

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko: Małgorzata Kijowska-Strugała

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

2008 – magister geografii, Instytut Geografii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

2008 – licencjat: Ochrona Środowiska, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

2009 – Certyfikat Asystenta systemu zarządzania środowiskowego (ISO 14001), Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A.

2010 – studia podyplomowe: Ocena oddziaływania na środowisko, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

2013 – doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (IGiPZ PAN) w Warszawie, tytuł rozprawy doktorskiej: *"Transport zawiesziny w warunkach zmieniającej się antropopresji w zlewni Bystrzanki (Karpaty Fliszowe)"*.

Promotor: Prof. dr hab. Zofia Rączkowska

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych:

1.10.2008 r. – młodszy dokumentalista na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku

2.11. 2010 r. – asystent na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku

1.01.2014 r. – adiunkt na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku

11.03.2015 r. – 8.03.2016 r. – urlop macierzyński

od 1.11.2018 r. – kierownik Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku

4. Jako osiągnięcie naukowe, wynikające 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. 2017 r. poz. 1789) przedstawiam cykl sześciu publikacji naukowych powiązanych tematycznie pod zbiorczym tytułem:

WPLYW CZYNNIKÓW NATURALNYCH I WSPÓŁCZESNEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA NA FUNKCJONOWANIE SYSTEMU STOKOWO-KORYTOWEGO W ZLEWNIACH POLSKICH KARPAT ZACHODNICH

a) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy),

Osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego, zostało zawarte w cyklu sześciu oryginalnych publikacji naukowych:

- pięciu artykułów anglojęzycznych, znajdujących się w części „A” wykazu czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 09.12.2016 r. zawierającego historię czasopisma z publikowanych wykazów za lata 2013-2016 opublikowanego na stronach MNiSW w dn. 26 stycznia 2017 r.

- jednego artykułu anglojęzycznego, znajdującego się w części „B” wykazu czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 09.12.2016 r. zawierającego historię czasopisma z publikowanych wykazów za lata 2013-2016 opublikowanego na stronach MNiSW w dn. 26 stycznia 2017 r.

Kolejność prac odzwierciedla układ tematyczny cyklu, który został omówiony poniżej (punktacja MNiSW wg roku publikacji). Mój udział w publikacjach został przedstawiony w załączniku nr 5.

[A1] KIJOWSKA-STRUGAŁA M., KISZKA K., 2018. Environmental factors affecting splash erosion in the mountain area (the Western Polish Carpathians). *Landform Analysis*, 36, s. 97-111. doi: <https://doi.org/10.12657/landfana.036.009>

(IF: brak, MNiSW: 8 pkt)

[A2] KIJOWSKA-STRUGAŁA M., BUCAŁA-HRABIA A., DEMCZUK P., 2018. Long-term impact of land use changes on soil erosion in an agricultural catchment (the Western Polish Carpathians). *Land Degradation & Development*, 29, s. 1871–1884. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2936>

(IF: 7,270, MNiSW: 50 pkt)

[A3] KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2019. Sediment variability in a small catchment of the Polish Western Carpathians during transition from centrally planned to free-market economics. *Geomorphology*, 325, s. 119-129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.008>

(IF: 3,308, MNiSW: 35 pkt)

[A4] KIJOWSKA-STRUGAŁA M., WIEJACZKA Ł., GIL E., BOCHENEK W., KISZKA K., 2017. The impact of extreme hydro-meteorological events on the transformation of mountain river channels (Polish Flysch Carpathians). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 61(1), s. 75-89. doi: <https://doi.org/10.1127/zfg/2017/0434>

(IF: 0,991, MNiSW: 15 pkt)

[A5] KIJOWSKA-STRUGAŁA M., BUCAŁA-HRABIA A., 2019. Flood types in a mountain catchment: The Ochotnica River, Poland. *Acta Geographica Slovenica*, 59 (1), s. 23–36. doi: <https://doi.org/10.3986/AGS.2250>

(IF: 1,333, MNiSW: 15 pkt)

[A6] WIEJACZKA Ł., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2015. Dynamics of the channel beds level in mountain rivers in the light of the minimum water stages analysis. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(4), s. 105-112.

(IF: 0,730, MNiSW: 15 pkt)

Sumaryczny IF osiągnięcia naukowego –13,632

Sumaryczna liczba punktów w punktacji MNiSW –138

b) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Komentarz autorski do cyklu publikacji

Wprowadzenie

Identyfikacja procesów morfogenetycznych jest szczególnie istotna dla rozpoznania funkcjonowania systemu stokowo-korytowego w obszarach górskich (Harvey 2002; Golly i in. 2017). Kierunek i natężenie procesów rzeźbotwórczych zależy od oddziaływania zarówno czynników naturalnych jak i działalności człowieka, które wpływają na łączność systemu stokowo-korytowego w różnych skalach czasowo-przestrzennych (Gregory, Walling 1987; Slaymaker 2000; Bracken i in. 2015; Verstraeten i in. 2017; Goudie 2018). W górach średnich głównymi procesami decydującymi o przekształcaniu stoków są erozja wodna gleby (rozbryzg gleby, spływ wody i splukiwanie gleby) i ruchy masowe (Boardman, Poesen 2007; Persichillo i in. 2018), a w obrębie systemu korytowego największą rolę morfogenetyczną odgrywają wezbrania i transport fluwialny (Stoffel i in. 2016; Poepl i in. 2017). Nakładają się na nie różne formy działalności gospodarczej człowieka, modyfikując kierunek i natężenie procesów naturalnych (Wohl 2006; García-Ruiz 2010; Latocha i in. 2016). Istotnym problemem jest, więc określenie zmiennego w czasie i przestrzeni, udziału procesów hydrologicznych i geomorfologicznych oraz działalności człowieka w transformacji systemu stokowo-korytowego.

Dotychczasowe, prace badawcze prowadzone w polskich Karpatach koncentrowały się na odrębnym rozpoznaniu funkcjonowania systemu stokowego (m.in. Gerlach 1976; Kotarba 1986; Gil 2009; Kijowska-Strugała 2011; Bucala-Hrabia 2017) lub korytowego (m.in. Wyżga 2001; Krzemień 2006; Kijowska-Strugała 2012; Gorczyca i in. 2013; Starkel 2015; Hajdukiewicz i in. 2016; Bryndal i in. 2017). Podejmowano również badania dotyczące łączności systemu stokowo-korytowego (m.in. Gil, Słupik 1972; Słupik 1973, 1981; Gil 1998; Lach 1984; Froehlich 1982; Froehlich, Słupik 1986; Welc 1988; Krzemień, Święchowicz 1992; Gil 1998; Święchowicz 2002, 2018; Starkel 2008; Krzemień i in. 2015; Krzemień, Gorczyca 2018). Badania te były oparte na pojedynczych zdarzeniach lub kilkuletnich seriach pomiarowych i wykazały, że tylko niewielka część materiału uruchamianego na stoku dociera do potoku. Dzieje się tak zwłaszcza w czasie ekstremalnych lub długotrwałych opadów (Gil 1976; Welc 1988; Święchowicz 2002, 2018). Problematyka funkcjonowania systemów stokowego i korytowego oraz łączności pomiędzy nimi jest jednak wciąż aktualna w polskich Karpatach, ze względu na dużą czasowo-przestrzenną zmienność antropopresji w ostatnich dekadach, a także nowe możliwości wykorzystania modelowania empirycznego.

Długotrwałe i/lub intensywne opady atmosferyczne powodują przyspieszenie obiegu wody i materii, prowadząc do wzrostu łączności między systemem stokowym i korytowym (Starkel 2006; Borga i in. 2014; López-Vicente i in. 2015; Święchowicz 2018). Zachodzące w czasie tego typu zdarzeń procesy erozyjno-denudacyjne o ponadprzeciętnym natężeniu mogą przyczynić się do nieodwracalnych zmian w środowisku przyrodniczym i zarazem stanowią ważny etap w ewolucji współczesnych geoekosystemów (Kostrzewski i in. 1994; Izmailow i in. 2004; Starkel 2002, 2015; Gorczyca i in. 2014; Rinaldi et al. 2016; Naylor i in. 2017).

W systemie stokowym pierwsza faza erozji wodnej gleby związana jest z uderzeniem kropli deszczu o powierzchnię stoku, rozbiciem agregatów glebowych, a następnie przemieszczaniem materiału. Rozbryzg gleby (ang. *splash erosion*) jest zatem jednym z najważniejszych czynników, obok spływu powierzchniowego, inicjujących erozję wodną gleb. W literaturze światowej problematyka rozbryzgu gleb jest dyskutowana (Ghahramani i in. 2012; Fernández-Raga i in. 2017), szczególnie w odniesieniu do badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych (Marzen i in. 2015; Saedi i in. 2016; Beczek i in. 2018). W polskich Karpatach Zachodnich badania nad erozją rozbryzgową prowadzone były m.in. przez Gerlacha (1976), Froehlich i Słupika (1980), Śmietanę (1987), Święchowicz (2012), Kijowską-Strugałę i Kiskę (2014). Nieliczne badania koncentrują się na analizie relacji rozbryzgu i splukiwania gleby, wpływu zawartości materii organicznej w glebie na rozbryzg oraz związku między składem granulometrycznym gleby a rozbryzgiem (Święchowicz 2012, 2016).

W badaniach procesów erozji gleby na stokach w ostatnich latach coraz częściej, obok pomiarów bezpośrednich, wykorzystuje się modelowanie. Stało się ono pomocnym narzędziem w podejmowaniu decyzji o zabiegach przeciwoerozyjnych oraz opracowywaniu scenariuszy zagospodarowania terenu w różnych skalach przestrzennych (García-Ruiz 2015). Głównym problemem modelowania erozji gleby jest jego walidacja, ze względu na brak danych niezbędnych do porównania wartości szacowanych z rzeczywistymi stratami gleb (Lazzari i in. 2015). W polskich Karpatach Zachodnich bezpośrednie pomiary splukiwania gleby na stoku doświadczalnym z różnymi formami użytkowania terenu są prowadzone najdłużej (od 1968 r.) na Stacji Badawczej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (IGiPZ PAN) w zlewni Bystrzanki (Gil, Słupik 1972; Gil 1999, 2009). Wyniki tych pomiarów były natomiast rzadko wykorzystywane do walidacji erozji gleb obliczonej w oparciu o modele empiryczne (Demczuk, Gil 2009; Kijowska-Strugała, Demczuk 2015).

Opady atmosferyczne, zwłaszcza te o charakterze ponadprzeciętnym prowadzą do zmian również w systemie korytowym, powodując szybki wzrost przepływu wody i transformację koryt rzecznych (Starkel 2002; Izmailow i in. 2004; Bryndal 2010; Gorczyca i in. 2014). Dyskusja nad wpływem wielkości zdarzeń hydrometeorologicznych (częstsze, przeciętne wezbrania lub ponadprzeciętne wezbrania) na przekształcenia w obrębie koryt rzecznych oraz ewolucję rzeźby wskazuje, że problem jest wciąż aktualny (Wolman, Miller 1960; Surian i in. 2009; Borga i in. 2014). Ponadto wezbrania o podobnych parametrach hydrologicznych, występujące w obrębie tej samej zlewni charakteryzują się odmiennym przebiegiem i w konsekwencji skalą zmian morfologicznych koryt, dlatego pomimo licznych opracowań dokumentujących wpływ opadów na transformację koryt rzecznych, istnieje potrzeba kolejnych studiów na tym zagadnieniu. Szczególnie istotne jest rozpoznanie skutków skupień zdarzeń hydrometeorologicznych, występujących po sobie w krótkich odstępach czasu (ang. *clustering*), (Starkel 2015).

Należy jednak zaznaczyć, że parametry meteorologiczne i hydrologiczne nie zawsze są wystarczające do właściwej interpretacji obserwowanych interakcji w systemie stokowo-korytowym (Świąchowski 2002; Wyżga 2008; Wistuba 2014). Ważna jest również wiedza o innych czynnikach, które w istotny sposób mogą zmieniać znane wzorce funkcjonowania środowiska przyrodniczego zlewni (Walling 2009; Vercruysse i in. 2017). W ostatnich latach szeroko dyskutowana jest rola różnych form antropopresji w systemie stokowym i korytowym (Vanmaercke i in. 2015; Zabaleta 2016). Działalność człowieka może mieć charakter bezpośredni (m.in. regulacja koryt rzecznych, budowa zbiorników retencyjnych) oraz pośredni (m.in. zmiana pokrycia i użytkowania terenu), a ich konsekwencją jest zmiana rodzaju procesów morfogenetycznych, a także ich przestrzennego zróżnicowania i natężenia (Kostrzewski i in. 1994; Korpak 2007; Kozak 2010; Latocha 2014).

Odzwierciedleniem zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym w skali zlewni jest transport materiału zawieszonego (Froehlich 1975, 1982; Łajczak 1992; Froehlich Walling 1997; Walling 2009; Kijowska-Strugała 2015). Zwłaszcza w małych górskich zlewniach transport zawiesiny reaguje stosunkowo szybko na zmiany klimatyczne i różne formy oddziaływania człowieka (Krzemiński, Sobiecki 1998; Świąchowski 2002; Wei i in. 2011). Równocześnie ocena tendencji i prognoza zmian transportu ładunku materiału zawieszonego w małych zlewniach jest trudna ze względu na zazwyczaj krótkie okresy obserwacji (Sun i in. 2016; Vercruysse i in. 2017). Stacja Badawcza IGiPZ PAN w Szymbarku posiada najdłuższą serię badań transportu zawiesiny (od 1970 r.) w całych Karpatach. Seria pomiarowa umożliwia określenie głównych czynników wpływających na

zmienności transportu zawiesiny w korycie Bystrzanki w nawiązaniu do różnych form antropopresji.

W polskich Karpatach Zachodnich po II wojnie światowej aż do końca lat 80. XX w. notowano ciągły wzrost zaludnienia i dominację rolnictwa w strukturze użytkowania ziemi (Bucala-Hrabia 2018). Upadek gospodarki centralnie planowanej w 1989 r., wpłynął na zmniejszenie opłacalności produkcji rolnej w krajach Europy Środkowej i Wschodniej (Baessler, Klotz 2006; Bański 2010; Štych i in. 2012; Munteanu i in. 2014). W Karpatach Zachodnich wprowadzenie gospodarki wolnorynkowej przyspieszyło opuszczanie gruntów ornych i sukcesji w ich miejsce łąk i lasu, przy równoczesnym dalszym wzroście zaludnienia (Kozak 2005; Kolecka i in. 2015, 2017; Bucala-Hrabia 2017). Wpłynęło to na zaprzestanie użytkowania dróg polnych (Krocak i in. 2018) i spadek natężenia erozji gleb (Gil, 2009; Święchowicz 2012; Nowak, Tokarczyk 2013; Kijowska-Strugała, Demczuk 2015), zmieniając także potencjalne źródła dostawy oraz transfer wody i materiału w systemie stokowo-korytowym (Bryndal i in. 2017). Równocześnie wraz z wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej w 2004 r., w wielu zlewniach zwiększyła się ingerencja człowieka w środowisko przyrodnicze w postaci rozbudowy infrastruktury hydrotechnicznej i regulacji nawet niewielkich potoków.

Przedstawiona problematyka wpływu czynników naturalnych i działalności człowieka na funkcjonowanie systemu stokowo-korytowego w Karpatach, stała się motywacją do podjęcia moich badań ze względu na:

- brak wieloletnich pomiarów rozbryzgu na glebach brunatnych (dominujących w Karpatach Zachodnich), który jako czynnik inicjujący erozję wodną stanowi ważne ogniwo w obiegu materii w systemie stokowo-korytowym i potrzebę uzupełnienia wieloletnich pomiarów spłukiwania gleby na różnych formach użytkowania terenu,
- możliwość porównania wieloletnich pomiarów erozji gleb na poletkach doświadczalnych z szacunkami erozji gleb przy użyciu modelu empirycznego w zlewniach karpackich,
- dostępność najdłuższej serii pomiarowej materiału zawieszonego (48 lat obserwacji) w całych Karpatach (w odniesieniu do małych zlewni rzecznych) i wieloletnich pomiarów opadów,
- dużą dynamikę antropopresji i pojawienie się nowych form działalności człowieka w okresie gospodarki wolnorynkowej, przejawiających się w zmianach struktury użytkowania, inwestycji infrastrukturalnych na stokach i w korytach rzecznych, nie mających swych analogii pod względem natężenia i zakresu przestrzennego, w okresie gospodarki centralnie planowanej.

Z powyższych względów analiza wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na funkcjonowanie systemu stokowo-korytowego dotyczy głównie okresu ostatnich 50 lat. Badania prowadzono w małych zlewniach, o powierzchni kilkunastu km² i dużych zlewniach o powierzchni kilkuset km² w polskich Karpatach Zachodnich.

