

5

FORMOWANIE I DYNAMIKA KĘP RZEKI GÓRSKIEJ W ZAPISIE DENDROCHRONOLOGICZNYM NA PRZYKŁADZIE DOLNEGO BIEGU BIAŁKI

Ryszard J. Kaczka, Bartłomiej Wyżga

Abstrakt: Kępy stanowią jeden z istotnych elementów żwirodennych rzek roztokowych. Dendrochronologiczne datowania drzew na kępach w obrębie dolnego biegu Białki wskazują na dużą dynamikę rozwoju kęp w tej rzece. Wynika ona z częstych zmian koryta w trakcie wezbrań oraz wyeliminowania wskutek działań człowieka obecności dużych powalonych drzew w korycie rzeki. Rozwój kęp w europejskich rzekach roztokowych, cechujących się dużą mobilnością rumoszu drzewnego, przebiega odmiennie niż w rzekach zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej, w których duże, powalone drzewa stanowią stabilne elementy sterujące rozwojem kęp. Znajomość mechanizmów powstawania i rozwoju kęp może być wykorzystana przy rewitalizacji górskich rzek żwirodennych.

Słowa kluczowe: kępa, żwirodenna rzeka roztokowa, dendrochronologia, rumosz drzewny

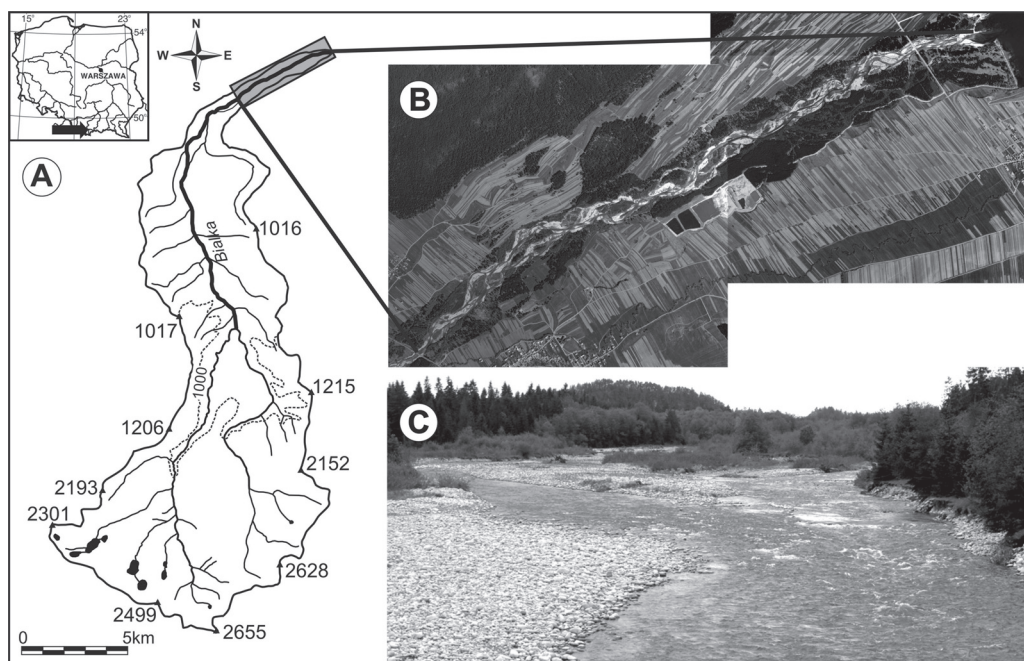
1. Wprowadzenie

W warunkach naturalnych kępy (wyspy) powszechnie występowały w rzekach górskich. W rzekach karpackich brak stanu równowagi dynamicznej w ostatnich dwóch stuleciach nie sprzyjał rozwojowi kęp. W XIX wieku i w pierwszej połowie XX wieku efektem dużej dostawy rumowiska do rzek było formowanie się szerokich koryt z często zmieniającym się układem łach. W drugiej połowie XX wieku znaczne zmniejszenie się dostawy rumowiska ze zlewni i regulacja koryt spowodowały powszechną zmianę układu koryta na jednonurtowy i wcięcie się rzek. Występowanie odcinków wielonurtowego koryta z kępami w Białce i podobnych rzekach (m. in. Czarny Dunajec) umożliwia jednak badanie formowania się kęp w rzekach polskich Karpat. Rozpoznanie czynników sprzy-

