

Zmiany geomorfologiczne i krajobrazowe zachodzące w małych zlewniach górskich pod wpływem katastrofalnych wezbrań i ich trwałość w krajobrazie

Geomorphological and landscape changes in the small mountain catchments caused by catastrophic floods and their permanence in the landscape

Paweł Franczak¹, Karolina Listwan-Franczak²

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
e-mail: ¹ p.franczak@uj.edu.pl, ² karolina.listwan@doctoral.uj.edu.pl

Abstract: The research performed in the catchment Rybny Potok, Suszanka, Kasinianka and Czarny Potok was aimed to examine the diversity of geomorphological changes occurring during catastrophic floods. The flooding occurred in the studied catchments in 2001 and 2014. Catchment geomorphological mapping was carried out and then stability of the resulting geomorphological forms was tested.

Słowa kluczowe: geomorfologia fluwialna, przekształcenia krajobrazu, Karpaty

Keywords: fluvial geomorphology, landscape transformation, the Carpathians

Wprowadzenie

Koryta górskich potoków podlegają nieustannemu modelowaniu przez oddziałujące na nie procesy. Podczas intensywnych opadów deszczu, przemodelowaniu przez gwałtownie wzbierające potoki ulega nie tylko samo koryto, lecz często także równina zalewowa. W górnej części biegu potoku następuje intensywne pogłębianie koryta, natomiast na odcinkach o mniejszej energii dochodzi do powstania rozległych form akumulacyjnych. Dodatkowo, w zlewniach silnie zalesionych proces ten jest modyfikowany, gdy podczas wezbrań dostaną się do koryt znaczne ilości materii organicznej. Dostarczenie do koryta dużej ilości drewna powoduje powstawanie tam zwałowisk, w sąsiedztwie których dochodzi do zwiększonego przemodelowania koryta. Z kolei w zlewniach silnie zurbanizowanych, w związku z obudowaniem sieci koryt, dochodzi do wzrostu energii płynącej wody, co w przypadku jej wystąpienia z brzegów powoduje większe przekształcenia obszarów przykorytowych.

Silne oddziaływanie wezbranych wód w małych zlewniach powoduje, prócz powstania nowych form geomorfologicznych, także inne zmiany krajobrazu. W literaturze bardzo dużo miejsca poświęcono przekształceniom geomorfologicznym zachodzącym w obrębie stoków i dolin rzecznych w wyniku wystąpienia

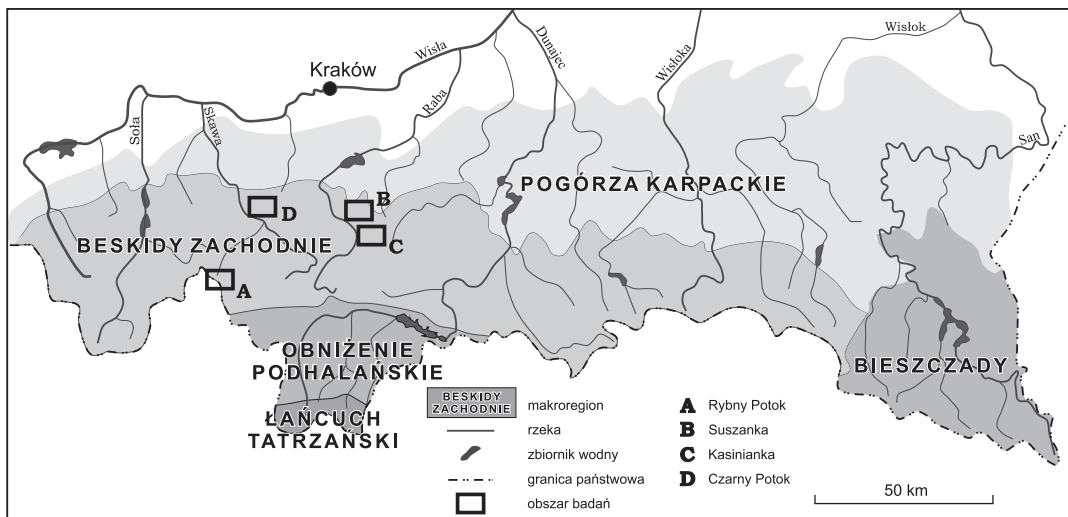
gwałtownych wezbrań w małych zlewniach górskich (Dębski 1969; Ciepeliowski 1970; Klimek 1974; Krzemień 1976, 1981, 1984; Żurawek 1999; Lach, Lewik 2002; Gorczyca 2004; Bajgier-Kowalska; Ziętara 2008; Bryndal i in. 2010; Długosz, Gębica 2008; Gorczyca, Krzemień 2008; Gorczyca, Wrońska-Walach 2008; Krzaklewski 2008; Izmailow i in. 2008; Bucala, Budek 2011; Starkel 2011; Lach 2012; Wiejaczka, Bochenek 2013). Natomiast znacznie mniej miejsca poświęcono badaniu tendencji rozwoju form powstałych podczas wezbrań. Wątek ten podejmowano m.in. w pracach K. Jakubowskiego (1967, 1974), T. Ziętary (1968), M. Banacha (1977) i E. Gila (1994). Sezonowemu przekształcaniu nowopowstałych form poświęcono miejsce w pracach K. German (1998, 2000, 2001) i K. Bialika (2001a,b).

Celem niniejszych badań było poznanie kierunków zmian geomorfologicznych i krajobrazowych, zachodzących w małych zlewniach górskich pod wpływem katastrofalnych wezbrań oraz trwałości powstałych form w krajobrazie w okresie 2001–2015.

Obszar badań

Badania przeprowadzono w czterech małych zlewniach beskidzkich, w których wystąpiły katastrofalne wezbrania powodujące znaczne przekształcenia geomorfologiczne (ryc. 1). Do badań wybrano zlewnie zróżnicowane pod względem zagospodarowania. Kartowanie na obszarze zalesionym przeprowadzono w zlewni Rybnego Potoku, położonej na północnych stokach Masywu Babiej Góry. Zlewnia ta, o powierzchni 8,9 km², cechuje się wyraźną dwudzielnością rzeźby (Łajczak 2008). Górne odcinki koryt wyróżniają się bardzo dużymi spadkami (dochodzącymi do 350‰), natomiast spadek koryta w dolnym jego biegu jest znacznie mniejszy i wynosi ok. 80‰. W dolnej części dolina jest znacznie szersza, niż ma to miejsce w gęsto rozczłonkowanych górnych partiach stoku. Szerokość koryta wynosi od 2–4 m w górnym odcinku potoku do 3–10 m – w dolnym. Większość zlewni porasta las (83%), w górnej – występuje kosodrzewina i murawy alpejskie (17%).

