

Dendrohydrologiczna analiza obniżenia w terasie zalewowej Ścinawki w okolicach Gorzuchowa (Sudety Środkowe)

Matylda Witek, Joanna Remisz, Szymon Bijak

Abstrakt. Celem prac było określenie czasu oraz przyczyn powstania obniżenia w terasie zalewowej Ścinawki w Sudetach Środkowych. Do analiz wybrano obniżenie usytuowane na prawym brzegu rzeki, powyżej posterunku wodowskazowego w Gorzuchowie. Forma ta ma prawie 300 m długości i 50 m szerokości w najszerszym miejscu. Stanowisko to jest dość gęsto porośnięte drzewami. Występują tu głównie olchy, wierzby oraz pojedyncze dęby. Pobrano z nich 20 wywierców dordzeniowych, które następnie poddano standardowej obróbce. Na podstawie liczby słoików określono wiek drzew. Założono, że minimalny wiek drzew porastających paleokoryto wyznaczy jednocześnie minimalny czas jego funkcjonowania. Uzyskane wyniki skonfrontowano z danymi hydrologicznymi, archiwalnymi materiałami kartograficznymi. Dodatkowo poszukiwano także znamion oddziaływania zwiększonych przepływów Ścinawki na przyrost radialny badanych drzew. Szczególną uwagę zwrócono na lata z silnymi wzebraniami (m.in. 1938, 1958, 1965, 1997, 2009), podczas których mogło dochodzić do podniesienia poziomu wód gruntowych lub nawet czasowego zalewania badanego obniżenia.

Słowa kluczowe: formy erozyjne, terasa zalewowa, stany wody, Ścinawka, słoje roczne

Abstract. Dendrohydrological analysis of a cavity in the Ścinawka river floodplain near Gorzuchów (Sudety Mountains). The aim of the study was to determine the time and causes of the foundation of a cavity in the floodplain of the Ścinawka river (central Sudety Mts., SW Poland). Analysed form is situated on the right bank of the river, above the water gauge in Gorzuchów. This form is almost 300 meters long and 50 meters wide, and covered densely with trees (mainly alder, willow and oak). We took 20 increment cores that were then subjected to a standard treatment. The age of the trees was determined on the basis of tree-rings count. The results were confronted with hydrological data and archival cartographic materials. In addition, we investigated how higher flows (flood flows) of the Ścinawka impacted the radial growth of the trees. Particular attention was paid to high water years (1938, 1958, 1965, 1997, 2009) for which the groundwater level could rise or could even occur flooding of analysed cavity.

Key words: erosion, floodplain, water level, Ścinawka, tree rings

Wstęp

Dolina rzeczna jest specyficznym ekosystemem, w którym relacje między poszczególnymi jego składowymi (rzeka, aluwia, roślinność, klimat) mogą nieraz zachodzić z dużą intensywnością. Współczesne kształtowanie rzeźby dolin rzecznych najczęściej związane jest z jednej strony z jej przekształceniami antropogenicznymi (budowa infrastruktury hydrotechnicznej lub transportowej, wkraczanie osadnictwa), a z drugiej ze zdarzeniami naturalnymi, mającymi często ekstremalny charakter, jak np. powodzie (Malik i in. 2012).

Epizody wezbraniowe mogą powodować czasowe pogorszenie warunków wzrostu drzew rosnących w obrębie doliny rzecznej (podtopienie korzeni i pni, warunki beztlenowe, utrudnione pozyskiwanie substancji pokarmowych). Rośliny doznają stresu związanego z nadmiarem wody, która może stagnować przez długi czas. Pogorszenie warunków wzrostu może też być związane z czasowym podniesieniem się wód gruntowych, co szczególnie oddziałuje na roślinność porastającą zagłębienia terenu na terasach zalewowych.