W cyklu publikacji naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe przedstawiono kompleksowe badania uwzględniające procesy morfogenetyczne zachodzące w obrębie stoków i koryt rzecznych wskutek czynników naturalnych i współczesnej działalności człowieka w wybranych zlewniach polskich Karpat Zachodnich. Główne problemy badawcze omawiam w dalszej części opracowania w punktach:

1. Wpływ czynników hydrometeorologicznych i działalności człowieka na system stokowy i korytowy w polskich Karpatach Zachodnich
 - 1.1. Rozbryzg gleby, spływ wody i splukiwanie gleby na stoku
 - 1.2. Natężenie erozji gleb na stokach w świetle modelowania empirycznego
 - 1.3. Transformacja koryt rzecznych
 - 1.3.1. Wpływ ponadprzeciętnych zdarzeń hydrometeorologicznych na morfologię koryt rzecznych
 - 1.3.2. Wpływ działalności człowieka na zmiany położenia den koryt rzek
2. Czasowo-przestrzenna zmienność naturalnych i antropogenicznych źródeł dostawy materiału do koryt rzecznych i transportu zawiesiny w małych zlewniach polskich Karpat Zachodnich
 - 2.1. Zmiany pokrycia i użytkowania terenu
 - 2.2. Zmiany zaludnienia, liczby budynków oraz sieci drogowej
 - 2.3. Osuwiska i erozja koryt rzecznych
 - 2.4. Rola prac inżynierskich
3. Udział czynników hydrometeorologicznych i antropogenicznych w czasowych zmianach transportu materiału zawieszonego

Ad. 1. Wpływ procesów naturalnych i działalności człowieka na system stokowy i korytowy w polskich Karpatach Zachodnich

Ad. 1.1. Rozbryzg gleby, spływ wody i splukiwanie gleby na stoku

Badania rozbryzgu gleby prowadzono na pięciu poletkach doświadczalnych w zlewni Bystrzanki w warunkach naturalnego opadu atmosferycznego z wykorzystaniem powszechnie stosowanej metody lejków. W publikacji [A1] zaprezentowano wpływ różnych czynników środowiskowych: parametrów opadu atmosferycznego (suma opadu, czas trwania opadu,

intensywność opadu, maksymalny 30 min. opad, wskaźnik erozyjności deszczu (EI_{30})), pokrycia i użytkowania terenu (czarny ugór i łąka) oraz nachylenia stoku (0° i 11°) na wielkość rozbryzgu w latach 2012-2016, w okresie od maja do października. Analizowano również skład granulometryczny odrywanego materiału oraz związek między rozbryzgiem a splukiwaniem gleby. Są to pierwsze, długoletnie badania prowadzone na glebach brunatnych w polskich Karpatach Zachodnich. Do badań wybrano dwie formy użytkowania ziemi: czarny ugór oraz łąkę na glebach brunatnych. Uprawy z czarnym ugiem dominują w Karpatach jedynie przez kilka miesięcy w roku we wczesnym stadium okresu wegetacyjnego. Jednak właśnie na takich powierzchniach, niemal nieosłoniętych przez roślinność, rozmiary rozbryzgu i splukiwania są najwyższe. Formę użytkowania w postaci łąk wybrano do badań ze względu na znaczący wzrost ich udziału przy jednoczesnym spadku powierzchni gruntów ornych w strukturze użytkowania terenu w polskich Karpatach Zachodnich po 1989 r. [A2, A3].

W artykule [A1] wykazano, że rozbryzg na stoku o nachyleniu 11° z czarnym ugiem występuje już przy opadzie o wysokości 1,7 mm i natężeniu $1,2 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$. Czarnym ugiem jest najbardziej podatny na rozbryzg gleby spośród wszystkich form pokrycia i użytkowania terenu (Chmielowiec 1977; Gyssels i in. 2005; Szpikowski 2010; Świąchowicz 2012). Wartości te można zatem uznać za dolne progi opadu powodującego rozbryzg, ponieważ większość upraw okopowych w polskich Karpatach Zachodnich zajmuje stoki o nachyleniu do 11° . Na Pogórzu Wiśnickim, gdzie dominują utwory lessopodobne, minimalna wysokość deszczu, podczas której zachodzi rozbryzg na czarnym ugorze, jest o 1 mm niższa i wynosi 0,7 mm (Świąchowicz 2012). Obliczony współczynnik korelacji Spearmana wykazał istotną zależność między rozbryzgiem gleby a parametrami opadów atmosferycznych [A1]. Wyjątkiem był czas trwania opadów, który nie wpływał istotnie na erozję gleby. Obliczony indeks Beta, który pokazuje względny udział każdej ze zmiennych niezależnych (parametry opadu) w predykcji zmiennej zależnej (rozbryzg gleby), wykazał, że suma opadu atmosferycznego oraz natężenie opadów w największym stopniu warunkują rozbryzg gleby na czarnym ugorze. Korelację między sumą opadu atmosferycznego (P), a rozbryzgiem gleby (SE) najlepiej opisuje równanie potęgowe: $SE=0,0258P^{0,7969}$ ($R^2 = 0,34$, $p < 0,001$).

Obliczono także wskaźnik erozyjności deszczu dla poszczególnych opadów, który zawierał się w przedziale od 1,9 do $604,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Największy rozbryzg jednostkowy (w przeliczeniu na 1 m^2) notowano w czasie zdarzeń opadowych z EI_{30} powyżej $50 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Zdarzenia te stanowiły 40% wszystkich obserwowanych opadów, a masa oderwanego materiału stanowiła od 53% do 70% rozbryzgu. Maksymalny rozbryzg był notowany w czasie

deszczu o erozyjności $200 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. W czasie opadów o różnym EI_{30} mniejsze różnice w rozbryzgu jednostkowym notowano na poletku użytkowanym jako łąka w porównaniu do poletka z czarnym ugorzem. Zaobserwowano, że wzrost energii kinetycznej deszczu powodował wzrost rozbryzgu jednostkowego na czarnym ugorze, ale tylko do wartości $196 \text{ MJ mm ha}^{-1}$ [A1]. Wynika to z kompaktacji gleby wskutek oddziaływania dużej energii kinetycznej deszczu. Jest to zgodne z wynikami badań uzyskanymi na Pogórzu Wiśnickim na utworach lessopodobnych (Świąchłowicz 2012).

Ponadto na badanych poletkach z czarnym ugorzem określono wartość EI_{30} , powyżej której odnotowano 90% zdarzeń z rozbryzgiem (percentyl 10%) W analizowanym okresie wartość ta wyniosła $7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Na utworach lessopodobnych, na progu Pogórza Karpackiego (w zlewni Dworskiego Potoku) wartość EI_{30} , powyżej której odnotowano 90% zdarzeń z rozbryzgiem, jest niższa o 60% ($2,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (Świąchłowicz 2012) w stosunku do wartości zmierzonej na glebach brunatnych [A1].

Nachylenie stoku jest kolejnym ważnym czynnikiem naturalnym kontrolującym erozję gleby. Rozbryzg gleby na poletku z czarnym ugorzem, o nachyleniu 11° był średnio o 49% większy w porównaniu do powierzchni płaskiej przy tym samym użytkowaniu ziemi. Rozbryzg jest zatem dodatnio skorelowany z nachyleniem stoku. Ponadto 77% materiału glebowego przemieszczane było w dół stoku, a 23% w górę stoku. W artykule [A1] wykazano, że w polskich Karpatach Zachodnich przy nachyleniu stoków 11° materiał odrywany jest na maksymalną wysokość 50 cm w dół stoku i 30 cm w górę stoku, głównie w czasie opadów o dużej intensywności. Do wysokości 10 cm zarówno w dół jak i górę stoku, przemieszczane jest 75% odrywanego materiału. Frakcja pyłu ($0,05\text{-}0,002 \text{ mm}$) dominowała (62%) zarówno w materiale przemieszczanym w dół jak i w górę stoku do wysokości 20 cm, natomiast powyżej tej wysokości największy udział miała frakcja piasku ($2,00\text{-}0,05 \text{ mm}$). Dodatkowo, skonstruowano nomogram do określania odległości przemieszczania materiału na stokach karpackich w przedziale nachyleń od 9° do 14° z wykorzystaniem modelu Poesen'a i Savat'a (1981). W artykule [A1] stwierdzono, że na stoku z glebami brunatnymi o nachyleniu 11° cząstki gleby wskutek rozbryzgu są przemieszczane na odległość 40 cm w dół stoku oraz 28 cm w górę stoku. Świąchłowicz (2012) w zlewni Dworskiego Potoku wykazała, że materiał przemieszczany jest na maksymalną odległość 48 cm w dół stoku.

Istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość rozbryzgu gleby było użytkowanie ziemi. Przeprowadzona analiza wykazała, że na poletku z łąką odnotowano 95-krotnie niższe wartości rozbryzgu gleby w porównaniu do poletka na czarnym ugorze (przy tym samym 11° nachyleniu stoku). Wynika to ze zwartej pokrywy roślinnej, dobrze rozwiniętej warstwy

korzeniowej i wyższej zawartości materii organicznej na łące, co ogranicza wpływ uderzeń kropli deszczu na odpajanie cząstek gleby [A1].

Po raz pierwszy w Karpatach wykazano wpływ wieloletniego użytkowania poletka (czasu) na wielkość rozbryzgu gleby. Pomiary prowadzono równolegle na kilku poletkach z czarnym ugiem o takim samym nachyleniu lecz z innym czasem uruchomienia poletka (zmiana sposobu użytkowania z łąki na czarny ugi). Badania wykazały, że wraz ze zwiększeniem liczby lat z uprawą rozbryzg gleby wzrasta. W pierwszym roku użytkowania poletka z czarnym ugiem wielkość rozbryzgu była o 68% niższa od wartości uzyskanej na poletku uruchomionym trzy lata wcześniej. Po dwóch i trzech latach funkcjonowania poletka różnica w rozbryzgu między poletkami malała i wyniosła odpowiednio 15% i 3%. Wpływał na to m.in. postępujący rozkład materii organicznej w glebie wraz z kolejnym rokiem uprawy. Ma to znaczenie praktyczne dla ograniczenia erozji, zwłaszcza w obszarach, w których obserwuje się rotacyjną zmianę użytków zielonych na grunty orne lub trwałe przejście z gruntów orných na użytki zielone, co współcześnie dominuje w Karpatach [A2, A3].

Równolegle z pomiarami rozbryzgu w latach 2012-2016, prowadzono badania spływu wody i spłukiwania gleby na pięciu poletkach doświadczalnych z czarnym ugiem o długości 2 m, 4 m, 8 m, 16 m i 32 m położonych w zlewni Bystrzanki [A1]. Czarny ugi wybrano do badań, ponieważ wcześniejsze wieloletnie (1968-2000) pomiary na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku wykazały najwyższe wartości spłukiwania na poletkach z ziemniakami i burakami zwłaszcza w okresie wiosenno-letnim. Ze względu na wczesną fazę rozwoju roślin okopowych i brak zwartej osłony gleb, czarny ugi dominuje wówczas na polu uprawnym (Gil 2009).

W artykule [A1] wykazano, że wartości spływu wody i spłukiwania gleby na czarnym ugorze charakteryzowały się różną częstością i dynamiką. W latach 2012-2016 na poletkach z czarnym ugiem odnotowano 86 zdarzeń ze spływem wody i 70 ze spłukiwaniem gleby, co stanowiło odpowiednio o 5 i 21 zdarzeń mniej niż rozbryzgu gleby. Stwierdzono istotną statycznie korelację ($R^2=0,54$, $p<0,001$) pomiędzy rozbryzgiem (SE) a spłukiwaniem gleby (DE), która została wyrażona równaniem potęgowym: $DE=0,7533SE^{1,947}$. Badania wykazały, że na badanym stoku z czarnym ugiem, roczny ładunek rozbryzgu gleby był o 35% niższy od spłukiwania gleby, jednak analiza pojedynczych zdarzeń opadowych nie była tak jednoznaczna. Rozbryzg gleby był wyższy niż spłukiwanie podczas opadów krótkotrwałych o niewielkiej wysokości. Podczas opadów rozlewnych trwających kilka dni, spłukiwanie gleby było nawet 24-krotnie wyższe od erozji rozbryzgowej. Ponadto w czasie takich zdarzeń

powstawała sieć bruzd erozyjnych, które były pogłębiane przez kolejne opady. Wskazuje to na istotną rolę spływu powierzchniowego w erozji wodnej na stoku.

Nie każdy spływ powierzchniowy wody powodował spłukiwanie gleby. Ponadto długość poletka wpływała na spływ powierzchniowy i spłukiwanie gleby. Najwyższe wartości wskaźnika spływu powierzchniowego notowano na najkrótszym poletku, natomiast najwyższe wartości wskaźnika erozji z 1 m^2 notowano na poletku o długości 16 m. Najwyższą istotną statystycznie ($p < 0,05$) zależność pomiędzy spływem powierzchniowym a spłukiwaniem gleby odnotowano na poletkach o długości 2 m i 16 m. Spływ wody w największym stopniu skorelowany był z wysokością opadu atmosferycznego ($R^2 = 0,43$, $p < 0,001$), a spłukiwanie gleby z EI_{30} ($R^2 = 0,44$, $p < 0,001$).

Zmierzone wartości spływu wody i spłukiwania gleby na czarnym ugorze w latach 2012-2016, są zgodne z wynikami badań notowanymi na poletku z uprawą ziemniaków na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 1968-2000 (Gil 2009). Na powierzchni z uprawą roślin okopowych, spłukiwanie gleby było średnio 95% i 99% wyższe niż na poletkach odpowiednio ze zbożem i łąką. Ponadto wyniki pomiarów rozbryzgu i spłukiwania gleby w zlewni Bystrzanki [A1] zgodne są z wynikami analiz laboratoryjnych wskazujących, że stosunek spłukiwania do rozbryzgu wzrasta wraz ze wzrostem natężenia opadów na stokach o nachyleniu większym od 10° (Mahmoodabadi, Sajjadi 2016).

Ad. 1.2. Natężenie erozji gleb na stokach w świetle modelowania empirycznego

Modelowanie natężenia erozji gleby przeprowadzono w dwóch karpackich zlewniach: Homerki (ciek czwartego rzędu, odwadniający 19 km^2 Beskidu Sądeckiego) [A2] i Bystrzanki (ciek trzeciego rzędu, odwadniający 13 km^2 Beskidu Niskiego i Pogórza Karpackiego) [A3]. Badania prowadzono w oparciu o Zmodyfikowane Uniwersalne Równanie Strat Gleby (Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE, Wischmeier, Smith 1978; Renard i in. 1997) w różnych przedziałach czasowych w odniesieniu do czynników naturalnych oraz działalności człowieka.

W artykule [A2] po raz pierwszy w polskich Karpatach przeprowadzono analizę zmian natężenia erozji gleby w odniesieniu do trzech czynników: opadów atmosferycznych, pokrycia i użytkowania terenu oraz zabiegów przeciwoerozyjnych. W analizie wykorzystano opady atmosferyczne ze stacji opadowej w Łabowej (7 km od zlewni Homerki) w latach 1901-2010 (roczniki austriackie Hydrographisches Zentralbureau 1918 r. i dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej) oraz mapy katastralne z 1846 r. i zdjęcia lotnicze z 2009 (Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej - CODGiK). Szczegółową

analizą objęto dwa pięćdziesięciolecia opadów 1901-1950 oraz 1961-2010 [A2]. Różnice w rocznych sumach opadów i współczynniku erozyjności opadu w dwóch analizowanych okresach dla Łabowej nie były istotne statystycznie (test U Mann-Whitney, $p > 0,05$). Podobne prawidłowości z brakiem trendów w opadach, notowano również w innych obszarach polskich Karpat w XX w. (Wypych, Ustrnul 2016). Test U Manna-Whitney'a, wykazał statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) średniego miesięcznego współczynnika erozyjności opadu tylko dla maja, kiedy był on o 39% wyższy w latach 1961-2010 w stosunku do lat 1901-1950. Różnica wynikała ze zmian udziału dominujących kierunków cyrkulacji atmosferycznej w analizowanych okresach. Należy jednak zaznaczyć, że analiza rocznych i miesięcznych danych opadowych nie wykazała znaczącego wpływu opadów na różnice w stratach gleby w obu badanych pięćdziesięcioleciach.

Analiza z wykorzystaniem modelu RUSLE w zlewni Homerka wykazała, że pomimo braku statystycznie istotnych różnic w dwóch analizowanych pięćdziesięcioleciach (1901-1950 i 1961-2010) średnie natężenie erozji gleby w 2009 r. było o 77% niższe w porównaniu do 1846 r. [A2]. Zmniejszenie powierzchni gruntów ornych o 92% oraz wzrost lasów o 68%, w największym stopniu przyczyniło się do zmniejszenia erozji gleb na stokach (szczegółowa analiza w rozdziale 2.1).

W artykule [A2] oszacowano również wpływ zabiegów przeciwoerozyjnych na natężenie erozji gleb. Wyniki modelowania wykazały, że przy zastosowaniu różnych współczynników dla praktyk rolniczych (orka wzdłuż lub w poprzek stoku, terasowanie stoku) zgodnie z klasyfikacją Stone i Hilborn'a (2000), różnice w potencjalnej erozji gleby w zlewni Homerki wynoszą jedynie 8%. W przypadku gruntów ornych różnica w erozji potencjalnej wyniosła 49%, przy tym samym wskaźniku erozyjności deszczu. Uzyskane wyniki potwierdziły, że stosowane zabiegi przeciwoerozyjne zmniejszają ryzyko erozji gleb, jednak w skali całej zlewni mają mniejsze znaczenie niż zmiany użytkowania ziemi.

Modelowanie erozji wodnej gleb z użyciem RUSLE przeprowadzono również w zlewni Bystrzanki [A3]. Wykorzystano dane opadowe ze Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku położonej w zlewni Bystrzanki (350 m od ujścia Bystrzanki do Ropy) w latach 1970-2017. Analiza statystyczna (test Pettitt i Mann-Kendall) rocznych sum opadów atmosferycznych i wskaźnika erozyjności deszczu wykazała brak istotnych statystycznie trendów w badanym okresie. Równocześnie wykazano spadek natężenia erozji gleby w 2016 r., o 74% w odniesieniu do roku 1969. Podobnie jak w zlewni Homerki zmiany pokrycia i użytkowania terenu, tj. zmniejszenie powierzchni gruntów ornych oraz wzrost powierzchni

z użytkami zielonymi (szczegóły rozdział 2.1) w największym stopniu wpłynęły na zmiany erozji.