Powstałe w wyniku wezbrania przekształcenia w zlewni rolniczo-leśnej zidentyfikowano w dnie doliny Suszanki, położonej w zlewni środkowej Raby. Zlewnia, o powierzchni 16,7 km², cechuje się wyraźną asymetrią i dwudzielnością użytkowania terenu (Bucala, Budek 2011). Górna część zlewni jest zalesiona (65%), z kolei dolna – użytkowana rolniczo i zurbanizowana. Koryto Suszanki w górnej zalesionej części ma ok.



Ryc. 1. Położenie obszarów badań

Fig. 1. Location of study areas

Źródło: opracowanie własne na podstawie Balon, Jodłowski (2014).

Source: autor's own work based on Balon, Jodłowski (2014).

4 m szerokości, natomiast w dolnym odcinku znacznie się rozszerza, do 55 m u ujścia do Raby. Położona na południowym-wschodzie zlewnia Kasinianki, o powierzchni 48,5 km², cechuje się dużym udziałem obszarów użytkowanych rolniczo oraz gęstą zabudową dna doliny. Koryto Kasinianki jest uregulowane z licznymi progami i jazami, a jego szerokość w poszczególnych odcinkach wynosi od 8 do 20 m, a jedynie w górnym odcinku w miejscu rozszerzenia wzrasta do 55 m.

Czwarty obszar badań stanowi silnie zurbanizowana w ujściowym odcinku zlewnia Czarnego Potoku o powierzchni 0,9 km², położona na północnych stokach Makowskiej Góry. Górną część zlewni pokrywają pola uprawne i płaty lasu, w dolnej – mieszczą się zabudowania Makowa Podhalańskiego z gęstą siecią dróg i sieci kanalizacyjnej. Szerokość koryta wynosi od 1–3 m w górnym odcinku potoku do 2–4 m – w dolnym.

Metody

Zlewnie badanych potoków nie są objęte stałą siecią monitoringu hydrologicznego. Z tego powodu zasięg i przebieg wezbrań starano się odtworzyć korzystając z materiałów audiowizualnych i fotograficznych, które uzupełniono wywiadami terenowymi przeprowadzonymi w 2014 r. z miejscową ludnością. W zlewni Kasinianki, Suszanki i Rybnego Potoku obszar zalewowy wyznaczono poprzez wykonanie kartowania terenowego z użyciem odbiornika GPS, które przeprowadzono tuż po przejściu fali powodziowej (na podstawie śladów wielkiej wody). Wtedy też wykonano kartowanie koryt oraz form geomorfologicznych powstałych w obrębie teras zalewowych. Określenie przekształceń, które nastąpiły w zlewni Czarnego Potoku w 2001 r., odtworzono na podstawie zgromadzonej dokumentacji audiowizualnej i fotograficznej wykonanej podczas przemieszczania się fali wezbraniowej oraz bezpośrednio po jej przejściu. Następnie zaobserwowane przekształcenia geomorfologiczne naniesiono na mapę, z wykorzystaniem której wykonano pomiary powstałych form. Pomiary przeprowadzono z zastosowaniem metody kartowania terenowego opartego o raptularz i instrukcję przygotowaną w przez K. Krzemienia (2012). Na podstawie przeprowadzonego kartowania scharakteryzowano powstałe formy geomorfologiczne, a następnie podzielono koryto na odcinki erozyjne i akumulacyjne. Określono także ich cechy ilościowe i jakościowe. W marcu 2015 r. powtórzono kartowanie w celu określenia zaistniałych zmian. Każdorazowo naniesiono stwierdzone przekształcenia na mapę, a informacje o procesach, ich intensywności i działalności człowieka zapisywano w formularzu, określając dzięki temu stopień i tendencje zaszłych zmian.

Warunki meteorologiczne występujące podczas wezbrań odtworzono na podstawie danych uzyskanych z sieci monitoringu IMGW-PIB ze stacji w Makowie Podhalańskim, Węglówce i Zawoi.

Sytuacja meteorologiczna podczas wezbrań

Do powstania przekształceń geomorfologicznych w badanych zlewniach przyczyniły się trzy gwałtowne wezbrania, które miały miejsce w lipcu 2001 r. oraz maju i sierpniu 2014 r. W lipcu 2001 r. znaczne zmiany geomorfologiczne odnotowano w zlewni Czarnego Potoku. Podczas wezbrania w maju 2014 r. przeobrażenia koryta wystąpiły w zlewni Rybnego Potoku, natomiast zmiany geomorfologiczne w zlewniach Suszanki i Kasinianki powstały w wyniku wezbrania w sierpniu 2014 r.

Zlewnia Czarnego Potoku (maj 2001 r.)

W lipcu 2001 r. w zlewni Skawy wstąpiła jedna z największych powodzi w historii prowadzonych obserwacji. Do jej wystąpienia przyczyniły się gwałtowne opady deszczu związane z głębokim niżem, który po przesunięciu się z południa po przekroczeniu łuku Karpat utrzymywał się przez kilka dni nad obszarem południowo-wschodniej Polski (Lach, Lewik 2002). W następstwie wystąpienia takiego układu ciśnień, wystąpiły gwałtowne opady deszczu (Franczak 2013). Od 22 lipca rozpoczął się główny okres opadowy trwający do 27 lipca. W dniu 24 lipca w Makowie Podhalańskim spadło 94,6 mm opadu, natomiast następnego dnia na silnie uwilgotniony grunt spadł katastrofalny opad, którego suma dobową wynosiła 190,8 mm (Franczak 2013, 2014a). W trakcie

najintensywniejszego opadu, który wystąpił nad Makowską Górą pomiędzy godz. 18.00 a 21.00 odnotowano ok. 150 mm opadu (Bryndal 2014). W trakcie całego okresu trwania opadów rozlewnych, które wystąpiły pomiędzy 15 a 27 lipca w Makowie Podhalańskim, spadło łącznie 457,8 mm opadu. Natomiast w ciągu 5 dni najintensywniejszych opadów ich suma wyniosła 392,7 mm (ryc. 2A; Franczak 2013).

Zlewnia Rybnego Potoku (maj 2014 r.)