jających rozwojowi kęp jest istotne z uwagi na dużą bioróżnorodność ekosystemów wodnych i lądowych w odcinkach wielonurtowego koryta z kępami. Studia nad ich czasową zmiennością pozwalają określić kierunki ewolucji tego elementu krajobrazu wynikające ze współczesnych fluktuacji klimatu oraz przemian w zagospodarowaniu terenu. W niniejszym artykule przedstawiono wstępne wyniki badań nad formowaniem się kęp w Białce, prowadzonych z wykorzystaniem datowań dendrochronologicznych. Datowanie zmian w środowisku przyrodniczym bazujące na analizie rocznych przyrostów drzew umożliwia stosunkowo dokładne określenie dynamiki kęp i porastających je lasów łęgowych.

2. Teren badań

Zlewnia Białki o powierzchni 230 km² leży w obrębie Tatr, Pogórza Spisko-Gubałowskiego i Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Analizą objęto dolny, nieregulowany odcinek Białki, w którym uformowała ona szerokie koryto roztokowe z licznymi łachami żwirowymi i kępami. Badania skoncentrowano na 5-kilometrowym odcinku rzeki od mostu w pobliżu miejscowości Nowa Biała do ujścia Białki do Jeziora Czorszyńskiego (ryc. 5.1). Teren ten leży w obrębie planowanego rezerwatu *Rzeka Białka*. Koryto utworzone jest w obrębie gruboziarnistych żwirów, które stanowią także zasadniczy materiał



Ryc. 5.1. (A) Lokalizacja analizowanego odcinka Białki. (B) Roztokowe koryto Białki przedstawione na ortofotomapie z 2002 roku. (C) Kępa w roztokowym korycie Białki.

Fig. 5.1. (A) Catchment of the Bialka River with location of the studied section (shaded). (B) Island-braided channel of the Bialka River shown on an orthophoto from 2002. (C) Island in a braided channel of the Bialka River.

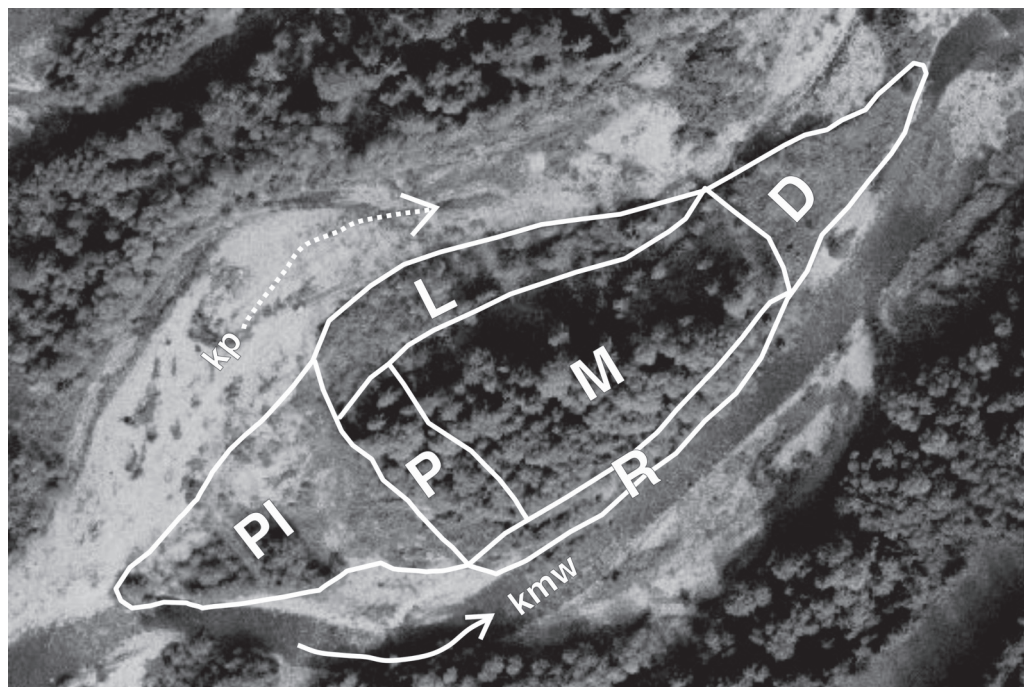
budujący równinę aluwialną Białki [Baumgart-Kotarba, 1980, 1985]. Dno doliny jest w dużym stopniu odlesione, jedynie wzdłuż koryta rzeki zachował się pas nasadzeń o charakterze boru sosnowego lub świerkowego. Natomiast kępy oraz część roślinności nadbrzeżnej stanowią pozostałości naturalnego lasu łęgowego, z dominacją wierzb i olszy.

