (dolnej i górnej) decydujących o transporcie drewna – różnych dla odcinków koryta o odmiennej morfologii. Badania w Czarnym Dunajcu są pierwszymi, dla których wartości te określono liczbowo.
- określenie praktycznych implikacji transportu i depozycji grubego rumoszu drzewnego w rzekach – dla infrastruktury w dnach dolin (w kontekście zagrożenia powodziowego) oraz możliwości wykorzystania grubego rumoszu drzewnego w rewitalizacji rzek.

Wyniki badań dotyczące tej tematyki zostały opublikowane m.in. w 6 wysoko punktowanych czasopiśmie z tzw. listy filadelfijskiej i prezentowane na konferencjach międzynarodowych, w tym konferencji *Third International Conference Wood in World Rivers* w 2015 r. (załącznik 3).

5.3 Postrzeganie grubego rumoszu drzewnego w ciekach jako czynnik warunkujący ich wykorzystanie w rewitalizacji cieków

W 2003 roku zostałam zaproszona do wzięcia udziału w międzynarodowym programie badawczym „*Perception of wood in streams and rivers*”, kierowanym przez dr. Herve Piegay'a z Francji oraz prof. Kennetha Gregory'ego z Wielkiej Brytanii. Badania w ramach tego programu były prowadzone w międzynarodowym zespole (w 9 krajach), a ich celem było rozpoznanie regionalnych i kulturowych uwarunkowań społecznej akceptacji dla obecności grubego rumoszu drzewnego (LWD) w rzekach, a w dalszej kolejności akceptacji jego reintrodukcji lub wykorzystania w rewitalizacji rzek. Takie podejście w rewitalizacji rzek uznawane jest obecnie za niezwykle skuteczne i wynika z rosnącego od lat. 80. XX wieku rozpoznania istotnej, a nawet kluczowej roli roślinności w funkcjonowaniu naturalnych cieków strefy umiarkowanej. O ile w obszarach mało zaludnionych i cechujących się znaczną lesistością sztuczne wprowadzenie lub zaprzestanie usuwania drewna z koryt rzecznych nie koliduje z prowadzoną dotychczas polityką utrzymania rzek, to w dnach dolin, które są zaludnione i intensywnie użytkowane reintrodukcja usuwanego dotąd grubego rumoszu drzewnego wydaje się być niedopuszczalna, niezależnie od jej środowiskowych korzyści.

Wyniki badań postrzegania grubego rumoszu drzewnego w ramach tematu 5.3 pozwoliły na:

- stwierdzenie, że w większości badanych krajów z wyjątkiem Niemiec, Szwecji i stanu Oregon (USA) obecność drewna w ciekach jest postrzegana negatywnie, a cieki takie uznawane są wprawdzie za bardziej naturalne, lecz jednocześnie nieatrakcyjne estetycznie, niebezpieczne i wymagające interwencji (poprawy)
- stwierdzenie, że w Polsce obecność grubego rumoszu drzewnego jest postrzegana zdecydowanie negatywnie, a uzyskanie społecznego poparcia dla reintrodukcji drewna i wykorzystanie go na większą skalę do rewitalizacji cieków może być bardzo trudne
- wyjaśnienie kulturowych uwarunkowań postrzegania rzek i grubego rumoszu drzewnego w poszczególnych regionach świata
- wskazanie, jakie cechy geomorfologiczne koryt rzecznych decydują o ich pozytywnym lub negatywnym postrzeganiu, oraz wskazanie grubego rumoszu drzewnego i jego pozycji w korycie rzeki jako jednego z głównych czynników decydujących o postrzeganiu krajobrazu rzecznego, niezależnie od innych cech geograficznych ocenianego obszaru ani od kraju pochodzenia oceniających
- określenie roli edukacji akademickiej w kształtowaniu postaw wobec obecności drewna w rzekach wśród studentów różnych uczelni w Polsce, w tym wskazanie, że uwarunkowane społecznie i kulturowo, negatywne postrzeganie grubego rumoszu drzewnego ulega poprawie w toku edukacji na kierunkach biologii i geografii, lecz zostaje wzmocnione w toku studiów z zakresu inżynierii wodnej. Te przeciwstawne prawidłowości nabierają fundamentalnego znaczenia w kontekście udziału absolwentów poszczególnych kierunków w późniejszym zarządzaniu ciekami.