Wytwarzając corocznie słoje przyrostu rocznego, drzewa zapisują w ich szerokości i strukturze specyficzne warunki środowiskowe kształtujące proces aktywności kambium. Stąd metoda dendrochronologiczna wykorzystywana jest w badaniach środowiskowych i ekologicznych. Metoda ta była wielokrotnie stosowana do analiz relacji między poszczególnymi elementami systemu dolina rzeczna–rzeka–roślinność (St. George 2010). W ten sposób określano rolę rumoszu drzewnego w kształtowaniu rzeźby i procesów zachodzących w korycie rzeczonym Kamienicy (Kaczka 1999), Małej Panwi czy Białej oraz Czarnej Opawy (Malik i in. 2012). Przedmiotem badań były także relacje między roślinnością a formowaniem się i rozwojem kępy rzeki górskiej (Kaczka i Wyźga 2008; Rzepecka i in. 2012). Z kolei Zielonka i in. (2010) analizowali, jak woda i materiał transportowany w rzece oddziałują na roślinność porastającą dolinę rzeczna. Natomiast powiązania między stanami wód w korycie a szerokością przyrostu rocznego różnych gatunków badali między innymi Bijak i in. (2013).

Celem badań było określenie czasu powstania dużej, wklęsłej formy terenu, prawdopodobnie paleokoryta znajdującego się w pobliżu zakola Ścinawki koło Gorzuchowa oraz stwierdzenie na podstawie analizy dendrohydroklimatologicznej, czy stan wody w korycie lub opady w sezonie wegetacyjnym mogły wpływać na jego rozwój.

Obszar badań

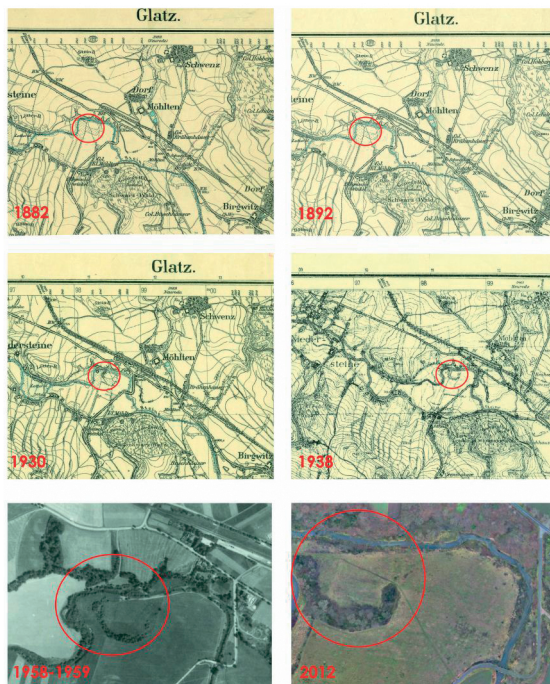
Badania przeprowadzono na Ścinawce, która jest największym lewobrzeżnym dopływem Nysy Kłodzkiej na terenie ziemi kłodzkiej. Stanowisko badawcze zlokalizowane jest powyżej posterunku wodowskazowego w Gorzuchowie (50° 29' N, 16° 34' E; 8+030 km biegu rzeki) w jednym z meandrów dolnego odcinka Ścinawki (ryc. 1, 2). Obszar ten znajduje się w Obniżeniu Ścinawki w Sudetach Środkowych (Kondracki 2002).

Na odcinku pomiędzy wsią Ścinawka Dolna a ujściem rzeka płynie w obrębie szerokiej doliny, o zasadniczo płaskim dnie, założonej w obrębie grubej warstwy utworów plejstoceniowych. W jej dnie odsłaniają się także wychodnie bardziej odpornych skał (Wojciechowska 1966), tworzących m.in. wzniesienia typu twardzielowego. W miejscach tych dolina ulega zwężeniu, tworząc odcinki typu przelomowego. W dnie doliny widoczne są wyraźne, miejscami dwustopniowe terasy o wysokości dochodzącej do 2–3 m, gęsto porośnięte przede wszystkim wierzbami i olszami oraz dębami. Brzegi rzeki na tym odcinku porastają gęste szpalery drzew oraz

roślinności krzewiastej. Wybrany do badań obszar położony jest w pobliżu zakola, które znajduje się poniżej zwięźnienia przełomowego. Zlokalizowany jest on po prawej stronie współczesnego koryta Ścinawki, które na tym odcinku silnie meandruje (ryc. 1).