Wieloletnie pomiary erozji gleb na poletkach doświadczalnych w zlewni Bystrzanki (Gil 1999) zostały wykorzystane do porównania i kalibracji potencjalnej erozji gleby obliczonej z wykorzystaniem modelu RUSLE w tej samej zlewni [A3]. Umożliwiło to również zastosowanie modelu RUSLE do szacowania potencjalnej erozji wodnej wraz z ekstrapolacją współczynnika kalibracji w zlewni Homerki [A2]. Porównanie pomiarów natężenia erozji na stokach z wynikami modelowania dowodzi przeszacowania natężenia erozji gleby na poszczególnych formach użytkowania terenu w obu zlewniach. Po zastosowaniu zaproponowanego przez Demczuka i Gila (2009) współczynnika korygującego (2,93) średnia erozja gleby w zlewni Bystrzanki była niższa o 19%.

Erozja potencjalna na użytkach zielonych oszacowana przy użyciu modelu RUSLE w zlewni Homerki była o 96% i 75% wyższa od zmierzonej na stokach doświadczalnych odpowiednio w Szymbarku ($0,05 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i Łazach ($0,26 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) (Łajczak i in. 2014). Różnice w erozji gleby między modelem RUSLE, a pomiarami na poletkach doświadczalnych należy wiązać głównie z większym udziałem stromych stoków porośniętych przez użytki zielone w zlewni Homerki [A2]. Wyniki modelowania wskazywały również zawyżone wartości natężenia erozji gleby na bardzo stromych skarpach osuwisk i podcięciach brzegowych w korytach pozbawionych pokrywy roślinnej w obu analizowanych zlewniach. Model RUSLE nie jest jednak przystosowany do szacowania erozji gleb na tak stromych powierzchniach nieużytkowanych rolniczo. Erozja potencjalna na gruntach ornych oszacowana z wykorzystaniem modelu, była zbliżona do wartości średniej erozji mierzonej na stokach doświadczalnych z uprawą ziemniaków na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku ($13,03 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i na Stacji IGiGP UJ w Łazach ($11,28 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) (Gil 2009; Świąchowiec 2010; Łajczak i in. 2014).

Po raz pierwszy wykorzystano badania stacjonarne prowadzone na poletkach doświadczalnych w Szymbarku do walidacji wyników modelowania w zlewni Homerki oddalonej od zlewni Bystrzanki o około 27 km na zachód. W artykule [A2] wykazano, że w zlewni Homerki w analizowanych latach średnia erozja gleby uzyskana w wyniku modelowania była o 66% wyższa niż po zastosowaniu wyników badań z poletek doświadczalnych.

Ad. 1.3. Transformacja koryt rzecznych

Ad. 1.3.1. Wpływ ponadprzeciętnych zdarzeń hydrometeorologicznych na morfologię koryt rzecznych

Rola wezbrań w kształtowaniu morfologii koryt rzek karpackich w oparciu o analizę danych hydrometeorologicznych i badania terenowe po intensywnych opadach deszczu w 2010 r., została zaprezentowana w artykule [A4]. Przedmiotem badań była rzeka Ropa (ciek szóstego rzędu odwadniający 287 km² Beskidu Niskiego po wodowskaz w Szymbarku) oraz jej dwa dopływy: Bystrzanka (ciek trzeciego rzędu, odwadniający 13 km² Beskidu Niskiego i Pogórza Karpackiego) i Bielanka (ciek trzeciego rzędu, odwadniający 13 km² Beskidu Niskiego). Skoncentrowano się na rozpoznaniu skutków skupień opadów występujących po sobie w krótkich odstępach czasu (ang. *clustering*), odnotowanych w wybranych zlewniach w maju i czerwcu 2010 r. W analizie wykorzystano dane opadowe ze Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku. Roczna suma opadu, 1138 mm (od stycznia do grudnia 2010), była trzecia pod względem wysokości opadu w całym analizowanym wieloleciu 1970-2017. Odnotowana w maju 2010 r. suma opadu o wysokości 210 mm, była najwyższą dotąd notowaną wysokością opadu na Stacji i stanowiła 224% średniej miesięcznej sumy opadów dla maja i 25% rocznej sumy opadów (833,5 mm) z wielolecia. W miesiącu tym opad trwał nieprzerwanie przez 13 dni, a liczba dni z opadem sięgnęła 27. W czerwcu suma opadu atmosferycznego, 223 mm, prawie dwukrotnie przewyższyła wieloletnią średnią miesięczną (124,7 mm) i stanowiła 27% średniej sumy opadów dla wielolecia [A4]. Istotny wpływ na przebieg i intensywność procesów modelujących koryta analizowanych rzek w Karpatach miało wystąpienie 3 czerwca 2010 r. najwyższego opadu dobowego, 107 mm (maksymalna intensywność: 0,85 mm min⁻¹). Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu o takiej sumie wynosi 3,9%. Najwyższa godzinowa suma opadu wyniosła 28,0 mm. Współczynnik wydajności deszczu α wyniósł 3,61, co pozwoliło zaklasyfikować opad jako „deszcz ulewny III stopnia” (Chomicz 1951). Analizując okres od 15 maja do 3 czerwca, suma opadu wyniosła 320,4 mm i była najwyższą 20-dniową sumą w badanym 50-leciu. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadu wynosi 4,7% [A4].

Długotrwałe opady przyczyniły się do całkowitego nasycenia podłoża wodą, a w konsekwencji wywołały szybki wzrostu stanów wody i wysokich przepływy w korytach Ropy i jej dopływów [A4]. Poniżej zbiornika Klimkówka, 4 czerwca maksymalny przepływ na Ropie wyniósł 284 m³ s⁻¹ (prawdopodobieństwo 1%). Ze względu na intensywne zasilanie Ropy przez dopływy, przepływ 16 km poniżej zapory, w profilu wodowskazowym IGiPZ PAN w Szymbarku wzrósł już do 490 m³ s⁻¹ (Wiejaczka, Bochenek 2013). Był to najwyższy

przepływ odnotowany w tym profilu wodowskazowym w historii badań i wyższy o 99% od średniego rocznego przepływu.

Przepływy o dużym natężeniu w 2010 r. spowodowały znaczne zmiany w morfologii koryta Ropy, na odcinku 22 km od wodowskazu w Uściu Gorlickim do wodowskazu w Szymbarku. Badania przeprowadzone w 2013 r. [A4] wykazały zmiany w profilu podłużnym koryta o zróżnicowanej skali i kierunku. W odcinkach ujściowych Bielanki i Bystrzanki powstały stożki napływowe, wchodzące do koryta Ropy, które spowodowały nadbudowanie jego dna o 30 cm w stosunku do poziomu z 2000 r. Łacha akumulacyjna, o długości ok. 200 m, ciągnąca się od ujścia Bielanki środkiem koryta Ropy, została nadbudowana głazami o maksymalnych rozmiarach przekraczających 50 cm. Łacha ta od wezbrania w 1985 r., była usytuowana przy prawym brzegu koryta Ropy (Dauksza 2009), a podczas wezbrań w 2010 r. została oddzielona od brzegu rynną o głębokości do 1,3 m, szerokości około 12 m, ciągnącą się na długości 250 m. Wcześniejsze pomiary tego odcinka koryta wskazują, że był on wielokrotnie modelowany (Dauksza 2009), jednak przekształcenia wskutek wezbrań z 2010 r. były największe w ciągu ostatnich 40 lat [A4].

Ad. 1.3.2. Wpływ działalności człowieka na zmiany położenia den koryt rzek

Badania zmian położenia den koryt rzecznych, prowadzono w czterech rzekach karpackich: Ochotnicy [A5], Ropie [A4, A6], Zdyni i Wisłoku [A6]. W analizie wykorzystano codzienne stany wody (z godz. 6:00 UTC) mierzone w przekrojach wodowskazowych w latach 1972-2011 [A5] oraz 1997-2014 [A4, A6], udostępnione przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej (RZGW) w Krakowie.

W Ochotnicy (ciek piątego rzędu, odwadniający 108 km² Gorców po wodowskaz w Tylmanowej), obserwowano zmianę tendencji poziomu koryta z agradacji, średnio o 3,9 cm rok⁻¹ w latach 1972-1996, na pogłębianie średnio o 3,2 cm rok⁻¹ w okresie 1997-2011 [A5]. Należy zaznaczyć, że pomimo zmiany poziomu koryta Ochotnicy nie stwierdzono statystycznie istotnych zmian w częstości występowania wezbrań w analizowanym wieloleciu. Potwierdzeniem pogłębiania koryta Ochotnicy jest również analiza przepływów wody [A5]. Wykazała ona, że w 1997 r. przy najniższym stanie wody 206 cm przepływ wynosił 0,81 m³s⁻¹, a w 2010 r. przy takim samym stanie wody odnotowano przepływ 2,24 m³s⁻¹. Wskazuje to, że w skali wielolecia tym samym minimalnym stanom wody odpowiadają coraz wyższe przepływy [A5]. Okresy agradacji i wcinania się koryta Ochotnicy nawiązują, odpowiednio do okresu gospodarki centralnie planowanej z dużym udziałem gruntów ornych

i gospodarki wolnorynkowej z szybkim spadkiem powierzchni gruntów ornych w zlewniach odwadniających Gorce (Bucala-Hrabia 2017).

Trend wcinania się rzeki Ochotnicy w latach 1997-2014 jest zgodny ze zmianami poziomu koryt w Beskidzie Niskim obserwowanymi w Zdyni (ciek piątego rzędu, odwadniający zlewnię o powierzchni 101 km² po wodowskaz w Uściu Gorlickim) oraz Wisłoka (ciek szóstego rzędu, odwadniający zlewnię o powierzchni 207 km² po wodowskaz w Pastwiskach) w tym samym okresie [A6]. Średnie pogłębianie koryta Zdyni wynosiło 2,2 cm rok⁻¹, a Wisłoka 0,3 cm rok⁻¹ [A6]. Znacznie niższa wartość pogłębiania Wisłoka wynika z większej odporności na erozję jego skalnego koryta. Dotychczasowe badania prowadzone w środkowych i dolnych biegach dużych rzek w Karpatach wykazywały ich pogłębianie, których główną przyczyną były m.in. prace regulacyjne i wydobywanie aluwii, a także zmniejszenie dostawy materiału zwietrzelinowego ze stoków do koryt rzecznych w wyniku zmian w pokryciu i użytkowaniu terenu (Wyźga 2001; Wyźga i in. 2016). Przyczyną wcinania się koryt Wisłoka i Zdyni są wezbrania, a także podobnie jak w sąsiednich zlewniach w Beskidzie Niskim (Lach 1999; Lach, Wyźga 2002) przekształcenie pól uprawnych w łąki i lasy, po wysiedleniu ludności łemkowskiej na przełomie lat 40. i 50. XX w. (Soja 2001; Wolski 2009), które nadal dominują w pokryciu i użytkowaniu terenu.

Bezpośrednim czynnikiem antropogenicznym decydującym o kierunku i skali zmian położenia den koryt rzek karpackich są zbiorniki retencyjne [A4, A6]. Proces pogłębiania koryta Ropy poniżej uruchomionego w 1994 r., zbiornika Klimkówka, przedstawiono w artykule [A4]. W profilach pomiarowych zlokalizowanych poniżej tego zbiornika obserwowano pogłębianie koryta, sięgające kilkudziesięciu centymetrów w czasie jednego wezbrania. Tempo pogłębiania koryta nawiązywało, oprócz liczby i wielkości wezbrań, również do odporności na erozję utworów geologicznych budujących dno, a także odległości od zbiornika retencyjnego. Największe zmiany obserwowano tuż poniżej zbiornika. Wzmoczona erozja wynikała tu ze zmniejszonego obciążenia rzeki materiałem rumowiskowym, zatrzymywanym w zbiorniku i wzmoczoną energią przepływu tzw. *"hungry water effect"* (m. in. Kondolf 1997). Ponadto wraz ze wzrostem odległości od zbiornika pogłębienie koryta malało w wyniku zmniejszenia siły erozyjnej rzeki. Wpłynęła na to m.in. dostawa materiału rumowiskowego wskutek erozji wgłębnej i bocznej Ropy oraz dostarczania materiału przez dopływy.

Analizę zmian położenia dna koryta prowadzono również powyżej zbiornika retencyjnego Klimkówka na rzece Ropie (ciek piątego rzędu, odwadniający 68 km² Beskidu Niskiego po wodowskaz Uście Gorlickie) [A6]. W artykule wykazano, że średnia agradacja

koryta w latach 1997-2014 wynosiła 1,1 cm rok⁻¹. Zaobserwowane podnoszenie poziomu dna koryta było spowodowane głównie spadkiem siły transportowej rzeki w czasie dużych wezbrań, wskutek wyklinowania się cofki zbiornika Klimkówka.

Ad. 2. Czasowo-przestrzenna zmienność naturalnych i antropogenicznych źródeł dostawy materiału do koryt rzecznych i transportu zawiesiny w małych zlewniach polskich Karpat Zachodnich

Ad. 2.1. Zmiany pokrycia i użytkowania terenu

Na zmienność źródeł dostawy materiału do koryt rzecznych w Karpatach wpływają zmiany pokrycia i użytkowania terenu. Były one analizowane w dwóch karpackich zlewniach: Homerki (w latach 1846 i 2009) [A2] oraz Bystrzanki (w latach 1969, 1986, 1997 i 2016) [A3]. Do analizy wykorzystano austriackie mapy katastralne w skali 1:2800 z 1846 r. i ortofotomapy w skali 1:5000 (CODGiK) z 2009 r. [A2] oraz mapy pokrycia i użytkowania terenu sporządzone na podstawie kartowania terenowego i map katastralnych z 1969 r., zdjęć satelitarnych satelity Landsat z 1986 r., a także zdjęć lotniczych w skali 1:26000 i 1:10000 odpowiednio z 1997 r. i 2016 r. (CODGiK) [A3].

W obu analizowanych zlewniach odnotowano podobne prawidłowości tzn. zmniejszenie powierzchni gruntów ornych oraz wzrost powierzchni użytków zielonych i lasów. W zlewni Homerki w 1846 r. grunty orne stanowiły 31% jej obszaru [A2]. Las zajmował 41% powierzchni zlewni i pokrywał głównie górne, strome partie zlewni. W 2009 r., stwierdzono zmniejszenie powierzchni gruntów ornych o 92% i wzrost powierzchni lasów o 68%. Powierzchnia zajmowana przez użytki zielone nie zmieniła się znacząco (28% w 1846 r. i 29% w 2009 r.), a powierzchnia zabudowana wzrosła z 0,1% do 0,4%.

W zlewni Bystrzanki w 1969 r. grunty orne zajmowały 48% zlewni, a lasy i użytki zielone odpowiednio 36% i 3% [A3]. Do 1986 r., jeszcze przed upadkiem gospodarki centralnie planowanej, powierzchnia gruntów ornych zmniejszyła się o 10%, podczas gdy obszar użytków zielonych wzrósł o 66%. W okresie 1986-1997, który obejmuje wczesny etap transformacji od gospodarki centralnie planowanej do gospodarki wolnorynkowej, udział gruntów ornych gwałtownie zmniejszył się o 31%. Jednocześnie powierzchnia użytków zielonych wzrosła o 53%, a lasów o 2%. W okresie 1997-2016, który obejmuje przystąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 r., ogólne tendencje zmian pokrycia i użytkowania terenu pozostały takie same, jednak dynamika zmian była wolniejsza [A3].

W artykule [A2] wykazano, że w latach 1846-2009 na 49% obszaru zlewni Homerki odnotowano spadek powierzchni gruntów ornych i przyrost powierzchni leśnej i użytków

zielonych. W zlewni Bystrzanki na 42% obszaru odnotowano podobne zmiany, ale obejmowały krótszy przedział czasowy 1969-2016 [A3]. Zmiany pokrycia i użytkowania terenu przyspieszyły wraz z wprowadzeniem gospodarki rynkowej po 1989 r. Zmiany te w największym stopniu wpłynęły na zmniejszenie erozji gleb na stokach (rozdział 1.2), a tym samym źródeł dostawy materiału do koryt rzecznych. W obu analizowanych zlewniach najwyższą potencjalną erozję notowano na gruntach ornych ($15,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ w 2009 r.), mniejszą na użytkach zielonych ($1,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), a najmniejszą w obszarach leśnych ($0,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) [A2].

Równocześnie z analizą wpływu zmian pokrycia i użytkowania terenu na erozję w latach 1970-2017, prowadzono badania koncentracji i ładunku materiału zawieszonego wynoszonego ze zlewni Bystrzanki [A3]. Stacjonarne pomiary wykonywane na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku stanowią najdłuższą serię pomiarów zawiesiny w całych Karpatach (w odniesieniu do małych zlewni rzecznych). W okresie badań próby wody podczas wezbrań pobierane były jedną identyczną metodą (butelka o pojemności 1 litra), co umożliwiło określenie wpływu czynników naturalnych i działalności człowieka na transport zawiesiny w potoku.

Zastosowane testy statystyczne Pettitt'a i Mann-Kendall'a nie wykazały żadnych istotnych punktów zmian i trendów w ładunku zawiesiny w zlewni Bystrzanki w analizowanym okresie 1970-2017. Istotne jest jednak, że w pierwszych trzech dekadach (1970-1999) średni ładunek zawiesiny zmniejszył się o 57%. Główną przyczyną zmian było opuszczanie gruntów ornych i zajmowanie ich przez użytki zielone oraz las, co prowadziło do zmniejszenia erozji wodnej na stokach w zlewni Bystrzanki [A3]. Po 2000 r., pomimo dalszego stopniowego spadku powierzchni gruntów ornych, odnotowano jednak wzrost średniego ładunku zawiesiny. Brak istotnego statystycznie punktu zmian i trendu w opadach atmosferycznych i odpływie wody, przy równoczesnym spadku powierzchni gruntów ornych, wskazuje na pojawienie się innych niż użytki rolne, źródeł materiału dostarczanego do sieci rzecznej w zlewni Bystrzanki w latach 2000-2017.