W drugiej dekadzie maja 2014 r. warunki meteorologiczne nad Europą Środkową zaczęły kształtować tzw. Niż Genueński. W dniach 13–14 maja ośrodek niżowy przemieścił się znad Półwyspu Bałkańskiego ku północy, nad południowo-zachodnią Rumunię. Natomiast z północnego-zachodu zaczęły napływać nad Polskę chłodne masy powietrza polarnomorskiego znad Atlantyku. W wyniku napływu z południowego-wschodu wilgotnych mas powietrza wystąpiły w Beskidzie Żywieckim intensywne opady deszczu. W dniu 15 maja w godzinach wieczornych opady przybrały na intensywności (do 9,1 mm/godzinę), w rezultacie czego odnotowano w Zawoi 138 mm opadu w ciągu doby. Następnego dnia (do godziny 12.00) spadło kolejnych 41,5 mm opadu, którego maksymalne natężenie wyniosło 9,6 mm/godz. W trakcie trzech dni opad na badanym obszarze wyniósł 216,5 mm (ryc. 2B).

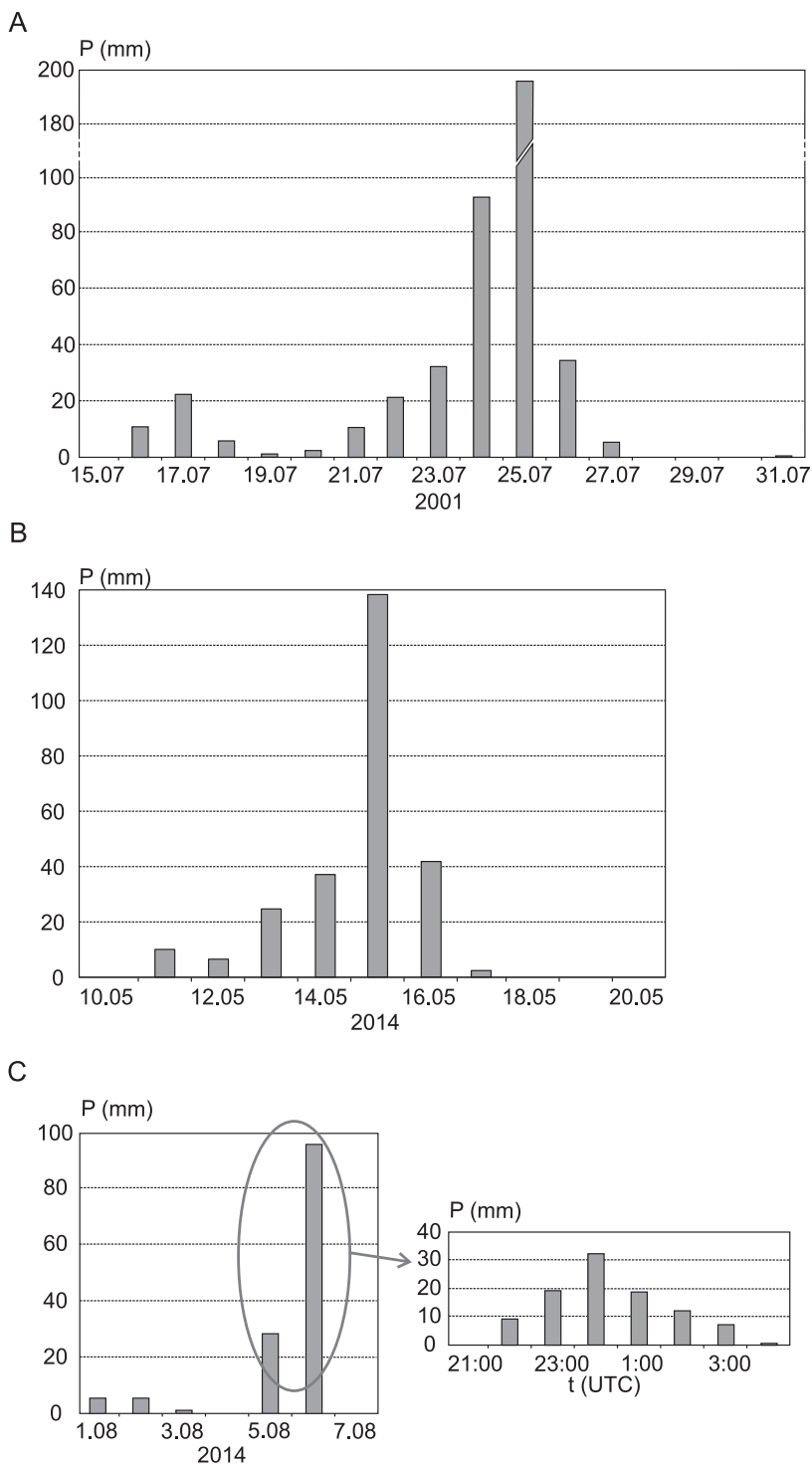
Zlewnia Suszanki i Kasinianki (sierpień 2014 r.)

Na przełomie lipca i sierpnia 2014 r. warunki pogodowe nad Europą Środkową kształtował rozległy Wyż Skandynawski powodujący napływ nad obszar Polski gorących mas powietrza ze wschodu. Znad południowo-zachodu do wnętrza Europy zaczął wkraczać rozleglejszy klin wysokiego ciśnienia. Spowodowało to napływ nad Polskę chłodnego powietrza polarnomorskiego znad Atlantyku, które spowodowało wypieranie na wschód Europy gorącego powietrza zwrotnikowego. W rezultacie uformował się pomiędzy tymi dwiema różnymi masami powietrza chłodny front atmosferyczny z intensywnymi opadami deszczu i burzami. W dniu 5 sierpnia gwałtowne opady deszczu wystąpiły w dorzeczu Raby. Główna fala opadów wystąpiła w godzinach nocnych od ok. godz. 23.00 do godz. 5.00. Największe natężenie opadów miało miejsce pomiędzy 1.00 a 2.00, gdy maksymalny opad godzinny wyniósł 31 mm. W ciągu sześciu godzin nawalnego opadu odnotowano na stacji pomiarowej w Węglówce 95,2 mm opadu (ryc. 2C).

Przekształcenia geomorfologiczne w badanych zlewniach

W zlewni Czarnego Potoku w wyniku wystąpienia katastrofalnego wezbrania w lipcu 2001 r. powstał szereg niewielkich podcięć erozyjnych i łach. U wylotu dwóch głównych potoków do doliny Skawy wykształciły się duże stożki torencjalne o łącznej powierzchni 5100 m². Utworzenie nowych, rozległych form akumulacyjnych zbudowanych z materiału żwirowego i gruzowego doprowadziło do awulsji koryta (ryc. 3, 4A). Doprowadziło to do przekształcenia rzeźby i krajobrazu na obszarze silnie zabudowanym (zabudowania jedno- i wielorodzinne) z gęstą siecią dróg osiedlowych.