3. Metody badań

W 5-kilometrowym odcinku najniższego biegu Białki przeprowadzono dendrochronologiczną analizę wieku 12 kęp. Próby pobierano w pięciu wyróżnionych strefach kęp: **PI** – czołowej strefie kępy ze słabo rozwiniętą roślinnością i dużą ilością rumoszu drzewnego (strefa proksymalna inicjalna); **P** – strefie doprądowej z w pełni rozwiniętą roślinnością drzewiastą; **M** – strefie środka kępy; **D** – strefie zaprądowej; **R** oraz **L** – prawej i lewej strefie bocznej (ryc. 5.2). We wstępnej fazie prac terenowych badane kępy dzielono na podstawie ich morfologii i rozmiarów na wyżej wymienione strefy. Z każdej strefy pobrano próby dendrochronologiczne z pięciu drzew, które wizualnie oszacowano jako największe (potencjalnie najstarsze). Łącznie 78% analizowanych drzew stanowiły wierzyby, 21% olsze i 1% topole. Dla uzyskania precyzyjnych informacji o wieku drzew, z każdego osobnika pobrano dwa rdzenie na wysokości ok. 20–30 cm. Próby przygotowano i przeanalizowano, stosując standardowe procedury dendrochronologiczne dotyczące datowania wieku drzew. Wiek badanych drzew pozwolił na określenie minimalnego wieku poszczególnych stref analizowanych kęp. Przyjęto założenie, że depozycja odsypu żwirowego ma miejsce rok wcześniej (w trakcie letniego wezbrania opadowego) lub najpóźniej w tym samym roku (w czasie wiosennego wezbrania roztopowego), co zapisany w wieku drzew początek kolonizacji kępy przez wierzyby i olsze. Takie założenie sformułowano na podstawie kilkuletnich obserwacji zasiedlania łąk żwirowych przez roślinność drzewiastą w Białce i Czarnym Dunajcu. Porównania minimalnego wieku kęp oraz poszczególnych stref wydzielonych w obrębie kęp dokonano za pomocą nieparametrycznego testu Anovy Kruskalla-Wallisa.