Ad. 2.2. Zmiany zaludnienia, liczby budynków oraz sieci drogowej

W artykule [A3] zaprezentowano zmiany liczby ludności i budynków w latach 1970-2017 w zlewni Bystrzanki na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego oraz Urzędu Gminy Gorlice. Zmiany sieci drogowej opracowano na podstawie dostępnych materiałów kartograficznych oraz badań terenowych dla 1969 r. i 2016 r. Liczba ludności w zlewni wzrosła z 3917 w 1970 r. do 4674 w 2017 r. Największy wzrost zaludnienia

odnotowano w latach 70 i 80. XX w. Rosnącej liczbie ludności towarzyszył wzrost liczby budynków mieszkalnych i gospodarczych z 774 w 1970 r. do 1244 w 2017 r.

Wzrost liczby ludności i budynków jest postrzegany jako pośredni wskaźnik wielu aspektów działalności człowieka, m.in. rozwoju infrastruktury drogowej (Walling 2008). Drogi zwłaszcza przecinające ciek, odgrywają istotną rolę łącznika w systemie stokowo-korytowym (Froehlich, Walling 1997). Drogi utwardzone dostarczają mniej niż 1% zwierzelin do koryt rzecznych (Reid, Dunne 1984), jednocześnie mają one wyższy współczynnik odpływu niż pozostałe formy użytkowania ziemi (Soja, Prokop 1996). Badania eksperymentalne prowadzone w zlewni Bystrzanki w 2014 r. wykazały, że koncentracja zawiesiny na drodze nieutwardzonej (polnej) może być nawet 92% wyższa niż na drodze utwardzonej i o 93% wyższa niż w potoku (Kijowska-Strugała i in. 2019). W zlewni Bystrzanki wzrostowi zaludnienia i liczby budynków, towarzyszył wzrost gęstości sieci dróg z 8 do 11 km km⁻² w latach 1969-2016. Jednak równocześnie następowały zmiany w układzie przestrzennym sieci dróg oraz ich nawierzchni. W 1969 r. wszystkie pola uprawne były połączone z drogami nieutwardzonymi. Wskutek zmian użytkowania ziemi gęstość dróg polnych i dróg przecinających strumienie zmniejszyła się odpowiednio o 22% i 11% do 2016 r. [A3]. Opuszczaniu pól uprawnych i prowadzących do nich dróg polnych na stokach, towarzyszyła budowa nowych dróg utwardzonych, głównie w dnie doliny. Zmniejszenie gęstości dróg polnych ograniczyło dostawę materiału erodowanego ze stoków do koryt rzecznych. Jednocześnie wzrost powierzchni nieprzepuszczalnych w postaci budynków i dróg utwardzonych w zlewni zwiększył lokalnie spływ powierzchniowy.

Ad. 2.3. Osuwiska i erozja koryt rzecznych

W czasie długotrwałych opadów są uruchamiane lub odnawiane osuwiska, które dostarczają dużych ilości materiału do koryta rzecznego (ang. *hotspots*) i odgrywają ważną rolę w łączności systemu stokowo-korytowego (Harvey 1991; Vercruysse i in. 2017). W Karpatach osuwiska zwłaszcza płytkie są powszechne ze względu na rzeźbę terenu i budowę geologiczną (naprzemianległe występowanie piaskowców i łupków oraz zaburzenia tektoniczne) (Rączkowski, Mrozek 2002). W zlewni Bystrzanki osuwiska stanowią 27% obszaru zlewni, a 40% z nich ma bezpośredni kontakt z korytem potoku głównego lub jego dopływami [A3]. W czasie ekstremalnych opadów w 2010 r. stwierdzono uaktywnienie osuwisk przykorytowych. Ich czoła przegradzały koryta, dostarczając materiał złożony z gliny, żwirów, głazów oraz rumoszu drzewnego i blokując swobodny przepływ wody [A3, A4]. W innych częściach polskich Karpat odnotowano podobne skutki intensywnych opadów

deszczu z 2010 r. w postaci powstania nowych i odnowienia starych osuwisk (Bajgier-Kowalska 2011). Badania w zlewni Bystrzanki [A3] wykazały również, że dostawa materiału kolidującego do koryta doprowadziła w początkowej fazie do zwężenia dna doliny, a następnie do wzmożonej erozji przeciwległych brzegów koryta (w stosunku do położenia osuwiska), z których dostarczany był materiał do transportu rzeczno. Wyniki te są zgodne z badaniami prowadzonymi w innych obszarach Karpat fliszowych i w Sudetach Wschodnich (Wistuba 2014).

Jednym z ważniejszych źródeł dostawy materiału do transportu zawiesiny w Bystrzance była erozja koryta [A3]. Badania Walter i in. (2017) wykazały, że nawet 90% wynoszonej zawiesiny może pochodzić z erozji koryta. Erozja w korytach rzek karpackich obserwowana jest zwłaszcza w czasie wysokich przepływów wody [A3, A4, A6]. Analiza wezbrań w 2010 r. zaprezentowana w artykule [A4] wykazała dużą erozję w korytach Bystrzanki i Bielanki zwłaszcza wzdłuż brzegów zbudowanych z łupków o małej odporności.

W czasie ponadprzeciętnego opadu 4 czerwca 2010 r. w potoku Bystrzanka odnotowano najwyższy w całym okresie badań przepływ $57,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Średni dobowy przepływ wyniósł wówczas $11 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i był prawie 70-krotnie wyższy od średniego rocznego przepływu. W odcinku ujściowym Bielanki oszacowany maksymalny przepływ wyniósł $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ [A4] i był prawie 400-krotnie wyższy od średniego rocznego przepływu. Najwyższe koncentracje materiału zawieszonego notowano tuż przed lub po kulminacji tego typu ekstremalnych wezbrań. W czasie wezbrania w czerwcu 2010 r. koncentracja zawiesiny przekroczyła 40 kg m^{-3} i była najwyższą wartością odnotowaną w potoku w całym okresie badawczym [A3].

W profilach podłużnych potoków Bystrzanki i Bielanki wydzielono odcinki morfodynamiczne związane z erozją, transportem oraz depozycją materiału po wezbraniach w 2010 r. [A4]. Stwierdzono wyraźną zależność pomiędzy erozją boczną, a wewnętrzną stroną zakoli koryta, gdzie proces ten zachodził najintensywniej. Na całej długości koryta Bystrzanki około 50% świeżych podcięć erozyjnych osiągało wysokość do 2 m. Ponadto strome krawędzie brzegów w analizowanych potokach były dodatkowo rozcinane przez spływ powierzchniowy. W miejscach, gdzie wysokość brzegów koryta była niższa od 1 m, dochodziło do depozycji osadu o miąższości do 50 cm i nadbudowywania teras zalewowych. Dna koryt obu potoków zostały pogłębione miejscami do 15 cm, a poniżej progów skalnych wskutek erozji wgłębnej, utworzyły się kotły eworsyjne o głębokościach sięgających 1,4 m. Na dużą siłę transportową potoków podczas wezbrań w 2010 r. wskazuje przemieszczanie głazów o średnicy dochodzącej nawet do 100 cm. Obliczona jednostkowa moc strumienia w czasie wezbrania 4 czerwca 2010 r. w potoku Bielanka (zlewnia beskidzka) była 3,5-

krotnie wyższa w porównaniu do Bystrzanki (zlewnia beskidzko-pogórska) i osiągała wartość ponad 2000 W m⁻². W odcinkach naturalnych i sztucznych przewężeń w korycie Bielanki i Bystrzanki rumosz drzewny tworzył naturalną barierę dla wezbranych wód transportujących różnofrakcyjny materiał. Prowadziło do przenoszenia nurtu wody na obrzeża przeszkód, zajmujących środkowe części koryt, a tym samym do znacznej erozji brzegów i uszkodzeń dróg i przyczółków mostu [A4].

W artykule [A4] wykazano, że w dostawie materiału do koryta istotną rolę odgrywają także boczne doliny u wylotu których w czasie intensywnych opadów, powstają stożki o średniej objętości 30 m³ zbudowane z ostrokrawędzistego materiału różnej frakcji. Największy stożek, o powierzchni 950 m², został utworzony w korycie Bystrzanki, w odcinku ujściowym do Ropy. Podobny stożek powstał również w korycie Bielanki. Przeprowadzone badania wykazały, że natężenie procesów rzeźbotwórczych podczas opadów i wezbrań o charakterze ponadprzeciętnym jest o kilka rzędów wielkości wyższe w porównaniu do okresów z przeciętnymi warunkami opadowymi [A4].

Ad. 2.4. Rola prac inżynierskich

W artykule [A3] przeanalizowano i zaprezentowano wpływ prac inżynierskich na dostawę materiału w systemie stokowo-korytowym w skali zlewni. W Karpatach w ostatnim 20-leciu impulsem do podjęcia prac inżynierskich była powódź z 1997 r., która uszkodziła brzegi koryt i infrastrukturę hydrotechniczną (mosty, umocnienia brzegowe) w wielu małych zlewniach. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej ułatwiło wykorzystanie dodatkowych funduszy na regulację niewielkich potoków takich jak np. Bystrzanka. Prace budowlane w tej zlewni polegały głównie na wzmacnianiu przyczółków mostów i brzegów potoków, utwardzaniu nawierzchni uszkodzonych dróg wskutek wezbrań, budowie kładek dla pieszych i nowych dróg, a także stabilizacji osuwisk oraz oczyszczaniu rowów przydrożnych [A3]. Największa ingerencja człowieka w pobliżu i w korycie potoku miała miejsce w drugiej połowie 2009 r. i na początku 2010 r. W tym czasie wywiercono otwory drenażowe i uszczelniono rowy wzdłuż drogi głównej w dnie doliny, ustabilizowano sześć osuwisk schodzących do koryta i przebudowano największy most na potoku głównym. W wyniku prac regulacyjnych 2-kilometrowy odcinek potoku Bystrzanki został wzmocniony gabionami siatkowo-kamiennymi. W pierwszych etapach prac budowlanych obserwowano niszczenie pokrywy roślinnej, usuwanie zwietrzliny, a także lokalne zmiany rzeźby powstałe w skutek usuwania lub nadbudowywania brzegów koryta materiałem skalnym [A3]. Taka ingerencja człowieka w środowisko oprowadziła do wytworzenia dużych ilości nieskonsolidowanego

materiału, który był usuwany w czasie opadów atmosferycznych przez długi czas (ang. *legacy effect*) [A3, A4].

Analiza ładunku zawiesiny w Bystrzance w pierwszej dekadzie XXI w. wykazała jego niższe wartości w porównaniu do lat 70. i 80. XX w. odpowiednio o 33% i 7%, ale równocześnie wyższe o 17% od średniego ładunku w latach 90. XX w. W latach 2010-2017 ładunek transportowanej zawiesiny był już najwyższy w całym okresie badawczym 1970-2017. Pojawienie się nowego źródła dostawy materiału do koryta Bystrzanki, wskutek prac inżynierskich w korycie w pierwszej i drugiej dekadzie XXI w., w znaczący sposób wpłynęło na zaburzenie związku między zmniejszeniem powierzchni gruntów ornych i zmniejszeniem wynoszonej ze zlewni zawiesiny obserwowanego jeszcze pod koniec XX w.

Ad. 3. Udział czynników hydrometeorologicznych i antropogenicznych w czasowych zmianach transportu materiału zawieszonego

W artykule [A3] na podstawie analizy głównych składowych (Principal Component Analysis - PCA), przedstawiono wpływ czynników hydrometeorologicznych i działalności człowieka na łączność systemu stokowo-korytowego w zlewni Bystrzanki. Wykorzystano w tym celu ładunek materiału zawieszonego wynoszonego ze zlewni w latach 1970-2017 oraz dane o czynnikach wpływających na dostawę materiału do koryta w dwóch kontrastujących okresach: 1970-1989 (gospodarka centralnie planowana) oraz 2000-2017 (gospodarka wolnorynkowa). Analiza wykazała, że pierwsze dwa komponenty wyjaśniały większą część całkowitej wariancji, tj. 69% w okresie gospodarki centralnie planowanej i 79% w okresie gospodarki wolnorynkowej. W okresie gospodarki centralnie planowanej pierwszy komponent wyjaśniał 49% wariancji, obejmując zmienne antropogeniczne (powierzchnię gruntów ornych i użytków zielonych, liczbę ludności i budynków i gęstość dróg) i zmienne hydrologiczne (odpływ wody, liczbę wezbrań, przepływ średni i maksymalny). Drugi komponent wyjaśniał 20% wariancji i zawierał tylko zmienne meteorologiczne (roczną sumę opadu atmosferycznego, sumę opadu w miesiącach letnich i liczbę dni z opadem). W okresie gospodarki wolnorynkowej pierwszy komponent wyjaśniał 43% wariancji i obejmował jedynie zmienne hydrometeorologiczne. Drugi komponent wyjaśniał 36% wariancji i zawierał tylko zmienne antropogeniczne. Istotne jest, że w obu analizowanych okresach rozwoju społeczno-gospodarczego ładunek materiału wynoszonego ze zlewni wykazywał istotną statystycznie zależność ($p < 0,05$) jedynie z pierwszym komponentem.

Na podstawie przeprowadzonej analizy PCA można zatem stwierdzić, że w okresie gospodarki centralnie planowanej, zarówno czynniki naturalne jak i działalność człowieka

wpływały na ładunek wynoszonego materiału ze zlewni. Struktura pokrycia i użytkowania terenu z dużym udziałem gruntów ornych była w tym czasie ważnym źródłem transportowanego materiału przez Bystrzankę. W okresie gospodarki wolnorynkowej nie zaobserwowano istotnej zależności między ładunkiem zawiesiny transportowanym w potoku a pokryciem i użytkowaniem terenu. Ładunek zawiesiny wzrósł pomimo braku trendów w zmiennych hydrometeorologicznych i spadku powierzchni gruntów ornych w zlewni Bystrzanki. Analiza PCA wykazała więc istotne znaczenie nowych źródeł dostawy materiału do sieci rzecznej, takich jak prace inżynierskie, na które nałożyły się ponadprzeciętne zdarzenia hydrometeorologiczne, odnawiające osuwiska i uruchamiające erozję w korycie [A3].

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane zagadnienia w cyklu moich 6 publikacji obejmują badania wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na system stokowo-korytowy w polskich Karpatach Zachodnich. Przy braku statystycznie istotnych trendów w warunkach hydrometeorologicznych, w ostatnich 50-ciu latach współczesna działalność człowieka w postaci zmian pokrycia i użytkowania terenu oraz rozbudowy infrastruktury, znacząco wpłynęła na funkcjonowanie systemu stokowo-korytowego w badanych zlewniach różnej wielkości. Współoddziaływanie naturalnych czynników i zmieniających się form antropopresji znalazło również wyraźne odzwierciedlenie w czasowych zmianach transportu materiału zawieszonego w małej zlewni. Wyniki moich badań mogą mieć wartość aplikacyjną dla potrzeb racjonalnego gospodarowania czy strategii ograniczania erozji wodnej w górach.

Najważniejsze wyniki uzyskane w prezentowanym cyklu prac można podsumować w następujących punktach:

1. Na podstawie pięcioletniej serii pomiarów, wyznaczono wartość progową początku rozbryzgu na glebach brunatnych w polskich Karpatach Zachodnich oraz wykazano wpływ sumy i czasu trwania opadu, natężenia opadu, maksymalnego 30 min. opadu, wskaźnika erozyjności deszczu, nachylenia stoku, a także działalności człowieka w postaci użytkowania ziemi na wielkość odrywanego i przemieszanego materiału glebowego. Ustalono związek między rozbryzgiem i spłukiwaniem gleby na stoku, w postaci równania potęgowego opracowanego na podstawie kilkuletniej serii pomiarów eksperymentalnych. Ponadto po raz

pierwszy w Karpatach określono wpływ czasu i formy użytkowania terenu na wielkość rozbryzgu gleby w wieloleciu (z pomiarami na kilku poletkach równocześnie).

2. Udowodniono, że przy braku statystycznie istotnych zmian w trendach wieloletnich opadów atmosferycznych, struktura użytkowania ziemi, a zwłaszcza udział gruntów ornych w największym stopniu determinuje natężenie erozji gleb na stokach w polskich Karpatach Zachodnich, a wpływ stosowanych praktyk przeciwozyjnych ma mniejsze znaczenie w skali małej górskiej zlewni.

3. Zastosowanie modelu RUSLE do oceny natężenia erozji gleb w tej samej zlewni, w której prowadzono wieloletnie pomiary spłukiwania na stokach doświadczalnych pozwoliło na badania porównawcze. Wykazały one przeszacowanie natężenia erozji gleb obliczonej w oparciu o model oraz umożliwiły jego kalibrację, a także ekstrapolację wyników na inne małe zlewnie w polskich Karpatach Zachodnich.

4. Wykazano, że w obszarach górskich wezbrania ponadprzeciętne odgrywają główną rolę w transformacji koryt rzecznych. Stwierdzono, że funkcjonowanie zapór wodnych potęguje obserwowaną poniżej ich lokalizacji tendencję do pogłębiania dna koryta w czasie ponadprzeciętnych zdarzeń hydrometeorologicznych. Poza strefą oddziaływania zbiornika zaporowego dominującą rolę w kształtowaniu poziomu dna koryta, odgrywają boczne dopływy oraz antropopresja związana ze zmianami użytkowania ziemi. Wykazano związek między zmniejszeniem erozji gleby na stokach, a pogłębianiem koryt rzek karpackich (do 3 cm rok⁻¹ – rzeka Ochotnica) w okresie gospodarki wolnorynkowej. Stwierdzony wpływ pokrycia i użytkowania terenu na zmianę poziomu koryt cieków w ich górnych biegach, uzupełnia dotychczasowe badania prowadzone na dużych rzekach karpackich w ich środkowych i dolnych biegach.