Ryc. 1. Lokalizacja stanowiska badawczego
Fig. 1. Location of the study site



Ryc. 2. Badane paleokoryto na mapach archiwalnych z lat 1882, 1892, 1930 i 1938 oraz na zdjęciach lotniczych z lat 1958/1959 i 2012
Fig. 2. Study site on archive maps from 1882, 1892, 1930 and 1938 and on airborne images from 1958/1959 and 2012

Badany fragment Ścinawki to odcinek wybitnie erozyjny. Brzegi są tutaj intensywnie podcinane, efektem czego jest ciąg świeżych nisz erozyjnych o wysokości nawet do 3 m i głębokości do 2 m. Badana forma terenu (prawdopodobne paleokoryto) położona jest na terenie użytkowanym współcześnie jako pole orne. Ma kształt łuku wygiętego w kierunku południowym od linii przebiegu koryta. Jej długość to około 300 m, a szerokość w najszerszym, centralnym miejscu dochodzi do 50 m. Głębokość paleokoryta w centralnej części sięga około 1,5 m. Stanowisko jest dość gęsto porośnięte drzewami, głównie wierzbami, olszami i dębami. W zachodniej części oddalone jest od współczesnego koryta Ścinawki zaledwie około 3–4 m. Głębokość i wyrazistość tej formy zmieniają się w kierunku wschodnim, zgodnie z kierunkiem biegu Ścinawki.

Material i metody

Na podstawie współczesnych materiałów kartograficznych oraz zdjęć lotniczych wykonanych bezzałogowym statkiem powietrznym swingletCAM, określono długość i szerokość analizowanej formy terenu oraz jej położenie w stosunku do współczesnego koryta Ścinawki (ryc. 1). W czasie badań terenowych zmierzono także głębokość obniżenia względem powierzchni terenu.

Datowania badanej formy wykonano na podstawie materiałów kartograficznych i wykorzystując metodę dendrochronologiczną. Na podstawie archiwalnych niemieckich map topograficznych (Meßtischblätter) w skali 1:25:000 z lat 1882, 1892, 1930 i 1938 (ryc. 2) przeanalizowano zmiany przedstawionej na nich rzeźby oraz form użytkowania i pokrycia terenu okolic badanego zakola Ścinawki. Z losowo wybranych drzew porastających analizowaną formę terenu pobrano świdrem przyrostowym po jednym wywiercie dordzeniowym z wysokości przekroju pierśnicowego. W związku z pilotażowym charakterem pracy materiał pochodził łącznie z 20 drzew: 3 dębów (*Quercus* sp.), 12 olsz czarnych (*Alnus glutinosa*) i 5 wierzb (*Salix* sp.). Po wklejeniu wywiertów w drewniane listewki, ich powierzchnię wyszlifowano drobnoziarnistym papierem ściernym w celu uzyskania wyraźnego obrazu słojów rocznych, po czym zeskanowano. Zliczając poszczególne słoje przyrostu rocznego określono wiek pierśnicowy badanych drzew. Stanowił on podstawę do określenia najwcześniejszej możliwej daty pojawienia się roślinności drzewiastej w obrębie badanej formy terenu.