4. Dendrochronologiczny zapis dynamiki kęp

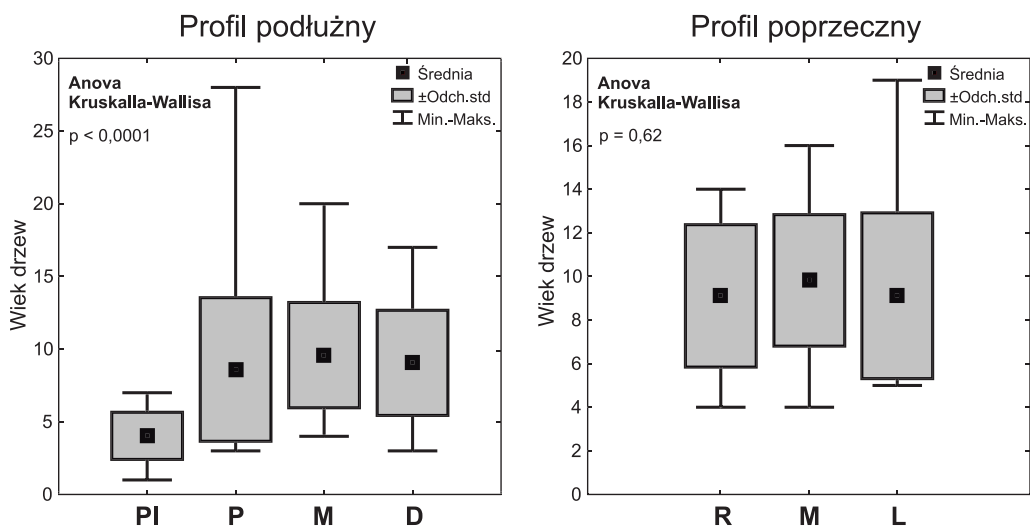
Datowania drzew rosnących na kępach wskazały, że najstarsza z nich powstała przed 1978 rokiem. Minimalny czas skolonizowania łąk żwirowych przez roślinność drzewiastą i powstania kęp w większości przypadków określono na przełom lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku, przy średnim wieku kęp wynoszącym 17 lat. Nie stwierdzono wyraźnego zróżnicowania wieku kęp wzdłuż badanego odcinka Białki. Wiek kęp nieznacznie wzrasta w górę biegu rzeki, co może być wynikiem antropogenicznych przekształceń koryta rzeki na odcinku między mostem w Dębnie a ujściem Białki do Jeziora Czorszyńskiego w trakcie budowy tego zbiornika zaporowego.



Ryc. 5.2. Strefy poboru prób w obrębie kępy: PI – czołowa, dopływowa część kępy (strefa proksymalna inicjalna); P – strefa dopływowa z w pełni rozwiniętą roślinnością drzewiastą; M – strefa środka kępy; D – strefa zapływowa; R – prawa, brzeżna część kępy; L – lewa, brzeżna część kępy. Literami „kmw” oraz „kp” wskazano koryto małej wody i koryto przelewowe.

Fig. 5.2. Sampled zones of islands: PI – initial proximal side of island, island head; P – proximal zone with well-established trees/shrubs; M – middle part of island; D – distal, downstream part of island; R – right marginal zone; L – left marginal zone. Letters ‘kmw’ and ‘kp’ indicate low-flow channel and braid dry under low-flow conditions, respectively.

W celu określenia zróżnicowania wieku poszczególnych stref kęp, porównano wiek najstarszych drzew w profilu poprzecznym (L-M-R) i podłużnym (PI-P-M-D) kęp (ryc. 5.3). Nie stwierdzono wyraźnych różnic struktury wiekowej drzew w profilu poprzecznym kęp. Zaznacza się natomiast znaczne zróżnicowanie wiekowe w profilu podłużnym kęp. Strefa czołowa PI jest wyraźnie młodsza od pozostałych stref (P, M, D), co wskazuje na dominujący rozwój kęp w kierunku dopływowym. Wiek drzew w tej



Ryc. 5.3. Rozkład wieku najstarszych drzew w poszczególnych strefach 12 badanych kęp w dolnym biegu Białki jako zapis rozwoju kęp w profilu podłużnym i poprzecznym. W strefie inicjalnej PI występują najmłodsze drzewa, natomiast w pozostałych strefach brak wyraźnego zróżnicowania wiekowego drzewostanu.