Do znacznych przekształceń wywołanych gwałtownym wezbraniem doszło w maju 2014 r. w zalesionej zlewni Rybnego Potoku. W górnej części zlewni nastąpiło intensywne wcięcie koryt potoków na głębokość ok. 0,4 m, a na obszarach o najintensywniejszym oddziaływaniu erozji wgłębnej koryta wcięły się o 1,1 m. Powstały liczne podcięcia brzegowe o wysokości powyżej 1 m, mierzące łącznie 400 m długości (największe z nich – 7 m). Do znacznie większego przekształcenia rzeźby terenu i krajobrazu doszło jednak w dolnym odcinku biegu Rybnego Potoku, gdzie powstały rozległe formy akumulacyjne. Przyczyniło się do tego porośnięcie terasy zalewowej przez płyty olszynki górskiej i świerczyny, na których nastąpiła akumulacja materiału niesionego podczas przemieszczania się fali wezbraniowej. Powstały zwałowiska materii organicznej o wysokości dochodzącej 3 m, za którymi tworzyły się żwirowiska. Zdeponowany materiał skalny mierzył 10–30 cm średnicy, natomiast największe przemieszczone bloki piaskowcowe mierzyły do 80 cm średnicy. W najślniej przekształconym odcinku 5. nastąpiło niemalże sześciokrotne zwiększenie powierzchni zajmowanej przez łachy

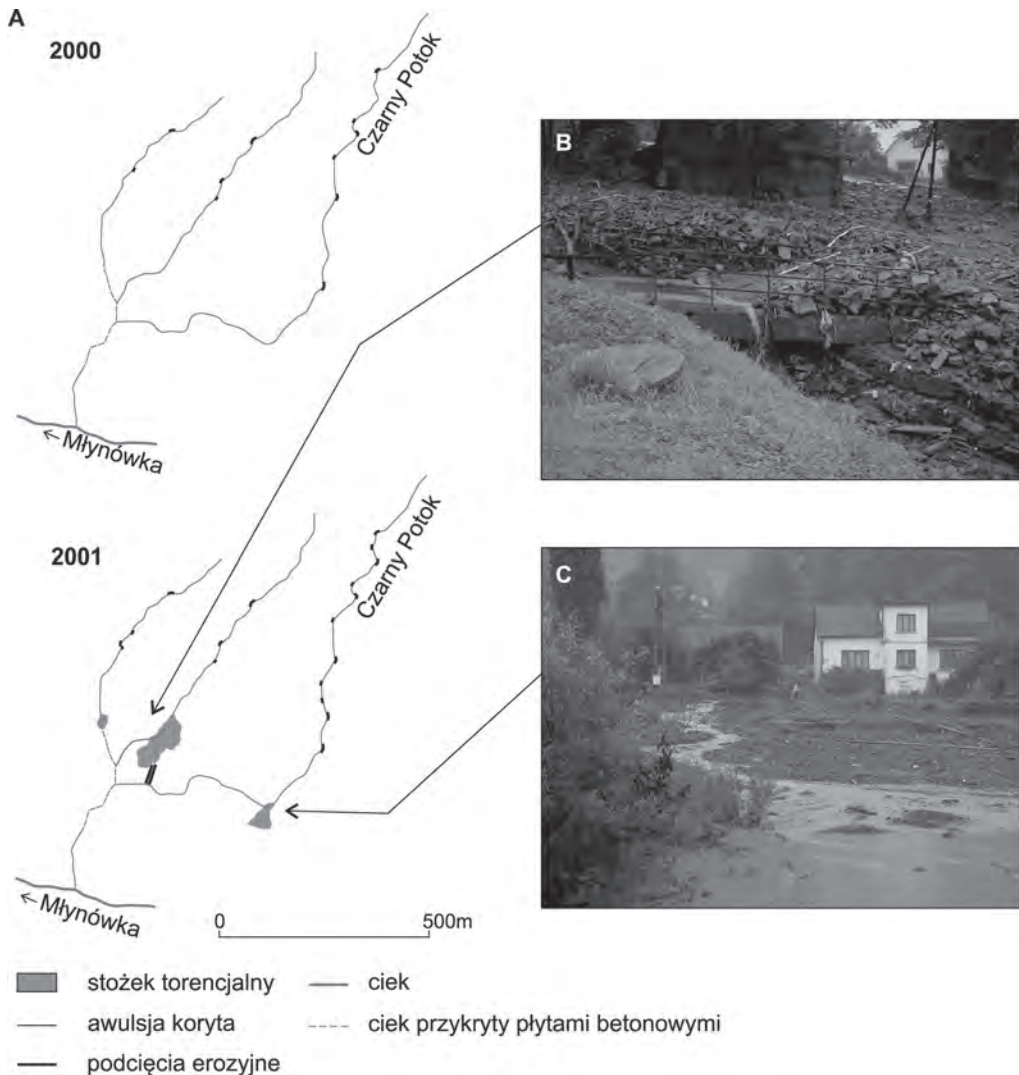


Ryc. 2. Sumy opadów atmosferycznych: A – Maków Podhalański, B – Zawoja, C – Węglówka.

Fig. 2. The Precipitation totals: A – Maków Podhalański, B – Zawoja, C – Węglówka

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego

Source: autor's own work based on Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute

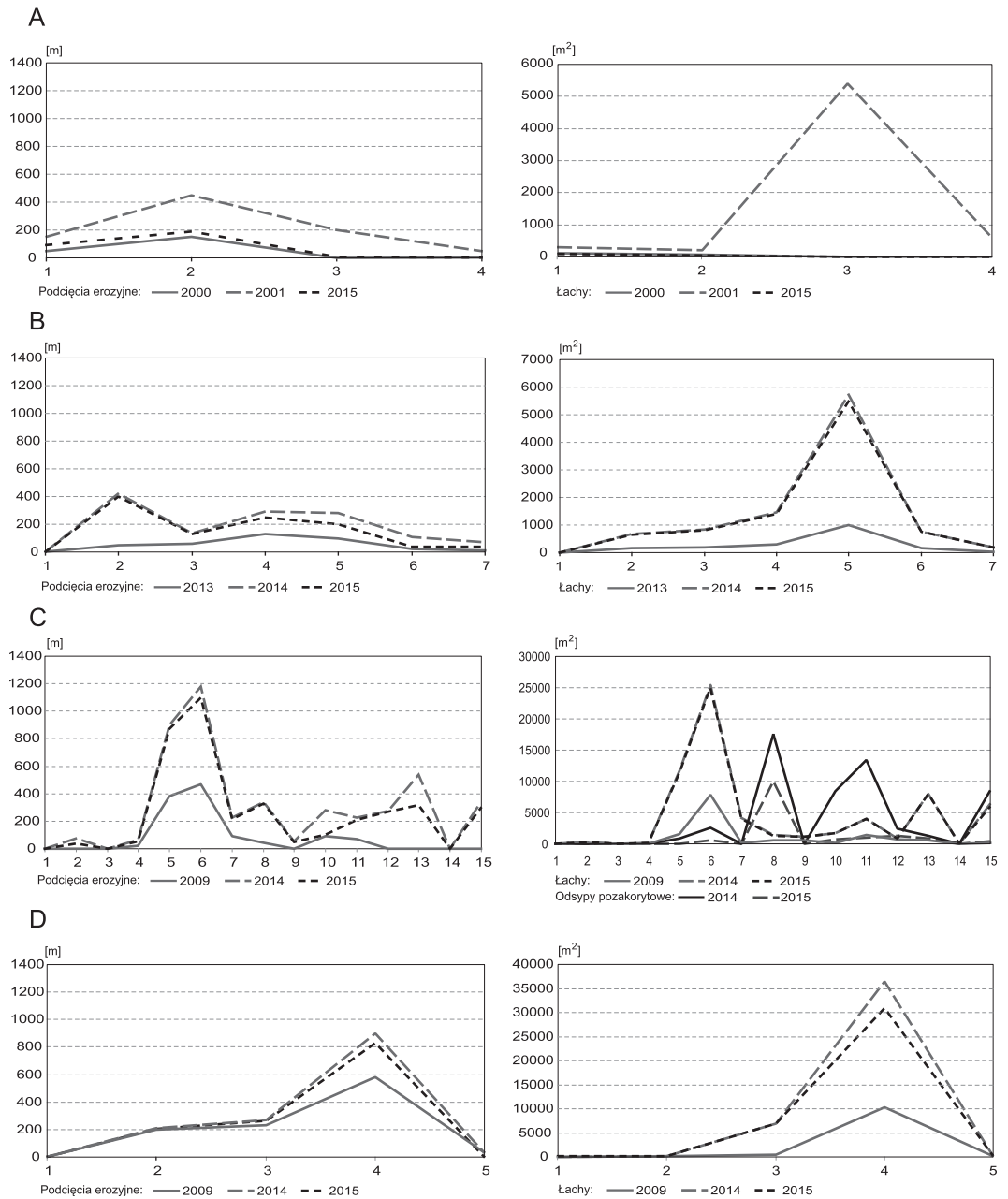


Ryc. 3. A – Przekształcenia geomorfologiczne w zlewni Czarnego Potoku w 2001 r.; B – materiał zakumulowany podczas powodzi błyskawicznej; C – stożek torencjalny

Fig. 3. A – Geomorphological transformations in the Czarny Potok catchment in 2001; B – material accumulated during a flash flood; C – torrencial fan

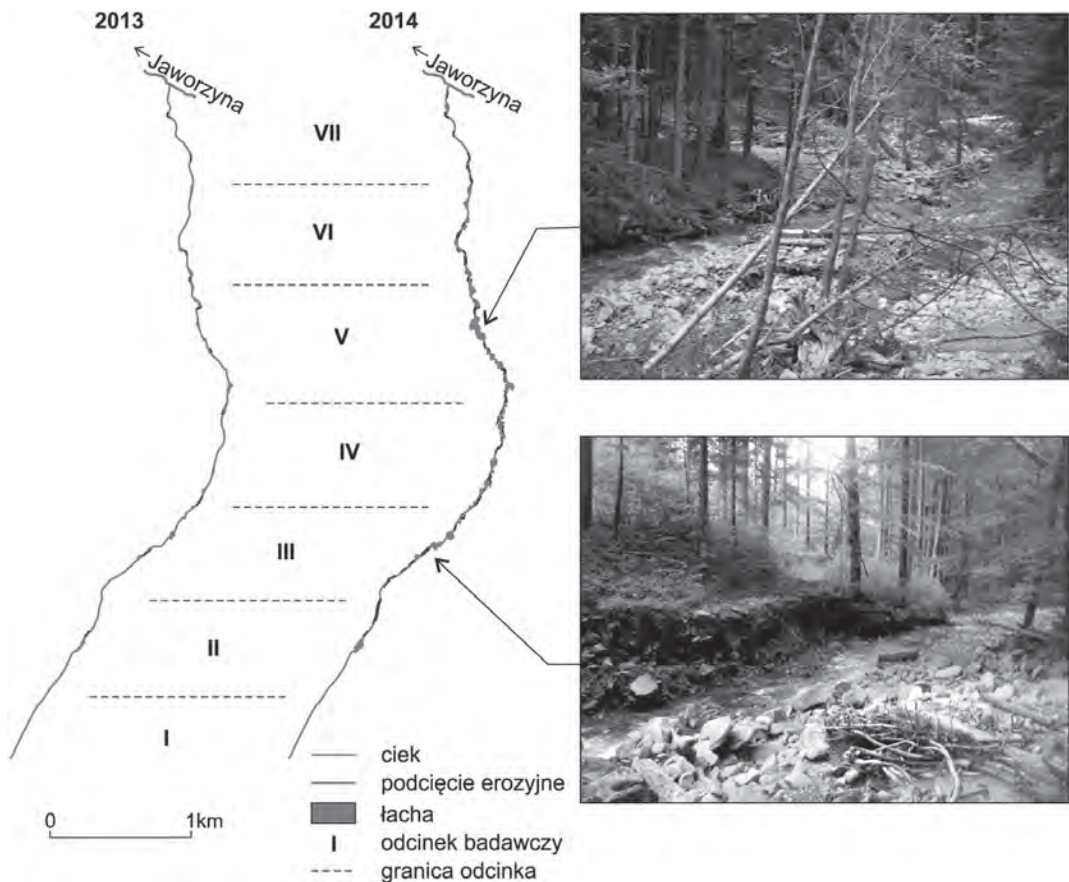
(do 5650 m², ryc. 4B, 5). W wyniku usunięcia drobnego materiału z koryta nastąpił wzrost frakcji zalegającego materiału. Przybyło zalegającego w korycie grubego rumoszu drzewnego, który dostał się do niego w rezultacie powstania licznych podcięć erozyjnych.