5. Stwierdzono, że przejście od systemu gospodarki centralnie planowanej do wolnorynkowej i regulacje prawne związane z wejściem Polski do Unii Europejskiej, zmieniły natężenie i formy oddziaływania czynników antropogenicznych w polskich Karpatach Zachodnich, co znalazło odzwierciedlenie w zmianie źródeł dostawy i wielkości transportowanej zawiesiny w skali zlewni.

6. Udowodniono, stosując metody statystyczne do analizy najdłuższej w Karpatach 48-letniej serii pomiarowej materiału zawieszonego (w odniesieniu do małych zlewni rzecznych), że w okresie gospodarki centralnie planowanej przed 1989 r., zarówno czynniki naturalne jak i antropogeniczne, w tym zwłaszcza intensywna działalność rolnicza była ważnym źródłem dostawy materiału do sieci rzecznej. W okresie gospodarki wolnorynkowej, a zwłaszcza po wejściu Polski do Unii Europejskiej, nie zaobserwowano już istotnej zależności między ładunkiem zawiesiny transportowanym w potoku, a pokryciem i użytkowaniem terenu. Odpowiedzialna za to była zmiana form działalności człowieka z rolniczej na intensywne prace inżynierskie w korycie, na które nałożyły się ponadprzeciętne zdarzenia hydrometeorologiczne odnawiające osuwiska i uruchamiające erozję.

7. Wykazano, że przy braku statystycznie istotnych trendów w opadach atmosferycznych, istotną rolę w dostawie materiału do koryta odgrywają skupienia ponadprzeciętnych zdarzeń hydrometeorologicznych, których skutki nakładają się na skutki różnych form działalności człowieka. Zwiększają one łączność systemu stokowo-korytowego, prowadząc do zwiększenia ładunku transportowanej zawiesiny

8. Stwierdzono, że rekonstrukcja lub prognoza zmian w systemie stokowo-korytowym wymaga nie tylko szczegółowych danych hydrometeorologicznych oraz znajomości struktury pokrycia i użytkowaniu terenu, ale również rozpoznania dodatkowych, naturalnych i antropogenicznych czynników prowadzących do zaburzeń równowagi w środowisku przyrodniczym, takich jak m.in. osuwiska czy prace inżynierskie. W związku z tym, jedynie analiza wieloletnich serii pomiarowych elementów środowiska przyrodniczego i kompleksowe obserwacje form działalności człowieka, pozwalają na właściwą interpretację zmian funkcjonowania systemu stokowo-korytowego w zlewni górskiej.

Literatura

- Baessler C., Klotz S., 2006. *Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and cultivated weed vegetation over the last 50 years*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 115(1), 43-50.
- Bajgier-Kowalska M., 2011. *Procesy osuwiskowe w gminie Lanckorona na Pogórzu Wielickim jako efekt rozlewnych opadów w maju 2010 roku*. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 58, 27-39.
- Bański J., 2010. *Rozwój gospodarki rolnej w Polsce*. [w:] Bański J. (red.), Atlas Rolnictwa Polski, Warszawa, 25-37.
- Beczek, M., Ryżak, M., Lamorski, K., Sochan, A., Mazur, R., Bieganski, A., 2018. *Application of X-ray computed microtomography to soil craters formed by raindrop splash*. Geomorphology, 303, 357-361.
- Boardman J., Poesen J. (red.), 2007. *Soil erosion in Europe*. John Wiley & Sons.
- Borga M., Stoffel M., Marchi L., Marra F., Jakob M., 2014. *Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: flash floods and debris flows*. Journal of Hydrology, 518, 194-205.
- Bracken L.J., Turnbull, L., Wainwright J., Bogaart P., 2015. *Sediment connectivity: a framework for understanding sediment transfer at multiple scales*. Earth Surface Processes and Landforms, 40(2), 177-188.

- Bryndal T., 2010. *Parametry hydrologiczne wezbrań spowodowanych krótkotrwałymi intensywnymi opadami deszczu w Polsce*. Annales UMCS, Sectio B, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 65, 43-71.
- Bryndal T., Franczak P., Krocak R., Cabaj W., Kołodziej A., 2017. *The impact of extreme rainfall and flash floods on the flood risk management process and geomorphological changes in small Carpathian catchments: a case study of the Kasiniczanka river (Outer Carpathians, Poland)*. Natural Hazards, 88(1), 95-120.
- Bucała-Hrabia A., 2017. *Long-term impact of socio-economic changes on agricultural land use in the Polish Carpathians*. Land Use Policy, 64, 391-404.
- Bucała-Hrabia A., 2018. *Land use changes and their catchment-scale environmental impact in the Polish Western Carpathians during transition from centrally planned to free-market economics*. Geographia Polonica, 91(2), 171-196.
- Chmielowiec S., 1977. *Bombardująca działalność kropel deszczu i jej rola w modelowaniu stoków Pogórza*, Manuskrypt, Instytut Geografii UJ.
- Chomicz K., 1951. *Ulewy i deszcze nawalne w Polsce*. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 2(3), 17-88.
- Dauksza L., 2009. *The Ropa river channel changes during 20th century at Szymbark (Polish Flysch Carpathians)*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 43, 115-126.
- Demczuk P., Gil E., 2009. *The application of the USLE model in the automatic mapping of soil erosion in the Bystrzanka catchment (Flysch Carpathian)*. Quaestiones Geographicae, 28(2), 15-25.
- Fernández-Raga M., Palencia C., Keesstra S., Jordán A., Fraile R., Angulo-Martínez M., Cerdà A., 2017. *Splash erosion: A review with unanswered questions*. Earth-Science Reviews, 171, 463-477.
- Froehlich W., 1975. *Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 1-114.
- Froehlich W., 1982. *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 143, 1-144.
- Froehlich W., 1992. *Mechanizm erozji i transportu fluwialnego w zlewniach beskidzkich*. [w:] Kotarba A. (red.), System denudacyjny Polski. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 155, 171-189.
- Froehlich W., Słupik J., 1980. *Importance of splash in erosion process within a small flysch catchment basin*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 14, 77-112.
- Froehlich W., Słupik J., 1986. *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*. Przegląd Geograficzny, 58, 67-87.
- Froehlich W., Walling D.E., 1997. *The role of unmetalled roads as a sediment source in the fluvial systems of the Polish Flysch Carpathians*. International Association of Hydrological Sciences Publication, 245, 159-168.
- García-Ruiz J.M., Beguería S., Nadal-Romero E., González-Hidalgo J.C., Lana-Renault N., Sanjuán Y., 2015. *A meta-analysis of soil erosion rates across the world*. Geomorphology, 239, 160-173.
- García-Ruiz J.M., 2010. *The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review*. Catena, 81(1), 1-11.
- Gerlach T., 1976. *Bombardująca działalność kropel deszczu i jej znaczenie w przemieszczaniu gleby na stokach*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 10, 125-137.
- Ghahramani A., Yoshiharu I., Mudd S.M., 2012. *Field experiments constraining the probability distribution of particle travel distances during natural rainstorms on different slope gradients*. Earth Surface Processes and Landforms, 37(5), 473-485.
- Gil E., 1976. *Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna, 2, 1-65.
- Gil E., 1998. *Spływ wody i procesy geomorfologiczne w zlewniach fliszowych podczas gwałtownej ulewy w Szymbarku w dniu 7 czerwca 1985 roku*. Dokumentacja Geograficzna, 11, 85-107.
- Gil E., 1999. *Obieg wody i splukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980—1990*, Zeszyty IGiPZ PAN, 60, 1-78.
- Gil E., 2009. *Ekstremalne wartości splukiwania gleby na stokach użytkowanych rolniczo w Karpatach Fliszowych*. [w:] Bochenek W., Kijowska M. (red.), Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce, 191-218.
- Gil E., Słupik J., 1972. *The influence of plant cover and land use on the surface run-off and wash-down during heavy rain*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 6, 181-190.
- Golly A., Turowski J.M., Badoux A., Hovius N., 2017. *Controls and feedbacks in the coupling of mountain channels and hillslopes*. Geology, 45(4), 307-310.
- Gorczyca E., Krzemień K., Wrońska-Walach D., Sobucki M., 2013. *Channel changes due to extreme rainfalls in the Polish Carpathians*. [w:] Lóczy D. (red.), Geomorphological impacts of extreme weather. Case studies from Central and Eastern Europe. Springer, Dordrecht, 23-35.

- Gorczyca E., Krzemień K., Wrońska-Walach D., Boniecki M. 2014. *Significance of extreme hydrogeomorphological events in the transformation of mountain valleys (Northern Slopes of the Western Tatra Range, Carpathian Mountains, Poland)*. Catena, 121, 127-141.
- Goudie A.S., 2018. *Human impact on the natural environment*. John Wiley & Sons.
- Gregory K.J., Walling D.E., (red.), 1987. *Human Activity and Environmental Processes*. Wiley, Chichester
- Gyssels G., Poesen J., Bochet E., Li Y., 2005. *Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review*. Progress in Physical Geography, 29(2), 189-217.
- Hajdukiewicz H., Wyżga B., Mikuś P., Zawiejska J., Radecki-Pawlik A., 2016. *Impact of a large flood on mountain river habitats, channel morphology, and valley infrastructure*. Geomorphology, 272, 55-67.
- Harvey A.M., 1991. *The influence of sediment supply on the channel morphology of upland streams: Howgill Fells, Northwest England*. Earth Surface Processes and Landforms, 16(7), 675-684.
- Harvey A.M., 2002. *Effective timescales of coupling within fluvial systems*. Geomorphology, 44(3-4), 175-201.
- Hydrographisches Zentralbureau 1918. *Das Donau-Gebiet. Wasserstands-beobachtungen. Jahrbuch des Hydrographischen Zentralbureaus im k.k. Ministerium für öffentliche Arbeiten*. Wien 20 (1912), 1-306.
- Izmailow B., Kamykowska M., Krzemień K., 2004. *Geomorfologiczna rola katastrofalnych wezbrań w transformacji górskiego systemu korytowego na przykładzie Wilszni (Beskid Niski)*. [w:] Izmailow B. (red.), Przyroda-Człowiek-Bóg, IGiZP, Kraków, 69-80.
- Kijowska-Strugała M., 2011. *The role of downpours in transformation of slopes in the Polish Carpathian Foothills*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 45, 69-87.
- Kijowska-Strugała M., 2012. *Impact of downpours on fluvial processes in the Polish Carpathians as exemplified by the Bystrzanka stream*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 46(1), 25-40.
- Kijowska-Strugała M., 2015. *Transport zawiesiny w warunkach zmieniającej się antropopresji w zlewni Bystrzanki (Karpaty Fliszowe)*. Prace Geograficzne IGiZP PAN, 247, 1-141.
- Kijowska-Strugała M., Bochenek W., Kiszka K., Ptaszek E., 2019. *Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Beskid Niski w 2018 roku*, 175 ss. (opracowanie niepublikowane znajdujące się w Głównym Inspektoracie Ochrony Środowiska w Warszawie).
- Kijowska-Strugała M., Demczuk P., 2015. *Impact of land use changes on soil erosion and deposition in a small Polish Carpathians catchment in last 40 years*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 10(2), 261-270.
- Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2014. *Ocena wielkości rozbryzgu gleby na stoku pogórskim (Karpaty fliszowe, zlewnia Bystrzanki)*. Annales UMCS, Sectio B, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 69(2), 79-95.
- Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ginzler C., Psomas A., 2015. *Mapping secondary forest succession on abandoned agricultural land with LiDAR point clouds and terrestrial photography*. Remote Sensing, 7, 8300-8322.
- Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ostafin K., Ostapowicz K., Wężyk P., Price B., 2017. *Understanding farmland abandonment in the Polish Carpathians*. Applied Geography, 88, 62-72.
- Kondolf G. M., 1997. *PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels*. Environmental Management, 21(4), 533-551.
- Korpak J., 2007. *The influence of river training on mountain channel changes (Polish Carpathian Mountains)*. Geomorphology, 92(3-4), 166-181.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994. *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Bogucki, Poznań.
- Kotarba A., 1986. *Rola osuwisk w modelowaniu rzeźby beskidzkiej i pogórskiej*. Przegląd Geograficzny, 3, 7-24
- Kozak J., 2005. *Zmiany powierzchni lasów w Karpatach Polskich na tle innych gór świata*. Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Kozak J., 2010. *Forest cover changes and their drivers in the Polish Carpathian Mountains since 1800*. [w:] Reforesting Landscapes Springer Netherlands, 253-273.
- Krocak R., Fidelus-Orzechowska J., Bucała-Hrabia A., Bryndal T., 2018. *Land use and land cover changes in small Carpathian catchments between the mid-19th and early 21st centuries and their record on the land surface*. Journal of Mountain Science, 15(12), 2561-2578.
- Krzemień K., Sobiecki K., 1998. *Transport of dissolved and suspended matter in small catchments of the Wieliczka Foothills near Łazy*. Prace Geograficzne, 103, 83-100.
- Krzemień K., 2006. *Badania struktury i dynamiki koryt rzek karpackich*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, 4(1), 131-142.
- Krzemień K., Gorczyca E., 2018. *Potok Konina: wpływ zmian użytkowania zlewni na nasilenie erozji wgłębnej w korycie*. [w:] Krzemień K., Gorczyca E., Sobucki M. (red.), Antropogeniczne uwarunkowania współczesnych procesów fluwialnych, Konferencja naukowa w 50-lecie powołania Zakładu Geomorfologii w Uniwersytecie Jagiellońskim, 10-12 września 2018 r. Kraków-Rabka Zdrój, 55-59.

- Krzemień K., Gorczyca E., Sobucki M., Liro M., Łyp M., 2015. *Effects of environmental changes and human impact on the functioning of mountain river channels, Carpathians, southern Poland*. Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation, 47(3), 249-260.
- Krzemień K., Świąchowicz J., 1992. *Zróżnicowanie i zmienność koncentracji zawiesiny w zlewni Starej Rzeki*. Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 88, 71-86.
- Lach J., 1984. *Geomorfologiczne skutki antropopresji rolniczej w wybranych częściach Karpat i ich Przedgórze*. Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków, 1-142.
- Lach J., 1999. *Współczesne tempo erozji wgłębnej w dorzeczu górnej Wisłoki Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza*. Instytut Geografii UJ, Kraków, 219-229.
- Lach J., Wyżga B., 2002. *Channel incision and flow increase of the upper Wisłoka River, southern Poland, subsequent to the reforestation of its catchment*. Earth Surface Processes and Landforms, 27, 445-462.
- Latocha A., 2014. *Geomorphic connectivity within abandoned small catchments (Stołowe Mts, SW Poland)*. Geomorphology, 212, 4-15.
- Latocha A., Szymanowski M., Jeziorska J., Stec M., Roszczewska M., 2016. *Effects of land abandonment and climate change on soil erosion—An example from depopulated agricultural lands in the Sudetes Mts., SW Poland*. Catena, 145, 128-141.
- Lazzari M., Gioia D., Piccarreta M., Danese M., Lanorte A., 2015. *Sediment yield and erosion rate estimation in the mountain catchments of the Camastra artificial reservoir (Southern Italy): a comparison between different empirical methods*. Catena, 127, 323-339.
- López-Vicente M., Quijano L., Palazón L., Gaspar L., Navas A., 2015. *Assessment of soil redistribution at catchment scale by coupling a soil erosion model and a sediment connectivity index (Central Spanish Pre-Pyrenees)*. Cuadernos de investigación geográfica, 41 (1), 127-147.
- Łajczak A., 1992. *Odptyw materiału unoszonego ze zlewni karpackich dopływów Wisły*. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 35, 61-75.
- Łajczak A., Margielewski W., Rączkowska Z., Świechowicz J., 2014. *Contemporary geomorphic processes in the Polish Carpathians under changing human impact*. Episodes, 37(1), 21-32.
- Mahmoodabadi M., Sajjadi S.A., 2016. *Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion*. Geomorphology, 253, 159-167.
- Marzen M., Iserloh T., Casper M.C., Ries J.B., 2015. *Quantification of particle detachment by rain splash and wind-driven rain splash*. Catena, 127, 135-141.
- Munteanu C., Kuemmerle T., Boltiziar M., Butsic V., Gimmi U., Halada L., Kaim D., Király G., Konkoly-Gyuró E., Kozak J., Lieskovský J., Moyses M., Müller D., Ostafin K., Ostapowicz K., Shandra O., Štych P., Walker S., Radeloff V.C., 2014. *Forest and agricultural land change in the Carpathian region—a meta-analysis of long-term patterns and drivers of change*. Land Use Policy, 38, 685-697.
- Naylor L.A., Spencer T., Lane S.N., Darby S.E., Magilligan F.J., Macklin M.G., Möller I., 2017. *Stormy geomorphology: geomorphic contributions in an age of climate extremes*. Earth Surface Processes and Landforms, 42(1), 166-190.
- Nowak A., Tokarczyk N., 2013. *Evaluation of soil resilience to anthropopressure in Łosie village (Lower Beskids Mts)—preliminary results*. Ekologia 32(1), 138-147.
- Persichillo M.G., Bordoni M., Cavalli M., Crema S., Meisina C., 2018. *The role of human activities on sediment connectivity of shallow landslides*. Catena, 160, 261-274.
- Poepl R.E., Keesstra S.D., Maroulis J., 2017. *A conceptual connectivity framework for understanding geomorphic change in human-impacted fluvial systems*. Geomorphology, 277, 237-250.
- Poesen J., Savat J., 1981. *Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash Part 2: Detachability and transportability measurements*. Catena, 8, 19-41.
- Rączkowski W., Mrozek T. 2002. *Activating of landsliding in the Polish Flysch Carpathians by the end of the 20th century*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 36, 91-111.
- Reid L.M., Dunne T., 1984. *Sediment production from forest road surfaces*. Water Resources Research, 20, 1753-1761.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C., 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 703, 1-404.
- Rinaldi M., Amponsah W., Benvenuti M., Borga M., Comiti F., Lucía A., Marchi L., Righini M., Surian N., 2016. *An integrated approach for investigating geomorphic response to extreme events: methodological framework and application to the October 2011 flood in the Magra River catchment, Italy*. Earth Surface Processes and Landforms, 41(6), 835-846.
- Saedi T., Shorafa M., Gorji M., Khalili Moghadam B., 2016. *Indirect and direct effects of soil properties on soil splash erosion rate in calcareous soils of the central Zagross, Iran: A laboratory study*. Geoderma, 271, 1-9.
- Slaymaker O. (red.), 2000. *Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change*. Wiley, Chichester.