Fig. 5.3. Age structure of the oldest trees in particular zones of 12 investigated islands from a lower reach of the Białka River as a proxy of the spatial development of islands in their longitudinal (left diagram) and transverse (right diagram) profile. Island head (PI), where gravel and woody debris are trapped, is the youngest part of islands, whereas the well-protected other zones reveal similar age.

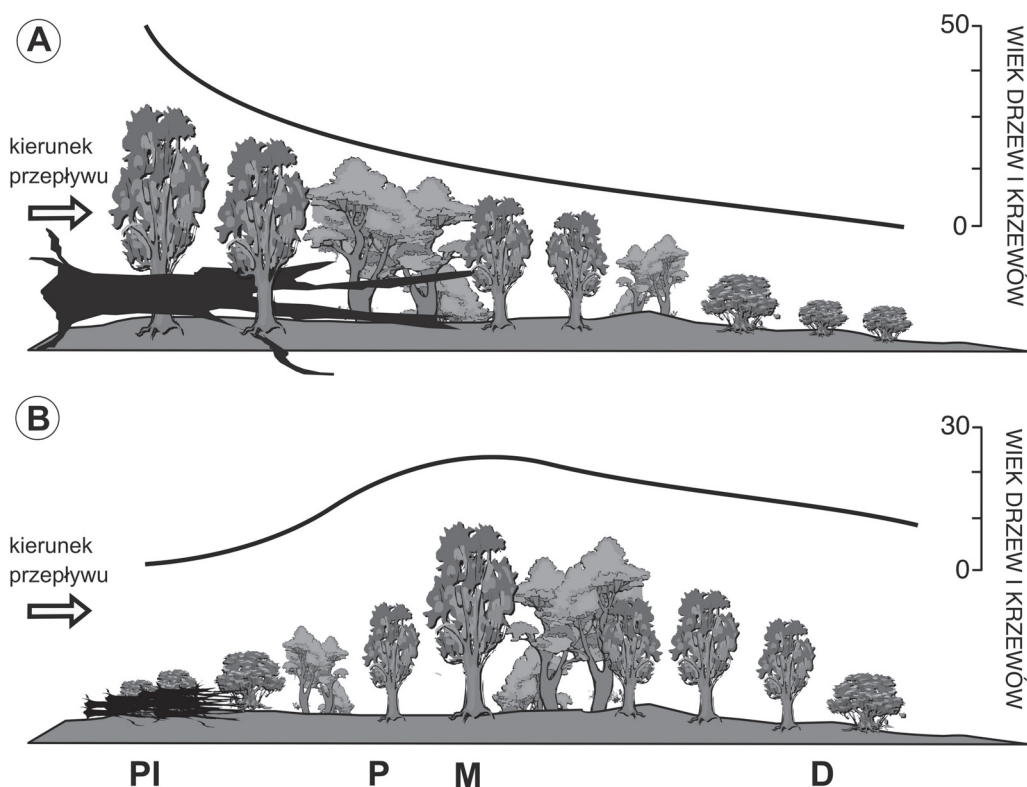
strefie rejestruje datę wystąpienia ostatnich dużych wezbrań, w czasie których na czołe kępy został zdeponowany rumosz drzewny wraz z materiałem mineralnym, nadbudowując kępę od strony dopływowej. Dla większości badanych kęp wiek strefy PI nawiązuje do wezbrań z roku 2001 lub 1997 ± 1 rok. Pozostałe strefy (P, M, D) mają podobny wiek (średnia = 13 lat), choć strefa środkowa jest nieznacznie starsza. Kolonizacja łach zwirowych przez drzewa przebiega szybko i zmiany w wymienionych strefach kępy stosunkowo niedługo po jej powstaniu zaczynają silniej zależeć od ekologicznej dynamiki zbiorowisk łągowych niż od procesów fluwialnych. Ten etap rozwoju głównego trzonu kępy trwa do czasu wystąpienia kolejnego wielkiego lub katastrofalnie wielkiego wezbrania, które może zniszczyć całą kępę lub jej część, podczas gdy mniejsze wezbrania ustawicznie przemodelowują strefę PI. Strefa P, stanowiąca element przejściowy między strefą czołową PI a stabilnym trzonem kępy, charakteryzuje się największym zróżnicowaniem wieku drzew. W obrębie tej strefy występują zarówno okazy o wieku zbliżonym do najmłodszej fazy kolonizacji kępy (< 6 lat), jak i najstarsze drzewa w przebadanej populacji (29 lat). Obecność w strefie P nielicznych drzew starszych od najstarszych drzew rosnących w strefie M kępy może wskazywać na ich rozwój w obrębie starszej kępy, która następnie została niemal całkowicie zerodowana, a pojedyncze pozostałe drzewa zostały włączone w obręb młodszej kępy.