Wyniki badań opisanych powyżej zostały opublikowane w trzech artykułach w czasopiśmie indeksowanym w bazie Journal Citation Reports (JRC) (załącznik 3: II A-1, IIA-2, IIA-13). Pomimo, że ten wątek moich badań dotyczy stosunkowo wąskiej, specjalistycznej tematyki, uważam go za niezwykle istotny dla kształtowania mojego warsztatu badawczego i doświadczenia, ponieważ został podjęty na bardzo wczesnym etapie mojej pracy naukowej. Aktywny udział w programie badawczym realizowanym w międzynarodowym zespole doświadczonych geomorfologów fluwialnych pozwolił mi na zdobycie wiedzy, umiejętności metodycznych i doświadczenia w pracy naukowej oraz w publikacji wyników. Jednocześnie badania te stały się podstawą kontynuowanych przeze mnie obecnie badań nad postrzeganiem krajobrazów rzecznych (ang. *riverscapes*) oraz kształtowaniem pro-środowiskowych postaw wobec rzek w kontekście możliwości pozyskania społecznego poparcia dla odtworzenia naturalnego funkcjonowania rzek górskich.

Cytowana literatura

- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J. 2005. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Warszawa
- Bravard, J.P., Kondolf, G.M., Piégay, H., 1999. Environmental and societal effects of channel incision and remedial strategies.[w:] S.E. Darby, A. Simon, (Eds.), *Incised River Channels*. Wiley, New York, pp. 303–341
- Gurnell A.M., Piégay H., Swanson F.J., Gregory S.V. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology* 47: 601–619
- Gurnell A.M., Surian N., Zanoni L., 2009. Multi-thread river channels: A perspective on changing European alpine river systems. *Aquatic Sciences*, 71:253-265
- Gurnell A.M. 2014. Plants as river system engineers, *Earth Surface Processes and Landforms* 39, 1: 4-25
- Gurnell A. M., Corenblit, D., García de Jalón D., González del Tánago M., Grabowski R.C., O'Hare M. T., Szewczyk M., 2016., A conceptual model of vegetation–hydrogeomorphology interactions within river corridors, *Earth Surface Processes and Landforms* 32,2:142-183
- Karr J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6,6:21-27
- Knighton, A.D., 1999. The gravel–sand transition in a disturbed catchment. *Geomorphology* 27: 325–341
- Kondolf, G. M., Boulton A. J., O'Daniel S., Poole G. C, Rahel F. J., Stanley E. H., Wohl E., Bång A., Carlstrom J., Cristoni C., Huber H., Koljonen S., Louhi P., Nakamura K. 2006. Process-based ecological river restoration: visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society* 11(2): 5 [online]
- Lemons J., Victor R., 2008. Uncertainty in River Restoration, [w:] S. Darby and D. Sear (eds.) *River Restoration: Managing the Uncertainty in Restoring Physical Habitat*, John Wiley & Sons, Ltd, s. 3-14
- Palmer M.A., Bernhardt E.S., Allan J.D., Lake P.S., Alexander G, Brooks S, Carr J, Clayton S, Dahm CN, Follstad S.J., Galat D.L., Loss S.G., Goodwin P., Hart D.D., Hassett B., Jenkinson R., Kondolf G.M., Lave R., Meyer J.L., O'Donnell T.K., Pagano L., Sudduth E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42:208–217
- Piégay H., Darby S., Mosselman E., Surian N. 2005. A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion. *River Research and Applications*, 21: 773-789

Schumm, S.A., 1969. River metamorphosis. *Journal of Hydraulic Division of American Association of Civil Engineers*. 95, 255–273.

Tockner K., Ward J.V., Arscott D.B., 1, Edwards P.J., Kollmann J., Gurnell A.M., Petts G. and Bruno Maiolini B., 2003. The Tagliamento River: A model ecosystem of European importance, *Aquatic Sciences* 65: 239–253.

Vaughan I.P., Diamond M., Gurnell A.M., Hall K.A., Jenkins A., Milner N.J., Naylor L.A., Sear D.A., Woodward G, Ormerod S.J. 2009. Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management, *Aquatic Conservation*. 19: 113–125.

Wyřga, B. 2001. A geomorphologist's criticism of the engineering approach to channelization of gravel-bed rivers: case study of the Raba River, Polish Carpathians. *Journal of Environmental Management* 28,3: 341-358.

Joanna Zawiejska