- Ślupik J., 1973. *Zróżnicowanie splywu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*. Dokumentacja Geograficzna, 2, 1-118.
- Ślupik J., 1981. *Rola stoku w kształtowaniu odpływu w Karpatach fliszowych*. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 142, 1-97.
- Soja R., Prokop P., 1996. *Drogi jako element antropogenicznego przekształcenia środowiska*. [w:] Soja R., Prokop P. (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Monitoring geoeosystemów górskich, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 91-98.
- Soja M., 2001. *Rozwój ludnościowy a zmiany użytkowania ziemi w Beskidzie Niskim w XIX i XX wieku*. Problemy Ekologii Krajobrazu, 10.
- Starkel L., 2002. *Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems)*. Quaternary International, 91, 25-32.
- Starkel L., 2006. *Geomorphic hazards in the Polish Flysch Carpathians*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 10, 7-19.
- Starkel L., 2008. *Procesy stokowe i fluwialne przekształcające rzeźbę: czy model z lat 70. jest nadal aktualny?*. Landform Analysis, 9, 16-20.
- Starkel L., 2015. *Clusters of extreme floods; their role in the transformation of fluvial systems*. Zeitschrift für Geomorphology, Supplementary Issues, 59 (3), 59-71.
- Stoffel M., Wyżga B., Marston R.A., 2016. *Floods in mountain environments: a synthesis*. Geomorphology, 272, 1-9.
- Stone RP, Hilborn D., 2000. *Universal Soil Loss Equation (USLE)*. Ontario, Min. Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, 1-9.
- Štych P., Bičik I., Stonáček V., Bláha J., 2012. *Change of land use patterns 1827-2005*. [w:] Bičik I., Himiyama Y., Feranec J., Štych P. (red.), Land Use/Cover Changes in Selected Regions in the World, IGU-LUCC, Prague, 7, 37-41.
- Sun L., Yan M., Cai Q., Fang H., 2016. *Suspended sediment dynamics at different time scales in the Loushui River, south-central China*. Catena, 136, 152-161.
- Surian N., Mao L., Giacomini, M., Ziliani L., 2009. *Morphological effects of different channel-forming discharges in a gravel-bed river*. Earth Surface Processes and Landforms, 34(8), 1093-1107.
- Szpikowski J., 2010. *Uwarunkowania i wielkość rozbryzgu gleby na podstawie pomiarów na powierzchniach testowych w zlewni Chwalimskiego Potoku (Pomorze Zachodnie)*. Prace i Studia Geograficzne, 45, 181-195.
- Śmietana M., 1987. *Zróżnicowanie rozbryzgu gleby na użytkowanych rolniczo stokach fliszowych*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 21, 161-182.
- Świąchowiec J., 2010. *Ekstremalne splukiwanie i erozja liniowa na stokach użytkowanych rolniczo w polskich Karpatach fliszowych*. Prace i Studia Geograficzne, 45, 29-48.
- Świąchowiec J., 2002. *Linkage of slope wash and sediment and solute export from a foothill catchment in the Carpathian Foothills of South Poland*. Earth Surface Processes and Landforms, 27(13), 1389-1413.
- Świąchowiec J., 2012. *Wartości progowe parametrów opadów deszczu inicjujących procesy erozyjne w zlewniach użytkowanych rolniczo Kraków*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Świąchowiec J., 2016. *Susceptibility to water erosion soils derived from loess-like deposits (Brzesko Foreland, Southern Poland)*. [w:] Świąchowiec J., Michno A. (red.), Wybrane zagadnienia geomorfologii eolicznej: monografia dedykowana dr hab. Bogdanie Izmailow w 44. rocznicę pracy naukowej, 331-366.
- Świąchowiec J., 2018. *The assessment of influence of soil erosion by water in the transformation of agricultural slopes of the Wiśnicz Foothills*. Landform Analysis, 36, 85-95.
- Vanmaercke M., Poesen J., Govers G., Verstraeten G., 2015. *Quantifying human impacts on catchment sediment yield: a continental approach*. Global and Planetary Change, 130, 22-36.
- Vercruysse K., Grabowski R.C., Rickson R.J., 2017. *Suspended sediment transport dynamics in rivers: multi-scale drivers of temporal variation*. Earth-Science Reviews, 166, 38-52.
- Verstraeten G., Broothaerts N., Van Loo M., Notebaert B., D'Haen K., Duser B., De Brue H., 2017. *Variability in fluvial geomorphic response to anthropogenic disturbance*. Geomorphology, 294, 20-39.
- Walling D.E., 2008. *The changing sediment loads of the world's rivers*. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Land Reclamation, 39, 3-20.
- Walling D.E., 2009. *The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progress and future challenges*. Scientific UNESCO, France.
- Walter R.C., Merritts D., Rahnis M.A., Gellis A., Hartranft J., Mayer P.M., Langland M., Forshay K., Weitzman J.N., Schwarz E., Bai Y., Blair A., Carter A., Daniels S.S., Lewis E., Ohlson E., Peck E.K., Schulte K., Smith D., Stein Z., Verna D., Wilson E., 2017. *Sediment Budgets and Sources Inform a Novel Valley Bottom Restoration Practice Impacted by Legacy Sediment: The Big Spring Run, PA, Restoration Experiment*. AGU Fall Meeting Abstracts.
- Wei J., He X., Bao Y., 2011. *Anthropogenic impacts on suspended sediment load in the Upper Yangtze river*. Regional Environmental Change, 11(4), 857-868.

- Welc A., 1988. *Wpływ opadów na wielkość i czas trwania transportu zawiesiny w potoku Bystrzanka (Karpaty Zachodnie)*. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 22, 145-169.
- Wiejaczka Ł., Bochenek W., 2013. *Przekształcanie dna koryta rzeki górskiej w czasie dużych wezbrań na przykładzie Ropy*. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 132, 27-38.
- Wischmeier W.H, Smith D., 1978. *Predicting Rainfall Erosion Loss: A Guide to Conservation Planning*. *USDA Agricultural Handbook*. *US Department of Agriculture*: Washington, DC.
- Wistuba M., 2014. *Slope-channel Coupling as a Factor in the Evolution of Mountains: the Western Carpathians and Sudetes*. Springer.
- Wohl E., 2006. *Human impacts to mountain streams*. *Geomorphology*, 79(3), 217-248.
- Wolman M. G., Miller J. P., 1960. *Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes*. *The Journal of Geology*, 68(1), 54-74.
- Wolski J., 2009. *Następstwa zaniku antropopresji na obszarach górskich - dyskusja zależności "proces a region" w ujęciu różnoskalowym*. *Przegląd Geograficzny*, 81 (1), 47-73.
- Wypych A., Ustrnul, Z., 2016. *Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851-2010 oraz potencjalne scenariusze zmian 2021-2060*. [w:] Kozak J., Kaim D. (red.), Forecom. *Podręcznik użytkownika*, Kraków: Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 21-28.
- Wyżga B., 2001. *Impact of the channelization-induced incision of the Skawa and Wisłoka Rivers, Southern Poland, on the conditions of overbank deposition*. *Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management*, 17(1), 85-100.
- Wyżga B., 2008. *A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century*. [w:] Habersack H., Piégay H., Rinaldi M. (red.), *Gravel-bed Rivers VI – From Process Understanding to River Restoration*, Elsevier, Amsterdam, 525-556.
- 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.
- Zabaleta A., Antiguada I., Barrio I., Probst J.L., 2016. *Suspended sediment delivery from small catchments to the Bay of Biscay. What are the controlling factors?*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(13), 1894-1910.

4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

Moje pozostałe zainteresowania badawcze koncentrują się na zagadnieniach rozpoznania stanu i przemian środowiska przyrodniczego gór związanego ze zmianami klimatu i działalnością człowieka, w tym wpływu zbiorników zaporowych na wybrane elementy środowiska przyrodniczego. Poza polskimi Karpatami Zachodnimi prowadziłam badania na Pustyni Negev w Izraelu oraz w górach południowo-wschodniego skłonu Himalajów w Chinach.

Podjmowane przeze mnie badania naukowe można pogrupować w kilka zagadnień tematycznych, które znalazły swoje odzwierciedlenie w dorobku publikacyjnym, konferencyjnym oraz w realizowanych projektach badawczych:

1. Rozpoznanie stanu oraz przemian abiotycznych i biotycznych elementów środowiska przyrodniczego w zlewni Bystrzanki
2. Środowiskowe skutki opadów atmosferycznych oraz zmian pokrycia i użytkowania terenu w polskich Karpatach Zachodnich
3. Wpływ zbiorników retencyjnych na wybrane elementy środowiska przyrodniczego
4. Ocena stanu hydromorfologicznego rzek w różnych strefach klimatycznych
5. Rozpoznanie i udokumentowanie osuwisk oraz terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi w wybranych regionach Karpat

Ad. 1. Rozpoznanie stanu oraz przemian abiotycznych i biotycznych elementów środowiska przyrodniczego w zlewni Bystrzanki

Od początku mojej pracy naukowej na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku (od 2008 r.) realizuję badania związane ze Zintegrowanym Monitoringiem Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), który funkcjonuje w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego oraz z programem badań Stacji. Do sieci ZMŚP należy jeszcze 10 Stacji Bazowych w Polsce. Uczestnictwo w programie ZMŚP i praca na Stacji umożliwiła mi współpracę z innymi ośrodkami naukowymi m.in. UJK w Kielcach (Stacja Łysogóry), IOŚ w Warszawie (Stacja Puszcza Borecka), UAM w Poznaniu (Stacja Wolin), UMK w Toruniu (Stacja Pojezierze Chełmińskie) oraz Parkami Narodowymi m.in. Roztoczańskim, Karkonoskim, Kampinoskim, Wigierskim i Wolińskim. Aktywnie działając w sieci ZMŚP uczestniczyłam w realizacji 4 projektów badawczych (48/2009/F - lata 2009-2011, 35/2012F - lata 2012-2014, 18/2015/F - lata 2015-2017, 19/2018/F - lata 2018-2020) finansowanych przez NFOŚiGW. Badania, prowadzone w zlewni Bystrzanki, dostarczają informacji o poszczególnych elementach środowiska przyrodniczego (przyrody ożywionej i nieożywionej) i umożliwiają kompleksową ocenę funkcjonowania monitorowanego geosystemu zlewni Bystrzanki (Bochenek, Kijowska-Strugała i in. 2018). Dane uzyskiwane w ramach ZMŚP są wykorzystywane w skali lokalnej, regionalnej i europejskiej (Kostrzewski 1995). Od 2017 r. sieć badawczo-pomiarowa ZMŚP należy do europejskiego programu ICP Integrated Monitoring. Efektem prowadzonych badań w zlewni Bystrzanki są coroczne raporty (opracowania specjalistyczne wykorzystujące dorobek naukowy) o stanie i przemianach środowiska przyrodniczego badanego geosystemu (Bochenek, Kijowska

2010; Kijowska, Bochenek 2011; Bochenek i in. 2012, 2013, 2014, 2017, 2018; Kijowska-Strugała i in. 2019) oraz internetowe bazy, które obejmują dane: meteorologiczne, chemizmu powietrza, chemizmu opadów atmosferycznych, chemizmu opadu podkoronowego (Bochenek i in. 2008; Kijowska, Bochenek 2009), chemizmu spływu po pniach drzew, metali ciężkich i siarki w porostach, roztworów glebowych, wód podziemnych, opadu organicznego, wód powierzchniowych, uszkodzenia drzew i drzewostanów, epifitów nadrzewnych, fauny bezkręgowej. Uzyskane dane wraz z badaniami z innych Stacji Bazowych stanowią podstawę do sporządzenia prognoz rozwoju środowiska przyrodniczego w Polsce oraz przedstawienia sposobów przeciwdziałania jego zagrożeniom.

W 2018 r. ukazała się synteza badań prowadzonych na poszczególnych Stacjach Bazowych w latach 1994-2015 (Bochenek i in. 2018a). W opracowaniu zaprezentowano kompleksowe informacje o związkach przyczynowo-skutkowych w środowisku geograficznym poszczególnych Stacji Bazowych. W potoku Bystrzanka ważnym wskaźnikiem jakości środowiska jego zlewni były koncentracje biogenów (Bochenek i in. 2018a). Mimo wzrostowego trendu średnich rocznych ilości substancji rozpuszczonych w wodzie Bystrzanki stwierdzono coraz niższe sumaryczne koncentracje substancji biogennych, na co wpływ miało kilka czynników: (1) zmiany pokrycia i użytkowania terenu na obszarze zlewni (zmniejszenie powierzchni użytków rolnych), (2) ograniczona dostawa substancji pochodzenia rolniczego oraz (3) rozwój sieci kanalizacyjnej w dolnej części zlewni Bystrzanki, przez co ograniczeniu uległa dostawa ścieków bytowych do koryta. Stwierdzono, że średni roczny ładunek substancji dostarczanych z opadem atmosferycznym stanowi jedynie 5,5% ładunku odprowadzanego z odpływem wody poza zlewnię Bystrzanki.

Analizie poddano także temperaturę powietrza w latach 1968-2009 (Kijowska 2010) oraz 1971-2015 (Bochenek i in. 2018b). Stwierdzono, że przeciętny czas trwania okresu wegetacyjnego wynosił 222 dni (od 174 do 250 dni) i rozpoczynał się średnio 31 marca a kończył 6 listopada. Współczynnik zmienności dat początku sezonu był 3,5-krotnie wyższy niż dat końca. Przeprowadzona analiza pozwoliła także stwierdzić, że wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w Szymbarku o 1°C spowoduje wydłużenie okresu wegetacyjnego o 9,5 dnia. Wykorzystanie różnych wskaźników klimatycznych pozwoliło również na wykazanie intensyfikacji cech klimatu kontynentalnego w Szymbarku (Bochenek i in. 2018b), co skutkuje coraz częstszym występowaniem miesięcy ciepłych i wilgotnych, szczególnie w okresie letnim, a także zmniejszeniem się liczby miesięcy chłodnych i suchych.

Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora:

- Bochenek W., Józwiak M., Kijowska M., Kozłowski R., 2008. *Zróźnicowanie opadu podkoronowego w wybranych ekosystemach leśnych w Górach Świętokrzyskich i Beskidzie Niskim*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 9(08), 47-55.
- Bochenek W., Kijowska M. (red.), 2009. *Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 328 ss.
- Kijowska M., Bochenek W., 2009. *Przestrzenne zróźnicowanie wskaźnika opadu podkoronowego, pH i przewodności elektrolitycznej właściwej w drzewostanie świerkowym (*Picea Excelsa*) i grabowym (*Carpinus Betulus*) w 2007 r.* [w:] Bochenek W.,

Kijowska M. (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 42-54.

Kijowska M., 2010. *Charakterystyka okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968-2009*. Rocznik Świętokrzyski seria B - Nauki Przyrodnicze, Kielce, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, 29-45.

Opracowania specjalistyczne wykorzystujące dorobek nauki, wykonane w ramach Zintegrowanego Środowiska Przyrodniczego (Państwowy Monitoring Środowiska) przekazane do Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie

Bochenek W., Kijowska M., 2009. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2008*, 87 ss.

Bochenek W., Kijowska M., 2010. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2009*, 95 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2013. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2012*, ss. 154.

Kijowska M., Bochenek W., 2011. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2010*, 99 ss.

Bochenek W., Kijowska M., Kiszka K., 2012. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2011*, 127 ss.

Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora:

Bochenek W., Kijowska-Strugała M (red.), 2018. *Ocena funkcjonowania i kierunków zmian środowiska przyrodniczego Polski na podstawie wieloletnich badań stacjonarnych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 32, 288 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała, Kiszka K., 2018a. *Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geoekosystemu zlewni Bystrzanki*. [w:] Kostrzewski A., Majewski M. (red.), *Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geoekosystemów Polski w latach 1994-2015 w oparciu o realizację programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska przyrodniczego*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 359-390.

Bochenek, W., Kijowska-Strugała, M., Kiszka, K., 2018b. *Wieloletnie tendencje warunków klimatycznych w Szymbarku na podstawie wybranych wskaźników*. Przegląd Geograficzny, 90(1), 35-52.

Opracowania specjalistyczne wykorzystujące dorobek nauki, wykonane w ramach Zintegrowanego Środowiska Przyrodniczego (Państwowy Monitoring Środowiska) przekazane do Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2014. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2013*, 140 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2017. *Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2016*, 141 ss.

- Kijowska-Strugała M., Bochenek W., Kiszka K., Ptaszek E., 2018. *Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Szymbark w 2017 roku*, 183 ss.
- Kijowska-Strugała M., Bochenek W., Kiszka K., Ptaszek E., 2019. *Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Beskid Niski w 2018 roku*, 175 ss.