5. Dwa modele powstawania i rozwoju kęp w rzekach roztokowych

Mechanizm powstawania i rozwoju kęp został dobrze rozpoznany i opisany dla rzek zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej. Prowadzone tam obserwacje wskazały [Fetherston i in., 1995], że istotną rolę w rozwoju kęp odgrywają duże drzewa powalone do koryta (ryc. 5.4A). Drzewa te, zazwyczaj ułożone korzeniami w kierunku doprądowym, poprzez zakłócenie hydrauliki przepływu wymuszają depozycję transportowanego rumowiska wleczonego w części zaprądowej przeszkody, jaką stanowi ich wiązka korzeniowa [Fetherston i in., 1995; Abbe, Montgomery, 1996]. Ponieważ depozycja materiału mineralnego zachodzi tu najwcześniej bezpośrednio za przeszkodą, stopniowo postępując w kierunku dystalnym, dlatego też najwyższej wyniesione i najwcześniej kolonizowane przez roślinność części łachy znajdują się w pobliżu korzeni powalonego drzewa. Zachodzący tu rozwój roślinności sprzyja dalszej depozycji materiału mineralnego w jej cieniu hydraulicznym, a kolonizacja rozwijającej się łachy żwirowej przez roślinność prowadzi do postępującego rozwoju kępy w kierunku dystalnym.

Powstawanie kęp zgodnie z tym mechanizmem wymaga obecności w korycie rzeki dużych powalonych drzew, które ze względu na swe rozmiary pozostają stabilne (ang. *key-member log*), inicjując depozycję materiału mineralnego i jego zasiedlenie przez roślinność. W lasach deszczowych strefy umiarkowanej porastających górskie obszary wzdłuż zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej występują drzewa dużych rozmiarów, a ingerencja człowieka w lasy nadrzeczne jest stosunkowo mała. Efektem tego jest obecność w korytach opisywanych rzek znacznej ilości rumoszu drzewnego, który ze względu na swe rozmiary i masę z jednej strony wymusza depozycję materiału mineralnego, a z drugiej stanowi skuteczną ochronę inicjalnej kępy przed erozją.

Model powstawania i rozwoju kęp przedstawiony przez Fetherstona i współautorów [1995] nie znajduje zastosowania w odniesieniu do rzek europejskich, w których ilość i rozmiary rumoszu drzewnego są mniejsze. Słabsza produktywność europejskich lasów strefy umiarkowanej powoduje, że brak tu drzew dorastających do podobnych rozmiarów, jak w lasach deszczowych zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej. Jednak głównym powodem, dla którego zastosowanie modelu amerykańskiego do opisu rozwoju kęp w Białce i innych rzekach europejskich nie jest możliwe, jest ingerencja człowieka w procesy fluwialne. Na naturalne różnice lasów nadrzecznych nakładają się te wynikające z prowadzenia gospodarki leśnej, kształtujące strukturę gatunkową i wiekową drzew, a tym samym ich rozmiary. Wiek drzew w lesie nadrzecznym porastającym brzegi Białki nie przekracza 70 lat bez względu na gatunek. Prowadzona w obrębie tego lasu wycinka starszych, większych drzew skutkuje brakiem dostawy do koryta rzeki drzew o rozmiarach umożliwiających inicjowanie rozwoju i stabilizację kęp. Jeśli nawet w wyniku intensywnej erozji brzegów w czasie wezbrań nastąpi dostawa większych drzew do rzeki, w niedługim czasie po wezbraniu