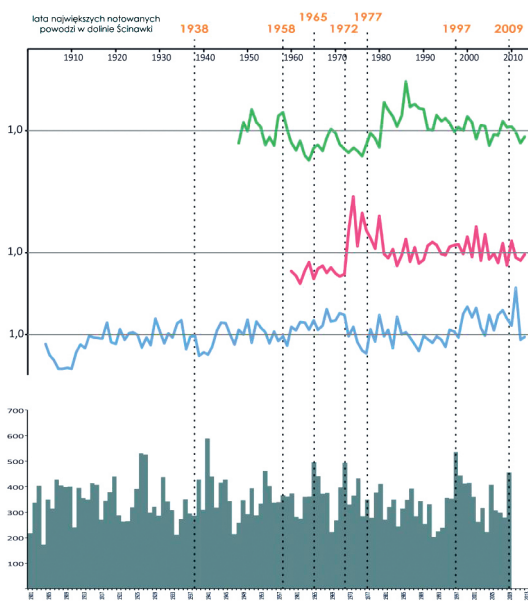
Przy pomocy programu Coorecorder (www.cybis.se) zmierzono szerokości przyrostów rocznych, a poprawność przeprowadzonych pomiarów sprawdzono w programie CDendro (www.cybis.se). Dla poszczególnych gatunków w programie CRONOL opracowano chronologie standardowe (pozbawione trendu wiekowego). Uzyskane sekwencje zestawiono z informacjami o historycznych powodziach w dolinie Ścinawki (Migoń 2010). Porównano je również z pochodzącymi z wodowskazu w Gorzuchowie danymi o stanie wody w korcie Ścinawki (maksymalny, przeciętny i minimalny w poszczególnych latach okresu 1981–2011) oraz z sumą opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym w latach 1901–2009 (dane gridowe z bazy CRU TS 3.1.). Założono, że obniżenie przyrostu badanych drzew w wyniku wysokiego stanu wody lub opadów można wiązać z długotrwałą stagnacją wody lub podniesieniem się poziomu wód gruntowych w badanej wklęsłej formie terenu.

Wyniki

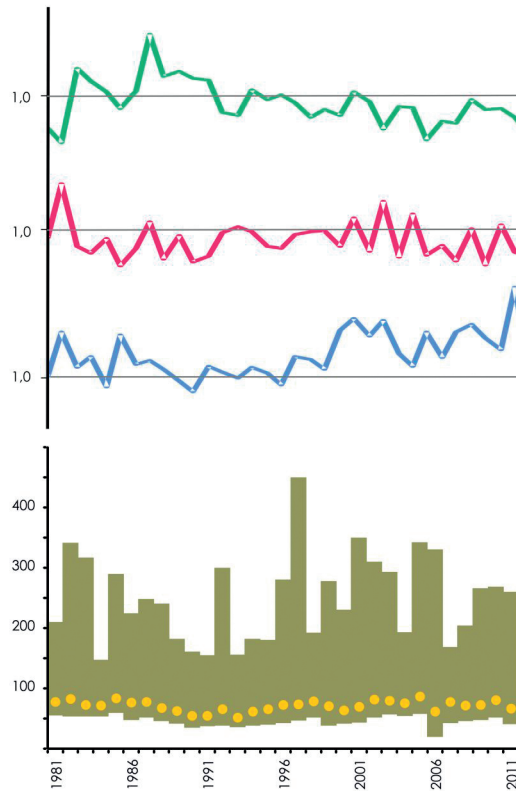
Analiza materiałów kartograficznych i źródeł historycznych wskazuje rok 1938 jako kluczowy dla powstania badanej formy terenu. Latem tego roku w dorzeczu Nysy Kłodzkiej, w tym i w zlewni Ścinawki, wystąpiła duża powódź (Migoń 2010). Arkusz mapy z 1938 jest pierwszym, na którym wyraźnie zaznaczone jest istnienie badanego paleokoryta (ryc. 2).

Najstarszym drzewem, z którego pobrano wywierc, był dąb o wieku pierśnicowym 109 lat. Najstarsza powiercona wierzba miała 66, a olsza 54 lata. Wiek wierzb i olsz sugeruje, że te gatunki zasiedliły badane paleokoryta po jego ukształtowaniu się w wyniku powodzi 1938 roku. W miejscu współczesnego paleokoryta badane dęby rosły już prawdopodobnie na przełomie XIX i XX wieku. Brak ich na mapach z 1882 i 1892 r. (ryc. 2). Na mapie z 1930 roku widoczne są sygnatury drzew liściastych układające się w łukowaty szpaler. Może to sugerować, że rosły one wzdłuż niewielkiego, niewidocznego w skali mapy, obniżenia o nieustalonej genezie, które w wyniku ekstremalnego wezbrania, mogło zostać pogłębione, tworząc współcześnie widoczną formę.