Największe przeobrażenia dna doliny na badanych obszarach wystąpiły w sierpniu 2014 r. w zlewni Kasinianki. Na całej długości koryta odnotowano wzrost powierzchni łach oraz długości podcięć erozyjnych. W dolnym, uregulowanym odcinku koryta (odcinki: 12–15), gdzie przed wystąpieniem wezbrania nie występowały podcięcia erozyjne, powstało kilkanaście nowych form, które osiągnęły największe średnie długości. Doszło tam także do największego poszerzenia koryta (nawet o ok. 200%) oraz do niemalże 11-krotnego wzrostu powierzchni łach. W tym odcinku biegu Kasinianki nastąpiło podczas wezbrania największe przekształcenie krajobrazu, ponieważ silnie zmienione przez człowieka koryto w znacznej mierze osiągnęło naturalny charakter.



Ryc. 4. Zmiany długości podcięć erozyjnych i powierzchni łąch w zlewni: A – Czarnego Potoku, B – Rybny Potok, C – Kasinianki, D – Suszanki

Fig. 4. Changes in the length of erosion undercuts and backwaters surface areas in the catchment area of: A – Czarny Potok, B – Rybny Potok, C – Kasinianka, D – Suszanka



Ryc. 5. A – Przekształcenia geomorfologiczne w zlewni Rybnego Potoku w 2014 r.; B – łacha; C – podcięcie erozyjne
 Fig. 5. A – Geomorphological transformations in the Rybny Potok catchment in 2014; B – backwaters surface area; C – undercut erosion

Do największego rozwoju istniejących przed wystąpieniem zdarzenia form doszło w górnym akumulacyjnym odcinku potoku. W odcinkach 5–7 odnotowano czterokrotny wzrost powierzchni zajmowanych przez łachy. Na największym zajmowanym dotychczas przez nie odcinku 6., nastąpił ich wzrost o 220%. Jednak największe zmiany odnotowano nieco poniżej (w odcinku 7.), gdzie powierzchnia zajmowana przez łachy wzrosła z 90 do 4160 m². Obszar zajmowany przez łachy został ograniczony przez podcięcia erozyjne mierzące do 4,5 m wysokości. Z kolei w obrębie równiny zalewowej, wznoszącej się od 1 do 2 m powyżej dna koryta, doszło do powstania w ujściowym i środkowym biegu rzeki rozległych odsypów pozakorytowych, mierzących do 2500 m² powierzchni. U wylotu dróg polnych powstały stożki torencyjne (ryc. 4C).

W zlewni Suszanki powstałe w wyniku wezbrania w sierpniu 2014 r. przeobrażenia w obrębie dna doliny były znacznie mniejsze niż w sąsiedniej zlewni Kasinianki. Zaobserwowano podział koryta na dwa odróżniające się fragmenty ze względu na liczbę powstałych form: dolny, z dużą liczbą form akumulacyjnych i erozyjnych oraz górny, który jest ich niemalże pozbawiony. Największe przeobrażenia zaszły w odcinku 4., gdzie powierzchnia zajmowana przez łachy wzrosła z 10 000 do 35 500 m², a długość podcięć erozyjnych zwiększyła się z 600 do 890 m. W pozostałych odcinkach badawczych skala zaistniałych zmian była znacznie mniejsza (ryc. 4D).

Tendencje rozwoju form i ich trwałość w krajobrazie den dolinnych

Rozwój form powstałych w wyniku gwałtownych wezbrań w 2001 i 2014 r. przebiega w sposób zróżnicowany, co w głównej mierze zależy od rodzaju pokrycia i zagospodarowania zlewni. Największy wpływ na funkcjonowanie powstałych form i ich trwałość w krajobrazie odgrywa człowiek (Franczak 2014b), który poprzez swoją działalność może przyczynić się do ich wcześniejszego zaniku. W przypadku bezpośredniej ingerencji człowieka zanik powstałych form postępuje w sposób znacznie bardziej intensywny niż w przypadku oddziaływania procesów naturalnych i zachodzi głównie bezpośrednio po powstaniu nowych form geomorfologicznych.

Usuwanie powstałych form miało miejsce we wszystkich obszarach badawczych (bez względu na sposób zagospodarowania zlewni). Najszybszemu usunięciu uległy formy powstałe w Makowie Podhalańskim w zlewni Czarnego Potoku. W ciągu pierwszych kilku dni od wystąpienia wezbrania i powstania form usunięte zostały fragmenty stożków torencjalnych, zalegających w obrębie szlaków komunikacyjnych. Ich likwidowanie rozpoczęło się w ciągu kilku godzin od przejścia fali wezbraniowej (jeszcze w trakcie przepływu w obrębie form wód wezbraniowych). W szybkim tempie (w ciągu 2–3 dni) rozpoczęto usuwać drzewa, które w wyniku powstania rozległych podcięć erozyjnych w zlewni Rybnego Potoku, dostały się do jego koryta (ryc. 6). Redukowano w ten sposób możliwość tworzenia się w obrębie potoków na obszarze Babiogórskiego Parku Narodowego kolejnych zwałowisk rumoszu drzewnego, na których akumulowane by były osady aluwialne. Usunięciu z koryta podlegał jednak wyłącznie gruby rumoszcz drzewny, zalegający w zwężeniach koryt. Stosunkowo szybko, w okresie od dwóch tygodni do miesiąca, usunięto większą część stożków torencjalnych powstałych w zlewni Czarnego Potoku i Kasinianki (ryc. 7), jednak ich pozostałości nadal pozostały widoczne w krajobrazie. Najdłużej proces przekształcania form bądź ich całkowitej likwidacji obserwowano w korytach i w obrębie teras zalewowych w zlewni Kasinianki oraz Suszanki. W ciągu kilku miesięcy od ich powstania następowało usuwanie materiału budującego stożki usypiskowe powstałe w obrębie zagospodarowanych obszarów, niwelowanie łąch w obrębie międzywała oraz przekształcanie łąch i podcięć erozyjnych, w czasie remontów budowli zabezpieczających brzegi koryt. Proces usuwania przez człowieka nowo powstałych form nie zakończył się jednak do wiosny 2015 r.