Ryc. 5.4. Modele powstawania i rozwoju kęp: (A) w rzekach zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej [według: Fetherston i in., 1995] i (B) w roztokowych rzekach europejskich. W tych pierwszych istotną rolę w rozwoju kęp odgrywają duże drzewa powalone do koryt, natomiast w rzekach europejskich rozwój kęp wspomagany jest przez interakcję roślinności w obrębie koryt oraz depozycji grubego rumoszu drzewnego o mniejszych rozmiarach.

Fig. 5.4. Models of island growth for (A) rivers of the Pacific Northwest [adapted from Fetherston et al., 1995] and (B) European braided rivers. In the former, an important role in island development is played by large fallen trees, while in the latter by interacting deposition of smaller, more mobile woody debris and growing in-channel vegetation.

są one usuwane z koryta przez miejscową ludność [Wyźga, 2007]. Usuwanie drewna z koryt jest powszechną praktyką w rzekach europejskich [Piégay, 1997; Kollmann i in. 1999; Gurnell i in. 2001].

Powstawanie i ewolucja kęp w europejskich rzekach roztokowych (ryc. 5.4B) jest przykładem przystosowania się systemu fluwialnego do zmienionych przez antropopresję warunków środowiskowych [Edwards i in., 1999; Ward i in., 1999; Gurnell, Petts, 2002]. Różnice wieku stref w profilu podłużnym kęp, stwierdzone na podstawie badań dendrochronologicznych, stanowią zapis tej adaptacji. W trakcie wezbrania rumosz drzewny jest deponowany na łachach żwirowych. Po usunięciu przez ludzi większych zdeponowanych pni lub konarów drzew, pozostaje drobniejszy rumosz drzewny składający się głównie z fragmentów wierzb i olszy (a w innych rzekach także topoli). Pełni one rolę diaspor, mogących się ukorzeniać i wypuszczać pędy zdolne do szybkiego

skolonizowania łachy. Wzrost tych drzew z napławionego drewna przebiega znacznie szybciej niż z nasion, prowadząc do uformowania się inicjalnych kęp [Gurnell i in., 2001; Wyżga, 2007]. Zróżnicowanie struktury wiekowej kęp rozpoczyna się już na tym etapie ich rozwoju. Niejednorodnie przebiegająca sukcesja na zwirowej powierzchni łachy powoduje zabezpieczenie przed rozmywaniem tylko pewnych jej fragmentów, stanowiących załączek strefy środkowej kępy (M). Zatrzymywanie napławionego drewna wierzb na czole już istniejących kęp powoduje ich rozrastanie się w kierunku doprądowym. Proces selekcji rumoszu drzewnego w wyniku działalności lokalnej ludności dotyczy kęp na każdym etapie ich rozwoju. Stała obecność jedynie małych fragmentów napławionego drewna, które nie mając znaczenia w kształtowaniu procesów fluwialnych funkcjonują jako rozsadniki kolejnych wierzb, powoduje, że przestrzenny rozwój kęp jest jednokierunkowy (doprądowy), a przyrost ich powierzchni jest stosunkowo niewielki, zależny od ilości i żywotności rumoszu drzewnego zdeponowanego na czole kępy.

6. Uwagi końcowe

Wiek kęp zależy od dynamiki procesów fluwialnych, głównie częstości występowania i wielkości wezbrań, ale różnice w mechanizmach powstawania i rozwoju kęp są odzwierciedleniem braku lub obecności działalności człowieka w obrębie rzeki i nadrzecznego lasu. Wyrąb większych drzew porastających brzegi rzeki i intensywne pozyskiwanie drewna z jej koryta zmniejszają prawdopodobieństwo powstawania trwałych kęp.