Z badanych gatunków jedynie dęby reagowały na powódź obniżeniem przyrostu rocznego (ryc. 3). W przypadku wierzb i olsz zależność ta jest znikoma lub brak jej w ogóle. Nie stwierdzono również związku między stanami wód w korycie a szerokością przyrostu rocznego badanych gatunków (ryc. 4). Nie stwierdzono wpływu poziomu wody w Ścinawce na przyrost



Ryc. 3. Chronologie standardowe badanych gatunków (zielony – wierzba, czerwony – olsza, niebieski – dąb) oraz średnia suma opadów i lata wystąpienia w Kotlinie Kłodzkiej znaczących powodzi
Fig. 3. Standard chronologies of analysed species (green – willow, red – alder, blue – oaks), mean precipitation and years when significant floods occurred in Kłodzka Basin



Ryc. 4. Chronologie standardowe badanych gatunków (zielony – wierzba, czerwony – olsza, niebieski – dąb) oraz maksymalny (górną słupka), minimalny (dół słupka) i średni (kropka) stan wody w Ścinawce koło Gorzuchowa

Fig. 4. Standard chronologies of analysed species (green – willow, red – alder, blue – oaks) and maximal (top of the bar), minimal (bottom of the bar) and mean (dot) water level in the Ścinawka near Gorzuchów

analizowanych drzew niezależnie od tego, czy szerokość słoja porównywano z najwyższym, najniższym czy średnim stanem wody oraz od tego, czy dane hydrologiczne obejmowały poszczególne miesiące, okres największej aktywności kambium czy okres wegetacyjny. Nie zaobserwowano również wpływu sumy opadów w okresie wegetacyjnym na przyrost radialny badanych drzew (ryc. 2).

Dyskusja

Specyfika wzrostu roślinności zasiedlającej doliny rzecznej wiąże się z synergicznym oddziaływaniem warunków hydrologicznych i klimatycznych, a także antropogenicznych. Oddziaływanie czynnika antropogenicznego szczególnie zaznacza się w silnie zagospodarowanych

dolinach sudeckich. Na nadmiar wody (powódź) wszystkie gatunki drzew są bardzo wrażliwe, jednakże niektóre znoszą takie warunki nieco lepiej. Brak wpływu stanów wody w korycie rzeki na wzrost wierzby stwierdzili Bijak i in. (2013). Jednak biorąc pod uwagę ekologiczny zakres występowania wierzby, wskazywać może to na optymalny przebieg reżimów rzecznych. Nie zaobserwowali oni także istotnej roli opadów atmosferycznych w kształtowaniu badanych drzew. Wyniki innych prac sugerują, że występujące w Kotlinie Kłodzkiej opady atmosferyczne zaspokajają zapotrzebowanie wierzby na wodę. Okoński i Koprowski (2012) stwierdzili istotny wpływ opadów na przyrost dębu i jesionu rosnącego na terasie zalewowej, jednakże w pracy nie prezentowali wyników dotyczących wpływu reżimów rzecznych na przyrosty promieniowe.

Przeprowadzone obserwacje oraz uzyskane wyniki skłaniają autorów do przypuszczenia, iż badana forma jest być może dużym rozcięciem erozyjnym, powstałym na skutek powodzi z 1938. Wezbrania są uważane za główny proces hydrologiczny, który kształtuje rzeźbę koryt i den dolin rzecznych obszarów górskich. W ich wyniku rozwijają się nowe lub odnawiane są starsze formy erozyjne oraz akumulacyjne (m.in. Żurawek 1999; Zieliński 2001, 2003; Latocha i Parzóch 2010). Współczesna forma powstała przypuszczalnie w miejscu istniejącego wcześniej obniżenia, któremu charakter nadały przekształcenia antropogeniczne mające miejsce prawdopodobnie na początku XX wieku (ryc. 2). Do takich przypuszczeń skłaniają spore rozmiary i kształt badanej formy oraz jej usytuowanie względem koryta Ścinawki. Powszechnym przekonaniem jest, iż skutki geomorfologiczne wezbrań są szczególnie wyraźne w obszarach silnie przeobrażonych antropogenicznie (m.in. Kasprzak 2008; Latocha 2009; Latocha i Parzóch 2010). Istotny dla prowadzonych rozważań może być także charakter koryta w pobliżu badanego obniżenia. Jak sugerowali Latocha i Parzóch (2010), na podstawie badań w dolinie Białej Łądeckiej, szczególnie predysponowane do nasilenia zjawisk fluwialnych są kręte odcinki rzek. Taki charakter ma fragment Ścinawki w pobliżu stanowiska badawczego. Dodatkowo jest on ograniczony dwoma wąskimi odcinkami przełomowymi mogącymi powodować spiętrzenie wody.