Większość form (z wyjątkiem zlewni zurbanizowanych) powstałych na badanych obszarach nie została przekształcona w wyniku działalności człowieka i przekształcana jest głównie w wyniku oddziaływania procesów naturalnych. Część dużych podcięć erozyjnych oraz małych osuwisk w ciągu kilku miesięcy od powstania podlega dalszemu rozwojowi pod wpływem oddziaływania czynników naturalnych (German 2001). Takim kierunkowi rozwoju podlegają zwłaszcza formy położone w zlewni Rybnego Potoku oraz Suszanki. Największe ich przekształcanie następuje w okresie wczesnowiosennym oraz po intensywnych opadach deszczu, gdy na skutek spelzwywania, splukiwania i odpadania następuje poszerzanie powierzchni form. Mniejsze formy erozyjne (m.in. niskie podcięcia brzegowe) oraz akumulacyjne (m.in. żwirowiska) ulegają natomiast stabilizacji na poziomie nowej równowagi. W wyniku wkraczania na ich obszar roślinności następuje utrwalanie form powstałych podczas wezbrań. Proces ten, w przypadku form akumulacyjnych, jest jednak powolny. Trzecim kierunkiem rozwoju form powstałych podczas wezbrań jest ich stopniowe zanikanie pod wpływem czynników naturalnych. Niskie (do 1 m wysokości) podcięcia brzegowe ulegają w okresie wezbrań dalszemu podcinaniu. Z kolei w okresie suchym, wskutek nadmiernego przesuszania budującego je materiału, następuje jego odpadanie i zasypywanie odsłonięcia. W przypadku podcięć mierzących kilka metrów wysokości proces ten jest znacznie dłuższy i trwa kilka lub kilkanaście lat (Franczak 2014b). Natomiast łąchy i rozległe żwirowiska ulegają w okresie wezbrań rozmywaniu i wyrównywaniu profili podłużnych. Zanik tego typu form następuje najintensywniej w przypadku potoków górskich (m.in. w zlewni Rybnego Potoku) o dużych spadkach i wysokiej energii przepływu, która umożliwia ich rozcinięcie. W zlewniach o szerszym korycie (m.in. Suszanki), gdzie dochodzi do większego rozproszenia energii płynącej wody, zanikanie form akumulacyjnych jest niewielkie i następuje głównie ich utrwalanie przez roślinność.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że większość małych zlewni górskich, bez względu na sposób ich użytkowania, jest narażona na znaczne przekształcenia rzeźby zachodzące pod wpływem gwałtownych wezbrań. Zachodzące zmiany wyraźnie zaznaczają się w krajobrazie. Jednak zmiany te nie postępują w jednakowym tempie w całych Karpatach, ponieważ ich tempo zależy od wielu czynników m.in. od budowy geologicznej, rzeźby terenu, typu gleby czy zagospodarowania terenu. Na ich trwałość w krajobrazie istotnie wpływa sposób użytkowania zlewni. W przypadku wystąpienia katastrofalnego wezbrania w zlewni leśnej może dojść do wzrostu powstałych przekształceń geomorfologicznych, w porównaniu do zlewni o niezalesionej strefie zalewowej. W obrębie zalesionych teras zalewowych dochodzi do zatrzymywania transportowanego rumoszu drzewnego, co powoduje tworzenie się jego zwałowisk, powyżej których powstają rozległe żwirowiska. Formy tam powstałe są jednak w najmniejszym stopniu przekształcane przez człowieka. Tendencje ich rozwoju uwarunkowane są czynnikami naturalnymi. Większą trwałością w krajobrazie cechują się formy wklęsłe, natomiast formy akumulacyjne ulegają szybszemu zanikowi wskutek stabilizacji przez pokrywę roślinną. Odmienne zachodzą zmiany form powstałych na obszarach silnie zurbanizowanych. Formy akumulacyjne, w celu udrożnienia sieci komunikacyjnych bądź odzyskania zajętych przez nie terenów gospodarczych, są bardzo szybko usuwane z krajobrazu. Z kolei formy erozyjne są zasypywane bądź stabilizowane, aby zapobiec dalszemu powiększaniem. Następuje tam najszybszy zanik powstałych w wyniku wezbrań form.

Powstające w wyniku wezbrań formy akumulacyjne i erozyjne powodują zmianę krajobrazu w obrębie dolin. Stopień zmian jest jednak różny w zależności od wielkości powstałych form oraz ich rozmieszczenia w obrębie doliny. Z kolei ich trwałość w krajobrazie zależy od rodzaju zagospodarowania terenu, na którym powstają. W przypadku wykształcenia się na obszarze silnie zurbanizowanym, ich trwałość będzie znacznie krótsza niż jeśli powstaną w zalesionej dolinie górskiej, gdzie nie ma potrzeby ich natychmiastowego usunięcia.

Literatura

- Bajgier-Kowalska M., Ziętała T. 2008. Wpływ gwałtownych opadów na modelowanie rzeźby w Dolinie Kościeliskiej w Tatrach Zachodnich. *Landform Analysis* 8, s. 5–8.
- Balon J., Jodłowski M. 2014. Regionalizacja fizycznogeograficzna Karpat Zachodnich – studium metodologiczne. W: W. Ziąja, M. Jodłowski (red.), *Struktura środowiska przyrodniczego a fizjonomia krajobrazu*, IGiP UJ, Kraków, s. 85–105.
- Banach M. 1977. Rozwój osuwisk na prawym zboczu doliny Wisły, między Dobczycami a Włocławkiem. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 124, s. 1–101.
- Bialik K. 2001a. Dynamika zmian wybranych geokompleksów utworzonych na skutek ekstremalnych opadów w Żegocinie w 1997 roku. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 10, s. 653–659.
- Bialik K. 2001b. Sezonowość funkcjonowania geokompleksów utworzonych na skutek ekstremalnych opadów w Żegocinie w 1997 roku. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 10, s. 645–652.
- Bryndal T. 2014. Znaczenie map zagrożenia oraz ryzyka powodziowego w ograniczeniu skutków powodzi błyskawicznych w miastach. W: T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w mieście*, IG UJK w Kielcach, Kielce, s. 29–37.
- Bryndal T., Cabaj W., Gębica P., Krocak R., Suligowski R. 2010. Gwałtowne wezbrania spowodowane nawałnymi opadami deszczu w zlewni potoku Wątok (Pogórze Ciężkowickie). W: T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, IG UJK w Kielcach, Kielce, s. 315–328.



Ryc. 6. Zmiany krajobrazu w wyniku usunięcia form geomorfologicznych przez człowieka w zlewni Rybnego Potoku:
A 16.V.2014, B 24.V.2014.

Fig. 6. The landscape changes caused by man-made removal of geomorphological forms in the Rybny Potok catchment:
A 16.V.2014, B 24.V.2014.



Ryc. 7. Zmiany krajobrazu w wyniku usunięcia form geomorfologicznych przez człowieka w zlewni Kasinianki: A 12.VI.2012, B 6.VIII.2014, C 28.VIII.2014.