Kępy stanowią bardzo dynamiczny element środowiska żwirowej rzeki roztokowej. Przy odpowiednich warunkach naturalnych i ograniczeniu ingerencji człowieka w koryta rzek górskich mogą one powstać w ciągu zaledwie kilku i osiągnąć pełny rozwój w ciągu kilkunastu lat. Wobec dużej bioróżnorodności wodnych i nadrzecznych ekosystemów w odcinkach wielonurtowego koryta z kępami, odtworzenie takiego układu koryta w rzekach karpackich powinno stanowić jeden z istotnych celów rewitalizacji tych rzek.

Badania sfinansowano ze środków na naukę w latach 2005-2008 w ramach realizacji projektu badawczego nr 2 P04G 092 29.

Piśmiennictwo

- Abbe T. B., Montgomery D. R., 1996: Large woody debris jams, channel hydraulics and habitat formation in large rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, **12**, 201-221.
- Baumgart-Kotarba M., 1980: Braided channel changes at chosen reaches of the Białka River, the Podhale, Western Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, **14**, 113-134.
- Baumgart-Kotarba M., 1985: Different timescales of examining the river bed and valley floor evolution (braided river Białka Tatrzańska as example). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, **19**, 61-76.

- Edwards P. J., Kollmann J., Gurnell A. M., Petts G. E., Tockner K., Ward J. V., 1999: A conceptual model of vegetation dynamics on gravel bars of a large Alpine river. *Wetlands Ecology and Management*, **7**, 141-153.
- Fetherston K. L., Naiman R. J., Bilby R. E., 1995: Large woody debris, physical processes, and riparian forest development in montane river network of the Pacific Northwest. *Geomorphology*, **13**, 133-144.
- Gurnell A. M., Petts G. E., 2002: Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, a European perspective. *Freshwater Biology*, **47**, 581-600.
- Gurnell A. M., Petts G. E., Hannah D. M., Smith B. P. G., Edwards P. J., Kollmann J., Ward J. V., Tockner K., 2001: Riparian vegetation and island formation along the gravel-bed Fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, **26**, 31-62.
- Kollmann J., Vieli M., Edwards P. J., Tockner K., Ward J. V., 1999: Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. *Applied Vegetation Science*, **2**, 25-36.
- Piégay H., 1997: Interactions between floodplain forests and overbank flows: data from three piedmont rivers of southeastern France. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **6**, 187-196.
- Ward J. V., Tockner K., Edwards P. J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A. M., Petts G. E., Rossaro B., 1999: A reference river system for the Alps: the Fiume Tagliamento. *Regulated Rivers: Research and Management*, **15**, 63-75.
- Wyżga B., 2007: *Gruby rumosz drzewny: depozycja w rzece górskiej, postrzeganie i wykorzystanie do rewitalizacji cieków górskich*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.

Tree-ring study of the island formation in the gravel-bed Bialka River, Polish Carpathians

Summary

The Bialka River is one of the last relatively undisturbed, gravel-bed rivers in Central Europe. Such conditions give an opportunity to investigate islands remaining in an almost undisturbed form as well as their development. Spatial and temporal dynamics of the island evolution in the river are reconstructed using dendrochronological methods. The age structure of vegetation on the investigated islands indicates island growth in the upstream direction, rather than in a downstream one as is typically observed when large trees protect the head of island. This pattern of island development reflects entrapment of highly mobile, living driftwood as well as mineral material on the upstream side of the vegetation already established in the active river zone. It seems to be representative of European braided rivers, in which the amount and size of LWD are strongly controlled by human activity.

Ryszard J. Kaczka – Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60,
41-200 Sosnowiec, ryszard.kaczka@us.edu.pl
Bartłomiej Wyżga – Instytut Ochrony Przyrody PAN, al. Mickiewicza 33,
31-120 Kraków, wyzga@iop.krakow.pl