Przedstawione w pracy sugestie co do czasu i okoliczności powstania badanego obniżenia mają charakter wstępnych hipotez. Konieczna jest ich weryfikacja na podstawie obszerniejszego materiału (drzewa z samego paleokoryta oraz rosnące w pobliżu zarówno przy korycie Ścinawki, jak i z dala od niego) oraz badań paleogeograficznych, w szczególności analizy osadów, ich struktury, tekstury i położenia względem koryta (Starkel 1977; Florek 1984; Mycińska-Dowgiałło 1995). Cenne mogą okazać się analizy cyfrowych modeli terenu i materiałów ze skaningu LiDARowego. Dzięki takim badaniom możliwe będzie wskazanie nawet bardzo niewielkich form terenu, niewidocznych gołym okiem, co z kolei ułatwi wskazanie etapów rozwoju badanej formy i historię jej powstania (Migoń i in. 2013).

Wnioski

- Najprawdopodobniej badane paleokoryto powstało podczas powodzi z 1938 r. w wyniku oddziaływania wód wezbraniowych w obszarze łukowatego obniżenia terenu o być może antropogenicznym pochodzeniu, wzdłuż którego rósł szpaler dębów stanowiących dziś najstarszą część drzewostanu porastającego tę formę terenu.
- Mimo że nie stwierdzono istotnej zależności między stanami wody w korycie a szerokością przyrostu rocznego badanych drzew, to wydaje się, że zjawiska powodziowe miały udział w kształtowaniu badanego paleokoryta, o czym może świadczyć reakcja badanych

dębów na wystąpienie powodzi (obniżenie przyrostu). Brak takiej odpowiedzi u wierzb i olsz związany jest z ich higrofilnością i odpornością na warunki wywołane zalewaniem i stagnacją wody.

Podziękowania

Autorzy dziękują dr. Krzysztofowi Parzóchowi z Zakładu Geomorfologii Uniwersytetu Wrocławskiego za dyskusję problemów geomorfologii fluwialnej oraz sugestie dotyczące dalszych badań. Dane hydrologiczne udostępnione przez IMGW w ramach porozumienia z IGRR Uwr. Wycinek ortofotomapy o rozdzielczości 4 cm/px, powstał z przetworzenia zdjęć lotniczych wykonanych bezzałogowym statkiem powietrznym do teledetekcji typu swinglet CAM firmy senseFly, zakupionym przez Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego. Zdjęcie lotnicze (M-33-58, szereg 11, nr 1487, przybliżona skala 1:15000, rok wykonania 1958/59) wykorzystane na ryc. 2, zostało wykonane przez Państwowe Przedsiębiorstwo Fotogrametrii i pochodzi ze zbiorów Zakładu Geoinformatyki i Kartografii Uniwersytetu Wrocławskiego.