Ad. 2. Środowiskowe skutki opadów atmosferycznych i zmian pokrycia i użytkowania terenu w polskich Karpatach Zachodnich

Zagadnienia wpływu opadów i wezbrań na system stokowy i korytowy towarzyszą mi od początku mojej pracy naukowej. Główną przyczyną podjęcia badań były długotrwałe i intensywne opady w 2010 r. kiedy doszło do przekroczenia wartości progowych procesów geomorfologicznych i zaburzenia równowagi systemu stokowo-korytowego. W efekcie powstało kilka prac koncentrujących się na zagadnieniach transformacji systemu stokowego i korytowego (Kijowska 2011a, b; Kijowska, Bochenek 2011; Wiejaczka, Kijowska 2011; Kijowska 2012; Kijowska-Strugała 2015). Badania prowadzono w obszarach o rzeźbie beskidzkiej i pogórskiej. Na Pogórzu Wiśnickim efektem opadów w 2010 r. było powstanie form erozyjnych w postaci wąwozów (głębokość do 3 m), bruzd erozyjnych oraz form akumulacyjnych w postaci stożków proluwialno-deluwialnych w obrębie pola z uprawą kukurydzy w początkowej fazie wzrostu (Kijowska 2011). Oszacowano, że wielkość erozji z jednej tylko formy sięgała 384 ton. Przeprowadzone badania pozwoliły także na uszczegółowienie schematu przekształcania stoków w Karpatach zaproponowanego przez Gerlacha (1966). Zagadnienia erozji na stokach karpackich zostały ujęte również w kilku kolejnych artykułach (Wiejaczka, Kijowska 2011; Kijowska-Strugała, Kiszka 2015; Kijowska-Strugała i in. 2018).

Problematyka badań dotycząca zagrożeń naturalnych w Karpatach realizowana była m.in. w dwóch międzynarodowych projektach badawczych realizowanych z Bułgarską Akademią Nauk (WZ-082-3/12 - lata 2011-2014) oraz Słowacką Akademią Nauk (SK-PL003512 - lata 2013-2014) w których byłam wykonawcą. Przedmiotem analizy były także wezbrania w Karpatach (Kijowska 2011b, 2012; Kijowska-Strugała 2017), transport fluwialny oraz zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne wielkości ziaren transportowanych w formie zawieszonej podczas różnych typów wezbrań (Kijowska, Bochenek 2011; Kijowska-Strugała 2015; Kijowska-Strugała 2017).

W ramach zagadnienia skutków zmian pokrycia i użytkowania ziemi prowadzono badania dotyczące określenia erozji i depozycji pokryw stokowych w zlewni Bystrzanki z zastosowaniem modelu Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED) w 4 różnych okresach związanych z różnym użytkowaniem ziemi (Kijowska-Strugała, Demczuk 2015). Wykazano, że średnio na 58% powierzchni obserwuje się procesy erozji. Powierzchnia obszarów z gruntami ornymi, gdzie obserwowano wysokie zagrożenie erozją, w 1969 r. wynosiła 47% badanego obszaru, a w 2003 r. była o 13% niższa. Zaobserwowano także wzrost powierzchni użytków zielonych i spadek powierzchni gruntów orných na których notowano depozycję, co bezpośrednio nawiązuje do zmian w pokryciu i użytkowaniu terenu. Symulacje obszarów akumulacji materiału uzyskane na podstawie modelu USPED, wykazały

stopniowy wzrost powierzchni obszarów z akumulacją o natężeniu do 5 t ha⁻¹. Wyniki prowadzonych badań w zlewni Bystrzanki potwierdziły także istnienie bariery dla rozwoju gospodarki rolnej związanej z rzeźbą terenu i warunkami klimatycznymi, które wpływają niekorzystnie na uprawę rolną (Kijowska-Strugała 2016).

Problematyka erozji wodnej realizowana była również w ramach projektu zamawianego przez Pieniński Park Narodowy (LF-081-1.3.10B/2014), w którym byłam głównym wykonawcą. Głównym celem prowadzonych badań było określenie tempa i kierunków regeneracji roślinności wzdłuż wyremontowanych szlaków turystycznych oraz zweryfikowanie, czy zastosowana technologia remontu nawierzchni i zastosowane zabezpieczenia poprawiają stan ścieżek turystycznych i ograniczają erozję. Przeprowadzone badania wykazały, że szlaki turystyczne podlegają intensywnemu przekształcaniu wskutek antropogenicznych i naturalnych procesów rzeźbotwórczych. Udowodniono, że w wyniku przeprowadzonych prac remontowych w obrębie monitorowanych szlaków obserwuje się zmniejszenie średniej szerokości ścieżki, spadek powierzchni wydeptania pokrywy roślinnej, ograniczenie procesów erozyjnych oraz zmniejszenie ilości i głębokości form erozyjnych w nawierzchni badanych dróg. Stwierdzono, że stosowana przez Pieniński Park Narodowy gospodarka remontowa przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa turystów podczas wędrówki oraz poprawy stanu środowiska przyrodniczego.

Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora:

- Kijowska M., 2011a. *The role of downpours in transformation of slopes in the Polish Carpathian Foothills*. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 45, 67-85.
- Kijowska M., 2011b. *Geneza i przebieg wezbrań we fliszowej zlewni Bystrzanki w latach 1995-2009*. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, KTN Kielce, 12, 59-68.
- Kijowska M., Bochenek W., 2011. *Dynamics of suspended material carried out from the Flysch Bystrzanka catchment during selected rainfall events in the period of 1997-2008*. *Questiones Geographicae*, Poznań, 47-56.
- Wiejaczka Ł., Kijowska M., 2011. *Proces splukiwania gleby na stokach o różnym użytkowaniu (Beskid Niski i Pogórze Karpackie)*. *Aura*, 3(11), 13-15.
- Kijowska M., 2012. *Impact of downpours on fluvial processes in the Polish Carpathians as exemplified by Bystrzanka stream*. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 46, 25-40.

Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora:

- Kiszka K., Kijowska-Strugała M., 2014. *Monitoring efektów związanych z remontem szlaków - erozja gleby. Raport wstępny z badań przeprowadzonych w Pienińskim Parku Narodowym w 2014 r.* (LF-081-1.3.10B/2014), 46 ss.
- Kijowska-Strugała M., 2015. *Transport zawiesiny w warunkach zmieniającej się antropopresji w zlewni Bystrzanki (Karpaty fliszowe)*. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 140 ss.
- Kijowska-Strugała M., Demczuk P., 2015. *Impact of land use changes on soil erosion and deposition in a small Polish Carpathians catchment in last 40 years*. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10 (2), 261-270.

- Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2015. *Ocena wielkości rozbryzgu gleby na stoku pogórskim (Karpaty fliszowe, zlewnia Bystrzanki)*. Annales UMCS, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 69(2), 79-95.
- Kijowska-Strugała M., 2016. *Wpływ wybranych czynników środowiskowych na zmiany pokrycia terenu i użytkowania ziemi w karpackiej zlewni Bystrzanki*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 18(2), 53-59.
- Kiszka K., Kijowska-Strugała M., 2017. *Monitoring efektów związanych z remontem szlaków - erozja gleby. Raport z badań przeprowadzonych w Pienińskim Parku Narodowym w latach 2014-2017 (LF-081-1.3.10B/2014)*, 44 ss.
- Kijowska-Strugała M., 2017. *Spatial variations of suspended sediment grain size in small mountain catchment during summer floods*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 1, 53-63.
- Kijowska-Strugała M., Bucala-Hrabia A., 2018. *Typy i przebieg wezbrań w zlewni Ochotnicy (Gorce, Karpaty Zachodnie)*. [w:] Krzemień K., Gorczyca E., Sobucki M. (red.), Antropogeniczne uwarunkowania współczesnych procesów fluwialnych, Konferencja naukowa w 50-lecie powołania Zakładu Geomorfologii w Uniwersytecie Jagiellońskim, Kraków-Rabka Zdrój, 78-81.
- Kijowska-Strugała M., Bucala-Hrabia A., Demczuk P., 2018. *Wieloletnia zmienność erozji gleby w zlewni Homerki (Beskid Sądecki)*. [w:] Bochenek W., Kijowska-Strugała M. (red.), Ocena funkcjonowania i kierunków zmian środowiska przyrodniczego Polski na podstawie wieloletnich badań stacjonarnych. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 32, 129-133.

Ad. 3. Wpływ zbiorników retencyjnych na wybrane elementy środowiska przyrodniczego

Rozpoczęta współpraca z Zespołem Elektrowni Wodnych Niedzica SA w 2011 r. umożliwiła przeprowadzenie badań nad analizą czasowej i przestrzennej dynamiki temperatury wody w zespole zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne (Wiejaczka i in. 2014; Wiejaczka i in. 2018), a także oddziaływaniem zbiorników na reżim termiczny Dunajca (Wiejaczka i in. 2015; Kijowska-Strugała, Wiejaczka 2017; Wiejaczka i in. 2018). Ponadto określono wpływ różnych czynników na rozwój klifów w obrębie strefy brzegowej zbiornika Czorsztyn (Kijowska-Strugała i in. 2018). Dodatkowo w latach 2015-2016 byłam głównym wykonawcą projektu w ramach, którego wykonano ekspertyzę (Wiejaczka i in. 2016) dla Zespołu Elektrowni Wodnych Niedzica S.A. (ZEW/K/139/15). Miała ona na celu ocenę zmian morfologicznych w obrębie czaszy zbiornika Czorsztyn w okresie jego funkcjonowania oraz wyznaczenie nowej krzywej pojemności zbiornika. Ekspertyzę oparto m.in. o badania terenowe z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego (ang. *Terrestrial Laser Scanning*, TLS) oraz zastosowanie technik GIS. Zagadnienie to było możliwe do realizacji dzięki projektowi badawczemu finansowanemu przez MNiSW w 2013 r. (6360/IA/32/2013), w którym byłam wykonawcą.

Analizę czasowej i przestrzennej dynamiki temperatury wody przeprowadzono w zespole zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne w oparciu o pomiary wykonane z łodzi za pomocą termometru elektronicznego z sondą pomiarową. Pomiary wykonywano w czterech porach roku w pionach hydrometrycznych rozmieszczonych w kilku przekrojach poprzecznych zbiorników. W artykule Wiejaczki i in. (2014, 2018) oraz Kijowskiej-Strugały i Wiejaczki (2017) stwierdzono, że zbiornik Czorsztyn wykazuje typową dla dużych,

karpackich zbiorników retencyjnych dynamikę warunków termicznych w ciągu roku. W lecie wykształca się stratyfikacja termiczna z pionowym, kilkunastostopniowym spadkiem temperatury wody wraz z głębokością, a zimą tworzy się odwrotna stratyfikacja (wzrost temperatury w kierunku dna). Jesienią i wiosną kształtują się przejściowe warunki termiczne, przy czym jesienią zauważono występowanie homotermii, odznaczającej się podobnymi wartościami temperatury wody w całym zbiorniku.

Zbadano również zmiany reżimu termicznego środkowego biegu Dunajca spowodowane funkcjonowaniem zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne (Wiejaczki i in. 2015; Wiejaczka i in. 2018). Stwierdzono, że roczny cykl temperatury wody został zachowany, ale zmianie uległa jej dynamika. Wykazano, że w okresie lata, około 22 km poniżej zapory zbiornika Sromowce Wyżne temperatura wody osiągnęła zbliżone wartości do notowanych w rzece powyżej zespołu zbiorników. W okresie jesieni, temperatura wody Dunajca, poniżej zapory zbiornika wyrównawczego, była wyższa od temperatury wody wpływającej do zbiornika Czorsztyn, natomiast zimą niższa. Wyrównanie temperatury wody zimą odnotowano 4 km poniżej zapory zbiornika Sromowce Wyżne. Wiosną, temperatura wody w rzece ok. 60 km poniżej zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce osiągnęła zbliżoną wartość do temperatury wody w Dunajcu powyżej zbiorników.

Przeprowadzono również badania relacji pomiędzy temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza, zachodzące w profilu podłużnym rzeki z uwzględnieniem zaburzeń spowodowanych funkcjonowaniem zbiornika retencyjnego (Wiejaczka, Kijowska-Strugała 2015). Analizę oparto o pomiary temperatury wody i powietrza w profilu podłużnym Ropy, powyżej i poniżej zbiornika Klimkówka, w odniesieniu do różnych warunków termicznych powietrza w cyklu dobowym i rocznym. Stwierdzono, że zaistniałe zakłócenia w relacjach temperatura wody – temperatura powietrza są efektem transformacji naturalnego reżimu termicznego rzeki poniżej zapory. Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie, że w badaniach zależności między temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza, niezbędne jest uwzględnienie oddziaływania zbiorników retencyjnych na termikę rzek. Przeprowadzone badania mogą być także wykorzystane do prognozy wpływu potencjalnych zmian klimatycznych na ekosystemy rzeczne.

Badaniami objęto także rolę zbiorników retencyjnych w kształtowaniu zawartości nutrientów w wodach rzecznych w różnych strefach klimatycznych (Karpaty, Pustynia Negev) (Kijowska-Strugała i in. 2016; Kijowska-Strugała i in. 2019b). Badania koncentracji nutrientów prowadzono w latach 2004-2013, na trzech rzekach i zbiornikach w Karpatach (Ropa - zbiornik Klimkówka, Dunajec - zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne, Raba - zbiornik Dobczyce), które wykazują zbliżony reżim hydrologiczny, ale mają zróżnicowane parametry i pełnią różne funkcje. W artykule Kijowskiej-Strugały i in. (2016) stwierdzono, że zbiorniki zaporowe są tylko jednym z wielu czynników wpływających na koncentrację nutrientów w wodach rzek karpackich. Wykazano również, że zbiorniki zaporowe generalnie przyczyniały się do wzrostu zawartości azotanów w poszczególnych miesiącach roku w rzekach poniżej ich lokalizacji, natomiast ich rola w kształtowaniu stężeń fosforanów i amoniaku nie była tak wyraźna. Stężenia analizowanych nutrientów w rzekach oraz zbiornikach retencyjnych nie przekraczały dopuszczalnych wartości powyżej, której może wystąpić zjawisko eutrofizacji wody. Ponadto woda ze względu na stężenia azotu amonowego oraz fosforanów spełniała normy dla bytowania ryb łososiowatych

i karpiowatych. Stwierdzono również, że woda w omawianych zbiornikach oraz rzekach wykazuje bardzo wysoką odporność na zakwaszanie w świetle wskaźnika ANCaq. Podsumowując stwierdzono, że zbiorniki karpackie nie powodują zauważalnego i trwałego pogorszenia jakości wód rzecznych (Kijowska-Strugała i in. 2016).

W osadach zbiorników retencyjnych w klimacie suchym (Pustynia Negev, Izrael) (Kijowska-Strugała i in. 2019b) stwierdzono wzrost koncentracji metali ciężkich, w porównaniu do osadów dennych rzek powyżej i poniżej zbiorników. Obliczony współczynnik wzbogacenia (ang. *enrichment factor*) był najniższy w osadach poniżej analizowanych zbiorników, a najwyższy w zbiornikach. Stwierdzono, że brak wzbogacenia wody w jony po przejściu przez zbiornik wskazuje, że ich źródłem są obszary powyżej zbiornika, a sam zbiornik wpływa w niewielkim stopniu na stężenia jonów metali poniżej ich lokalizacji. Niższe wartości współczynnika wzbogacenia w rzece poniżej zapory są skutkiem procesu samooczyszczania wody w zbiorniku. Koncentracja większości metali ciężkich w analizowanych osadach w rzekach i zbiornikach pustyni Negev nie wskazuje na możliwość wystąpienia potencjalnego zagrożenia dla środowiska.

Badaniami objęto także czasowo-przestrzenną analizę zmian pokrycia i użytkowania terenu w dwóch dolinach karpackich (rzeki Białej – 17 km²; rzeki Ropy – 16 km², ze zbiornikiem uruchomionym w 1994 r.), o podobnych warunkach przyrodniczych (Wiejaczka i in. 2017). Okres badań 1977-2009, przypadał na transformację społeczno-ekonomiczną związaną z przejściem od gospodarki centralnie planowanej do gospodarki wolnorynkowej. Przeprowadzone analizy z wykorzystaniem technik GIS, w oparciu o zdjęcia lotnicze z 1977 r. i ortofotomapy z 2009 r., pozwoliły stwierdzić, że zmiany pokrycia i użytkowania terenu (m.in. spadek powierzchni użytków rolnych) w obu dolinach są podobne do zmian zachodzących na obszarze całych polskich Karpat Zachodnich po 1989 r. Ponadto wykazano nałożenie się zmian użytkowania ziemi spowodowanych powstaniem zbiornika zaporowego, przejawiających się m.in. w zmniejszeniu powierzchni lasów, zwiększeniu gęstości dróg w wyższych partiach zboczy doliny oraz zmianie funkcji zabudowań z mieszkalno-gospodarczych na mieszkalno-rekreacyjne, na ogólne tendencje zmian użytkowania ziemi w polskich Karpatach Zachodnich.

W artykule Wiejaczki i in. 2011 przedstawiono wyniki wstępnych pomiarów batymetrycznych dna zbiornika Klimkówka (w rejonie ujścia potoku Przysłup) przeprowadzonych przy użyciu echosondy „Fishfinder”. Wyniki porównano z numerycznym modelem terenu uzyskanym na podstawie mapy topograficznej w skali 1:10 000 z okresu przed budową zbiornika zaporowego. Stwierdzono, że w rzeźbie dna doliny zacierają się charakterystyczne elementy morfologii terenu sprzed zalania jak np. terasy i dawne koryto. Zwrócono uwagę, że porównania pomiarów terenowych z treścią mapy topograficznej mogą prowadzić do błędnych wniosków, ze względu na mniejszą dokładność mapy.

W opracowaniu Kijowskiej-Strugały i in. (2019a) po raz pierwszy w Karpatach wykonano ocenę wpływu różnych czynników środowiskowych na rozwój klifów w odniesieniu do całej strefy brzegowej zbiornika zaporowego. Analizę oparto o badania terenowe na zbiorniku Czorsztyn z zastosowaniem naziemnego skaningu laserowego (TLS), a do hierarchizacji czynników wykorzystano metody statystyczne. Wykazano, że klify po 20 latach funkcjonowania zbiornika wytworzyły się na około 90% strefy brzegowej. Ich maksymalna wysokość sięga blisko 1000 cm, jednak najczęściej nie przekracza 200 cm.