Fig. 7. The landscape changes caused by man-made removal of geomorphological forms in the Kasinianka catchment: A 12.VI.2012, B6.VIII.2014, C 28.VIII.2014.

- Bucala A., Budek A. 2011. Zmiany morfologii koryt wskutek opadów ulewnych na przykładzie potoku Suszanka, Beskid Średni. *Czasopismo Geograficzne* 82 (4), s. 321–332.
- Ciepielowski A. 1970. Maksymalne wielkości spływów jednostkowych z deszczów nawalnych. *Przegląd Geograficzny* 15 (2), s. 179–193.
- Dębski K. 1969. O potencjalnym najwyższym odpływie z krótkotrwałych deszczów nawalnych. *Rozprawy Hydrotechniczne* 23, s. 51–63.
- Długosz M., Gębica P. 2008. Geomorfologiczne skutki oraz rola lokalnych ulew i powodzi w kształtowaniu rzeźby progu Pogórza Karpackiego (na przykładzie ulewy z czerwca 2006 r. w rejonie Sędziszowa Młp.). *Landform Analysis* 8, s. 13–20.
- Franczak P. 2013. Zagrożenie powodziowe w zlewni górnej Skawy. praca magisterska, Zakład Hydrologii IGiGP UJ, mps.
- Franczak P. 2014a. Problemy ochrony geostanowisk na obszarze Pasma Polic w kontekście kształtujących je procesów geomorfologicznych i działalności człowieka. W: Z. Mirek, A. Nikiel (red.). *Ochrona Przyrody w Polsce. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Kraków*, s. 133–144.
- Franczak P. 2014b. Rola wielkich wezbrań powodziowych w kształtowaniu życia ludności w zlewni górnej Skawy od XV wieku. W: P. Krąż (red.). *Współczesne problemy i kierunki badawcze w geografii 2, IGiGP UJ, Kraków*, s. 117–129.
- German K. 1998. Przebieg wezbrania i powodzi 9 lipca 1997 roku w okolicach Żegociny oraz ich skutki w krajobrazie. W: L. Starkel, J. Grela (red.). *Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku. Materiały konferencji. Wyd. Oddziału PAN w Krakowie*, s. 177–184.
- German K. 2000. Funkcjonowanie geosystemów fliszowych w okolicy Żegociny w ekstremalnych warunkach opadowo-powodziowych 9 lipca 1997 roku (w okresie 1998–2000). *Prace Geograficzne IGUJ* 105, s. 235–256.
- German K. 2001. Tendencje rozwoju powodziowych form w Karpatach w latach 1997–2000. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 10, s. 577–583.
- Gil E. 1994. Monitoring ruchów osuwiskowych W: L. Starkel, E. Gil (red.). *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. PIOŚ, Biblioteka monitoringu Środowiska, Warszawa*, s. 88–107.
- Gorczyca E. 2004. Przekształcanie stoków fliszowych przez procesy masowe, podczas katastrofalnych opadów (dorzecze Łososiny). *Wyd. UJ, Kraków*.
- Gorczyca E., Krzemień K. 2008. Morfologiczne skutki ekstremalnego zdarzenia opadowego w Tatrach Reglowych w czerwcu 2007 r. *Landform Analysis* 8, s. 21–24.
- Gorczyca E., Wrońska-Wałach D. 2008. Transformacja małych zlewni górskich podczas opadowych zdarzeń ekstremalnych (Bieszczady). *Landform Analysis* 8, s. 25–28.
- Izmailów B., Kamykowska M., Krzemień K. 2008. Geomorfologiczna rola katastrofalnych wezbrań w transformacji górskiego systemu korytowego na przykładzie Wilszni (Beskid Nicki). W: B. Izmailów (red.). *Przyroda – Człowiek – Bóg, Kraków*, s. 69–81.
- Jakubowski K. 1967. Badania nad przebiegami wtórnych przeobrażeń form osuwiskowych na obszarze fliszu karpackiego. *Prace Muzeum Ziemi* 11, s. 223–242.
- Jakubowski K. 1974. Współczesne tendencje przekształceń form osuwiskowych w holoceńskim cyklu rozwojowym osuwisk na obszarze Karpat fliszowych. *Prace Muzeum Ziemi* 22, s. 169–193.
- Klimek K. 1974. The retreat of alluvial river banks in the Wisłoka valley (South Poland). *Geographia Polonica* 28, s. 59–75.
- Krzaklewski P. 2008. Rola zdarzeń ekstremalnych w kształtowaniu meandrowych koryt górskich na przykładzie Czarnej Orawy w okresie 2007–2008. *Landform Analysis* 8, s. 45–48.
- Krzemień K. 1976. Współczesna dynamika koryta potoku Konina w Gorcach. *Folia Geographica ser. Geographica–Physica* 10, s. 87–122.

- Krzemień K. 1981. Zmienność subsystemu korytowego Czarnego Dunajca. Zeszyty Naukowe UJ. Prace Geograficzne 53, s. 123–137.
- Krzemień K. 1984. Współczesne modelowanie koryt potoków w Gorcach. Zeszyty Naukowe UJ. Prace Geograficzne 59, s. 83–96.
- Lach J., Lewik P. 2002. Powódź w lipcu 2001 na Sądecczyźnie i jej skutki. W: Z. Górka A. Jelonek (red.). Geomorfologiczne uwarunkowania rozwoju Małopolski. Instytut Geografii UJ, Kraków, s. 199–204.
- Łach J. 2012. Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Kotliny Kłodzkiej oraz zachodnich pasm górskich Sudetów Wschodnich, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego UW, Wrocław.
- Łajczak A. 2008. Wody Babiej Góry. W: B.W. Wołoszyn, A. Jaworski, J. Szwagrzyk (red.). Babiogórski Park Narodowy. Monografia przyrodnicza. Zawoja–Kraków, s. 153–177.
- Starkel L. 2011. Złożoność czasowa i przestrzenna opadów ekstremalnych – ich efekty geomorfologiczne i drogi przeciwdziałania im. *Landform Analysis* 15, s. 65–80.
- Wiejaczka Ł., Bochenek W. 2013. Przekształcanie dna koryta rzeki górskiej w czasie dużych wezbrań na przykładzie Ropy. *Prace Geograficzne* 132, s. 27–28.
- Żurawek R. 1999. Zmiany erozyjne w dolinach rzek Sudetów Kłodzkich wywołane powodzią w lipcu 1997 r. oraz w lipcu 1998 r. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich* 45, s. 45–61.