Literatura

- Bijak Sz., Remisz J., Witek M. 2013. Rola stanów wody w kształtowaniu przyrostu radialnego drzew i aktywności podłoża w strefie krawędzi terasy zalewowej na przykładzie Ścinawki w okolicach Gorzuchowa. *Przyroda Sudetów*, 16: 139–146.
- Florek W. 1984. Niektóre problemy sedymentologiczne związane z budową teras środkowo- i młodoholocenijskich Dolnego Bobru. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 54 3/4: 397–410.
- Kaczka R.J. 1999. Rola kłód w kształtowaniu systemu fluwialnego i związanych z nim biocenoz (Kamienica, Gorce). W: Chelmiński W., Pociask-Karteczka J. (red.). *Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza*, Kraków: 245–251.
- Kaczka R.J., Wyźga B. 2008. Formowanie i dynamika kęp rzeki górskiej w zapisie dendrochronologicznym na przykładzie dolnego biegu Białki. W: Wyźga B. (red.). *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 5: 93–102.
- Kasprzak M. 2008. Strefy erozji i akumulacji podczas fluwialnych zdarzeń ekstremalnych w Sudetach, przykład Wilczej Poręby w Karpaczu. *Landform Analyses*, 8: 36–40.
- Kondracki J. 2002. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Latocha A. 2009. Wpływ działalności człowieka na procesy korytowe na przykładzie Nysy Kłodzkiej między Bystrzycą Kłodzką a Kłodzkiem. *Przyroda Sudetów*, 12: 99–122.
- Latocha A., Parzóch K. 2010. Efekty geomorfologiczne powodzi w dolinie Białej Łądeckiej w czerwcu 2009 r. *Przyroda Sudetów*, 13: 251–262.
- Malik I., Wistuba M., Stopka R., Trąbka K. 2012. Rzeźbotwórcza rola wezbrań o różnej wielkości zapisana w anatomii drewna drzew, przykład z Hrubého Jeseníka (Sudety Wschodnie). *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 30 (1): 157–165.
- Migoń P. (red.). 2010. *Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego 14*. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.

- Migoń P., Kasprzak M., Traczyk A. 2013. How high-resolution DEM based on airborne LiDAR helped to reinterpret landforms – examples from the Sudetes, SW Poland. *Landform Analysis*, 22: 89–101.
- Mycielska-Dowgiałło E. 1995. Wybrane cechy tekstualne osadów i ich wartość interpretacyjna. W: Mycielska-Dowgiałło E., Rutkowski J. (red.). *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. Warszawa: 29–105.
- Okoński B., Koprowski M. 2012. Zależność przyrostów promieniowych dębu szypułkowego oraz jesionu wyniesłego od opadów atmosferycznych na stanowisku położonym na terasie zalewowej doliny rzecznej Warty. *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 30 (1): 47–54.
- Rzepecka A., Czajka B., Mikuś P., Kaczka R.J., Wyźga B. 2012. Rozwój kępy o złożonej strukturze w żwirowej rzece górskiej. Wyniki analiz dendrochronologicznych i kartograficznych. *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 30 (1): 105–110.
- Starkel L. 1977. *Paleogeografia holocenu*. PWN. Warszawa.
- St. George S. 2010. Tree rings as paleoflood and paleostage indicators. W: Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D.R., Luckman B.H. (red.). *Tree-ring reconstructions in natural hazards research: a state-of-the-art*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 233–240.
- Wojciechowska I. 1966. Budowa geologiczna metamorfiku dorzecza Ścinawki Kłodzkiej. *Geologia Sudetica*, 2: 261–293.
- Zieliński T. 2001. Erozyjne efekty katastrofalnych wezbrań w dorzeczu górnej Nysy Kłodzkiej podczas powodzi 1997 i 1998 r. *Przegl. Geol.* 49 11: 1096–1100.
- Zieliński T. 2003. Catastrophic flood effects in alpine/foothill fluvial system (a case study from the Sudetes Mts, SW Poland). *Geomorphology*, 54: 293–306.
- Zielonka T., Holeksa J., Ciapała S. 2010. A 100-year history of floods determined from tree rings in a small mountain stream in the Tatra Mountains, Poland. W: Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D.R., Luckman B.H. (red.). *Tree rings and natural hazards: A state-of-the-art*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 263–275.
- Żurawek R. 1999. Zmiany erozyjne w dolinach rzek Sudetów Kłodzkich wywołane powodziąmi w lipcu 1997 r. oraz w lipcu 1998 r. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 45: 43–61.

Matylda Witek¹, Joanna Remisz, Szymon Bijak²

¹ Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
matylda.witek@uni.wroc.pl
joanna.remisz@yahoo.pl

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny, Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu
szymon.bijak@wl.sggw.pl