W przestrzennym rozmieszczeniu klifów zaznacza się spadek ich wysokości od obszaru cofki w kierunku zapory zbiornika. Stwierdzono, że w największym stopniu na rozwój klifów wpływały następujące czynniki: nachylenie stoku, rodzaj skały, otwartość akwenu oraz wysokość falowania na zbiorniku.

Kolejnym analizowanym zagadnieniem była ocena hydromorfologii rzek powyżej i poniżej lokalizacji zbiorników retencyjnych. Badania prowadzono na pięciu karpackich rzekach (Dunajec, Wisłok, Raba, Ropa i San) z wykorzystaniem brytyjskiej metody River Habitat Survey (RHS). Inwentaryzacja elementów biotycznych, abiotycznych i antropogenicznych pozwoliła na ocenę stanu hydromorfologicznego rzek wyrażoną syntetycznymi wskaźnikami (w formie liczbowej): naturalności siedliska (Habitat Quality Assessment, HQA) i przekształcenia siedliska (Habitat Modification Score, HMS). W opracowaniu Wiejaczki i Kijowskiej-Strugały (2015) oraz Kijowskiej-Strugały i Wiejaczki (2016) wykazano, że odcinki rzek karpackich (Raba, Dunajec, Wisłok, Ropa, San) zlokalizowane powyżej i poniżej zbiorników zaporowych odznaczają się odmiennym stanem hydromorfologicznym co wskazuje, że budowa i funkcjonowanie zbiorników zaporowych prowadzi do zmian stanu hydromorfologicznego rzek, a poprzez to może wpływać na jakość siedliska rzeczno. Przeprowadzone badania wykazały, że wpływ zbiorników retencyjnych na stan hydromorfologiczny rzek w polskich Karpatach niekoniecznie musi prowadzić do pogorszenia jakości siedliska. Zespół zbiorników Solina-Myczkowce oraz Besko są przykładem budowli hydrotechnicznych mających "neutralny" wpływ na stan hydromorfologiczny i jakość siedliska rzek (Wiejaczka, Kijowska-Strugała 2015). Warto podkreślić, że powstałe opracowania dotyczące oceny stanu hydromorfologii rzek w Karpatach mają charakter aplikacyjny i mogą być wykorzystywane do prognozy oddziaływania na środowisko przyrodnicze planowanej zabudowy brzegów rzek i zapór wodnych.

Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora

- Kijowska M., Wiejaczka Ł., 2011. *Zastosowanie metody RHS w badaniach stanu hydromorfologicznego rzeki górskiej powyżej i poniżej zbiornika retencyjnego (na przykładzie Ropy w Beskidzie Niskim)*. Przegląd Geograficzny, 83, 343-357.
- Wiejaczka Ł., Krocak R., Kijowska-Strugała M., 2012. *Methods for the assessment of changes in the bottom morphology of mountain reservoir*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 46, 41-70.

Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora

- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., Pierwoła P., Nowak M., 2014. *Termiczna charakterystyka zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne*, Gospodarka Wodna, 1, 28-36.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., Pierwoła P., Nowak M., 2015. *Influence of the Czorsztyn-Sromowce Wyżne Reservoir complex on the Dunajec River thermal regime*. Geographia Polonica, 88(3), 467-482.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., 2015. *Assessment of the hydromorphological state of Carpathian rivers above and below reservoirs*. Water and Environment Journal, 29(2), 277-287.

- Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., 2016. *Hydromorphological state and habitat quality of mountain rivers above and below reservoirs (The Polish Carpathians)*. Proceedings of International Scientific Conference Geobalcanica, Skopje, 131-138.
- Kijowska-Strugała, M., Wiejaczka, Ł., Kozłowski, R., 2016. *Influence of Reservoirs on the Concentration of Nutrients in the Water of Mountain Rivers*. Ecological Chemistry and Engineering S, 23(3), 413–424.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., 2016. *Effect of a Reservoir operation on relations between river water temperature and air temperature*, Proceedings of International Scientific Conference Geobalcanica, Skopje, 73-80.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., Cebulski J., Kiszka K., 2016. *Ocena zmian morfologicznych w obrębie czaszy zbiornika Czorsztyn w okresie jego funkcjonowania oraz wyznaczenie krzywej pojemności i powierzchni zbiornika*. Ekspertyza naukowa wykonana na zamówienie dla Zespołu Elektrowni Wodnych Niedzica S.A. (ZEW/K/139/15), 41 ss.
- Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., 2017. *Dynamika zmian temperatury wody w zespole zbiorników zaporowych Czorsztyn-Sromowce Wyżne i jej rola w kształtowaniu termiki rzeki górskiej*. [w:] Kejna M., Uscka-Kowalkowska J. (red.), Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Polski w warunkach globalnych zmian klimatu. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 31, 207-211.
- Wiejaczka, Ł., Olędzki, J. R., Bucala-Hrabia, A., Kijowska-Strugała, M., 2017. *A spatial and temporal analysis of land use changes in two mountain valleys: with and without dam reservoir (Polish Carpathians)*. Quaestiones Geographicae, 36(1), 129-137.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., Pierwoła P., Nowak M., 2018. *Water temperature dynamics in a complex of reservoirs and its effect on the temperature patterns of a mountain river*. Water Resources, 45(6), 846-857.
- Kijowska-Strugała, M., Wiejaczka, Ł., Cebulski, J., Kiszka, K., Maślanka, M., Kramkowska, D. M., 2019a. *Factors affecting bluff development around a mountain reservoir: a case study in the Polish Carpathians*. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 101(1), 79-93.
- Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., Kozłowski R., Lekach J., 2019b. *Metals content in sediments of ephemeral streams with small reservoirs (the Negev desert)*. International Journal of Sediment Research, 1-15 (w recenzji).

Ad. 4. Ocena stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek w różnych strefach klimatycznych

Badania stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek, prowadziłam w różnych strefach klimatycznych: umiarkowanej (Beskid Niski, Polska, rozdział 3.), półpustynnej z wpływami klimatu śródziemnomorskiego (Pustynia Negev, Izrael) i podzwrotnikowej (góry Sino-Tybetańskie, Chiny, w opracowaniu) (Kijowska, Wiejaczka 2011; Wiejaczka, Kijowska-Strugała 2015; Kijowska-Strugała, Wiejaczka 2016; Kijowska-Strugała i in. 2017).

W opracowaniu Kijowskiej-Strugały i in. (2017) badania stanu hydromorfologicznego prowadzono na rzekach (Nahal Sansana, Nahal Yatir, Nahal Hebron, Nahal Be'er Sheva, Nahal Hatira) przepływających przez północną i centralną część pustyni Negev. Badania wykazały, że największe przekształcenia siedlisk oraz jakości ekologicznej rzek nastąpiło w tych częściach dolin, które odznaczały się największą antropopresją. Analizowane rzeki pod względem różnorodności naturalnych elementów mieszczą się w zakresie niskiej (Nahal Hatira) i bardzo niskiej jakości siedliska (Nahal Sansana, Nahal Yatir, Nahal Hebron i Nahal Be'er Sheva). Na uzyskaną wartość wskaźnika HQA na badanych odcinkach, decydujący wpływ miało niewielkie zróżnicowanie naturalnych elementów morfologicznych brzegów

i dna koryta (głównie na Nahal Sansena i Nahal Yatir). Wartości wskaźnika HMS zawierały się w szerokim przedziale od 0 (Nahal Yatir, Nahal Hatira) do 58 (Nahal Hebron). Wskazuje to, że rzeki Nahal Yatir, Nahal Hatira i Nahal Sansena odznaczają się prawie naturalnym i nieznacznie zmienionym siedliskiem, natomiast Nahal Be'er Sheva i Nahal Hebron charakteryzują się największymi zmianami siedliskowymi związanymi z ingerencją człowieka w środowisko. Stwierdzono na podstawie analizy wskaźników HQA i HMS, że stan hydromorfologiczny analizowanych rzek pustyni Negev wskazuje na umiarkowany (Nahal Yatir, Nahal Hatira), słaby (Nahal Sansana) i zły (Nahal Hebron i Nahal Be'er Sheva) stan hydromorfologiczny. W artykule Kijowskiej i in. (2017) wskazano również na potrzebę weryfikacji przedziałów klasyfikacji analizowanych wskaźników i dostosowaniu ich do warunków referencyjnych rzek obszarów pustynnych i półpustynnych.

Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora:

Kijowska M., Wiejaczka Ł., 2011. *Zastosowanie metody RHS w badaniach stanu hydromorfologicznego rzeki górskiej powyżej i poniżej zbiornika retencyjnego (na przykładzie Ropy w Beskidzie Niskim)*. Przegląd Geograficzny, 83, 343-357.

Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora:

Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., 2015. *Assessment of the hydromorphological state of Carpathian rivers above and below reservoirs*. Water and Environment Journal, 29(2), 277-287.

Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., 2016. *Hydromorphological state and habitat quality of mountain rivers above and below reservoirs (The Polish Carpathians)*. Proceedings of International Scientific Conference Geobalcanica, Skopje, 131-138.

Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., Lekach J., Bucala A., 2017. *Diversification of the hydromorphological state and the habitat quality of streams in the Negev Desert (Israel)*. Environmental Earth Sciences, 76(3), 76-99.

Ad. 5. Rozpoznanie i udokumentowanie osuwisk oraz terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi w wybranych regionach Karpat

W latach 2011-2012 brałam udział w projekcie Systemu Osłony Przeciwośuwiskowej (SOPO), realizowanym na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przez Państwowy Instytut Geologiczny. Badania prowadziłam na obszarze Karpat w gminie Łużna (56 km²). Najważniejszym celem badań było rozpoznanie, udokumentowanie na mapie w skali 1:10 000 wszystkich osuwisk oraz terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi.

W gminie Łużna, w ramach badań w projekcie SOPO, rozpoznano i udokumentowano 316 osuwisk (118 osuwisk okresowo aktywnych, 99 nieaktywnych i 32 o złożonym stopniu aktywności), o łącznej powierzchni 842 ha (15% powierzchni gminy) oraz 5 terenów zagrożonych ruchami masowymi o łącznej powierzchni 17 ha (Błaszkievicz i in. 2012a, b). Na badanym obszarze dominują osuwiska małe (do 5 ha), które stanowią 89% wszystkich udokumentowanych osuwisk i najczęściej występują na obszarach leśnych. Stwierdzono, że czynniki naturalne (budowa geologiczna, rzeźba terenu, opady atmosferyczne, podcięcia

erozyjne zboczy lub jeziorów osuwisk przez cieki) są główną przyczyną powstania i rozwoju osuwisk. O dokładności prowadzonych badań świadczą obliczone wskaźniki gęstości osuwiskowej i osuwiskowości, które są 5-krotnie wyższe od obliczonych dla Beskidu Niskiego (Zabuski i in. 1999). Przeprowadzone badania wskazują, że prace geologiczno-inżynierskie w celu zabezpieczenie obszaru przed dalszym osuwaniem są zasadne tylko w miejscach gdzie dalszy rozwój osuwiska może spowodować zniszczenia zabudowy i infrastruktury towarzyszącej (Błaszkiwicz i in. 2012a).

Wyniki kartowania terenowego w postaci map osuwisk i terenów zagrożonych z zasięgiem i stopniem aktywności osuwisk oraz kart rejestracyjnych zostały zgromadzone w bazie danych SOPO. Są one wykorzystywane w celach planistycznych do uzgadniania studiów uwarunkowań przestrzennych i planów zagospodarowania przestrzennego na etapie ich sporządzania lub aktualizacji (Błaszkiwicz i in. 2012a).

Ponadto badania osuwisk prowadzono w zlewni potoku Bystrzanka (Kijowska-Strugała 2018) w celu wykazania zmian w źródłach dostawy materiału transportowanego w potoku. Wykazano, że są one jednym z ważniejszych źródeł transportowanego materiału (ang. *hotspots*).

W artykule Kijowskiej-Strugały i in. (2018) wyznaczono obszary osuwiskowe wokół strefy brzegowej zbiornika Czorsztyn zlokalizowanego na Dunajcu na podstawie badań terenowych oraz map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi. Na podstawie obrazów uzyskanych z TLS (Terrestrial Laser Scanning) stwierdzono, że osuwiska występują jedynie w 8% punktów pomiarowych klifów. Wysokości klifów w obrębie osuwisk zawierały się w przedziale od 8 do 360 cm. Nie stwierdzono jednak istotnej statystycznie zależności ($p < 0,05$) pomiędzy występowaniem osuwisk a wysokością klifów.

Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora:

Błaszkiwicz M., Bochenek W., Bucala A., Budek A., Długosz M., Kijowska M., Płoskonka D., Rączkowska Z., Tyszkowski S., 2012a. *Objaśnienia do mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Skala 1:10 000, Gmina: Łużna. Powiat gorlicki. Województwo małopolskie. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 29 s.*

Błaszkiwicz M., Bochenek W., Bucala A., Budek A., Długosz M., Kijowska M., Płoskonka D., Rączkowska Z., Tyszkowski S., 2012b. *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Gmina: Łużna. Skala 1:10 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, arkusze: M-34-78-D-d-2, M-34-79-C-c-1, M-34-79-C-c-2, M-34-79-C-c-3, M-34-79-C-c-4, M-34-91-A-a-1, M-34-91-A-a-2*

Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora:

Kijowska-Strugała M., 2018. *Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na transport zawiesziny w potoku Bystrzanka w latach 1970-2017.* [w:] Bochenek W., Kijowska-Strugała M. (red), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Ocena funkcjonowania i kierunków zmian środowiska przyrodniczego Polski na podstawie wieloletnich badań stacjonarnych.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, 32, 125-128.

Kijowska-Strugała, M., Wiejaczka, Ł., Cebulski, J., Kiszka, K., Maślanka, M., Kramkowska, D. M., 2019. *Factors affecting bluff development around a mountain reservoir: a case*

study in the Polish Carpathians. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 101(1), 79-93.

Pozostała cytowana literatura:

Kostrzewski A., 1995. *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego – cele, założenia i zadania*. [w:] Kostrzewski A. (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Propozycje programowe*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 7-22.

Zabuski L., Thiel K., Bober L., 1999. *Osuwiska we fliszu Karpat polskich. Geologia modelowanie - obliczenia stateczności*. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk, 171 ss.

PODSUMOWANIE

Wyniki podjętych przeze mnie badań w ramach dotychczasowej działalności naukowej zostały zaprezentowane w 93 publikacjach naukowych (w tym 54 po uzyskaniu stopnia doktora), których jestem autorem lub współautorem, stanowiących mój dorobek naukowy. Wśród moich dotychczasowych publikacji 11 to artykuły publikowane w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej, 20 - artykuły w czasopismach bez IF i rozdziały w opracowaniach zbiorowych, 1 monografia, 11 rozdziałów w monografii oraz 39 - abstrakty konferencyjne i notatki naukowe (łącznie IF - 19,42, liczba cytowań: wg Web of Science - 29, Google Scholar - 91, Indeks Hirscha: wg Web of Science - 4, wg Google Scholar 6, stan na 26.03.2019 r.). Ponadto jestem współautorką 8 arkuszy map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi wraz z objaśnieniem do tych map, a także współredaktorem 2 tomów Biblioteki Monitoringu Środowiska. Ponadto jestem współautorką 8 raportów stanu środowiska przyrodniczego w zlewni Bystrzanki, przygotowywanych dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie (raporty niepublikowane).

Wyniki moich prac badawczych zostały przedstawione na konferencjach naukowych, w tym: 17 międzynarodowych i 13 krajowych, w formie 24 referatów (w tym 3 zamawianych) oraz 26 posterów. Ponadto, wyniki swoich badań zaprezentowałem w formie 8 wykładów zamawianych w instytucjach zagranicznych, w tym: The University of Tokio, The Hebrew University w Jerozolimie, Spanish National Research Council w Saragossie, Bulgarian Academy of Sciences w Sofii, oraz Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences w Chengdu. Ponadto odbyłam trzy staże naukowe w Rumunii, Japonii oraz na Węgrzech.

Uczestniczyłam w 10 różnych warsztatach naukowych, kursach i szkoleniach. Po uzyskaniu stopnia doktora, byłam recenzentem 9 artykułów złożonych do czasopism z listy JCR (m.in. Environmental Earth Sciences, Ecological Chemistry and Engineering S) oraz listy B (MNIŚW).

Od 2009 r. prowadzę zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego (UJK) w Kielcach. Łącznie przeprowadziłam około 1095 godzin dydaktycznych na studiach licencjackich i magisterskich, na kierunku Ochrona Środowiska w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska. Prowadziłam zajęcia z przedmiotów: Zintegrowany Monitoring

Środowiska Przyrodniczego, Systemy Informacji Geograficznej, Monitoring gleb, Teledetekcja i GIS. Dodatkowo od 2009 r. jestem opiekunem zajęć terenowych studentów z UJK w Kielcach w zakresie meteorologii, prowadzonych na Stacji Badawczej w Szymbarku. Prowadziłam również zajęcia dydaktyczne i terenowe m.in. ze studentami z Uniwersytetu Rzeszowskiego, Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, Uniwersytetu Warszawskiego oraz Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie. Ponadto prowadzę działalność edukacyjną w zakresie popularyzacji nauki. Prowadzę zajęcia terenowe na Stacji Badawczej w Szymbarku dla dzieci i młodzieży szkolnej m.in. z Gorlic, Bystrej, Tęgorozy.

Moje osiągnięcia oraz dorobek naukowy zostały docenione m.in. przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, które w 2018 roku w drodze ogólnokrajowego konkursu przyznało mi stypendium dla młodych wybitnych naukowców na lata 2018-2021.

Małgorzata Kjańska-Stępa

Szymbark, dnia 26.03.2019 r.