

Zapis erozji wąwozowej w anatomii drewna odsłoniętych korzeni drzew w Dolinie Błędzianki (Pojezierze Litewskie)

Marta Morawska

Abstrakt. Strome zbocza Doliny Błędzianki na odcinku między Maciejowiętami i Stańczykami są porożcinane gęstą siecią wąwozów. Ich współczesne funkcjonowanie oraz dynamika procesów erozyjnych kształtujących rzeźbę wąwozów jest słabo poznana. Szczegółowymi badaniami objęto jedną z form, stosując metodę dendrogeomorfologiczną, polegającą na badaniu zmian w budowie anatomii drewna odsłoniętych korzeni drzew. Przeanalizowano 36 próbek korzeni z 12 stanowisk: jesionu (*Fraxinus excelsior*, L.), klonu (*Acer platanoides*, L.) i olchy (*Alnus glutinosa*, Gaertn.). Badania uzupełniono o kartowanie geomorfologiczne przeprowadzone w latach 2010-2011.

Na podstawie uzyskanych wyników określono średnie tempo erozji wąwozowej dla poszczególnych odcinków formy (od 0,2 do 6 cm/rok) oraz wyróżniono 4 etapy intensywnej erozji na przestrzeni ostatnich 40 lat (I - 1989-1991; II - 1995-1997; III - 2005-2007; IV - 2010-?). Wskazuje to na periodyczny charakter procesów erozyjnych w interwale 5-8 lat. Zastosowanie metod pośrednich w badaniu erozji wąwozowej o podobnej dynamice i charakterze procesów erozyjnych jest niezwykle istotne, pozwala na wskazanie pewnych prawidłowości w rozwoju wąwozów, których często nie można zaobserwować w trakcie badań monitoringowych.

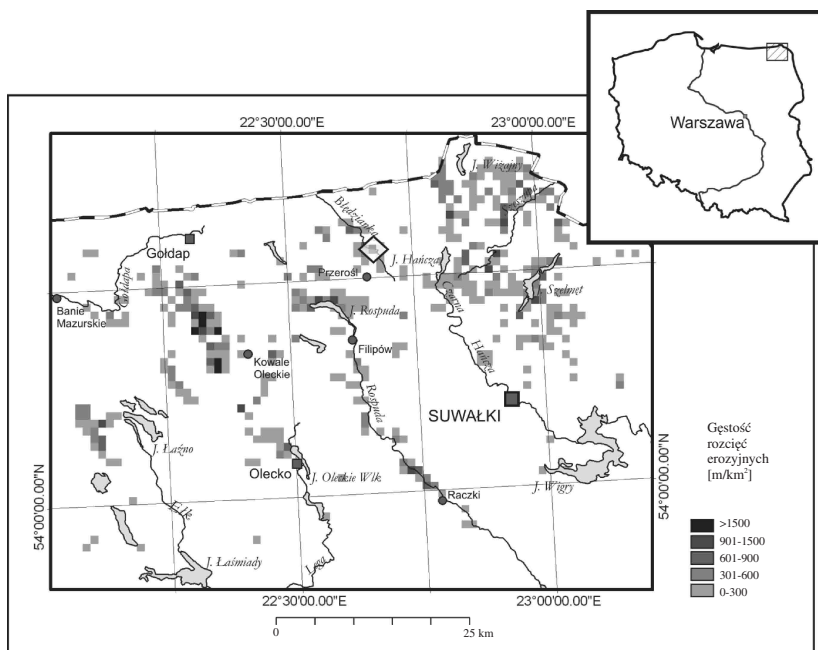
Słowa kluczowe: Polska NE, erozja wąwozowa, odsłonięte korzenie

Abstract. Dense orthogonal gully network developed on steep sides of upper reaches of Bledzianka River Valley. Most of the gullies assumed to be stable. Maybe that is why their contemporary activity and gullying tendency remains unknown. One representative gully was examined for estimating low-dynamic erosional processes using dendrogeomorphological approach. 36 samples (from 12 sites) of exposed tree roots of ash (*Fraxinus excelsior*, L.), maple (*Acer platanoides*, L.) and alder (*Alnus glutinosa*, Gaertn.) were collected from gullies sides and bottom. Dendrogeomorphological analysis revealed 4 episodes of intense gully erosion in the last 40 years that repeat periodically in 5-8yrs cycles (I - 1989-1991; II - 1995-1997; III - 2005-2007; IV - 2010-?). Erosion rates estimated for study sites vary from 6 cm/year in the youngest part of gully to 0,2 cm/year upstream. Because of time scale indirect methods (as dendrogeomorphology) in quantifying gully erosion are very important and even better sometimes than monitoring research.

Key words: NE Poland, gully erosion, exposed tree roots

Wstęp

Wąwozy w Polsce północno-wschodniej występują dość licznie (ryc. 1). Najstarsze z form datowane są na XVIII w p.n.e. i korelowane z początkiem osadnictwa w regionie (Smolska 2007; Morawska 2012). Kolejne etapy rozwoju wąwozów nawiązują do okresów intensyfikacji sieci osadniczej i wzmożonej antropopresji (Maruszczak 1991).



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań (Dolina Błędzianki zaznaczona rombem)
Fig. 1. Study area (Bledzianka Valley marked with diamond)

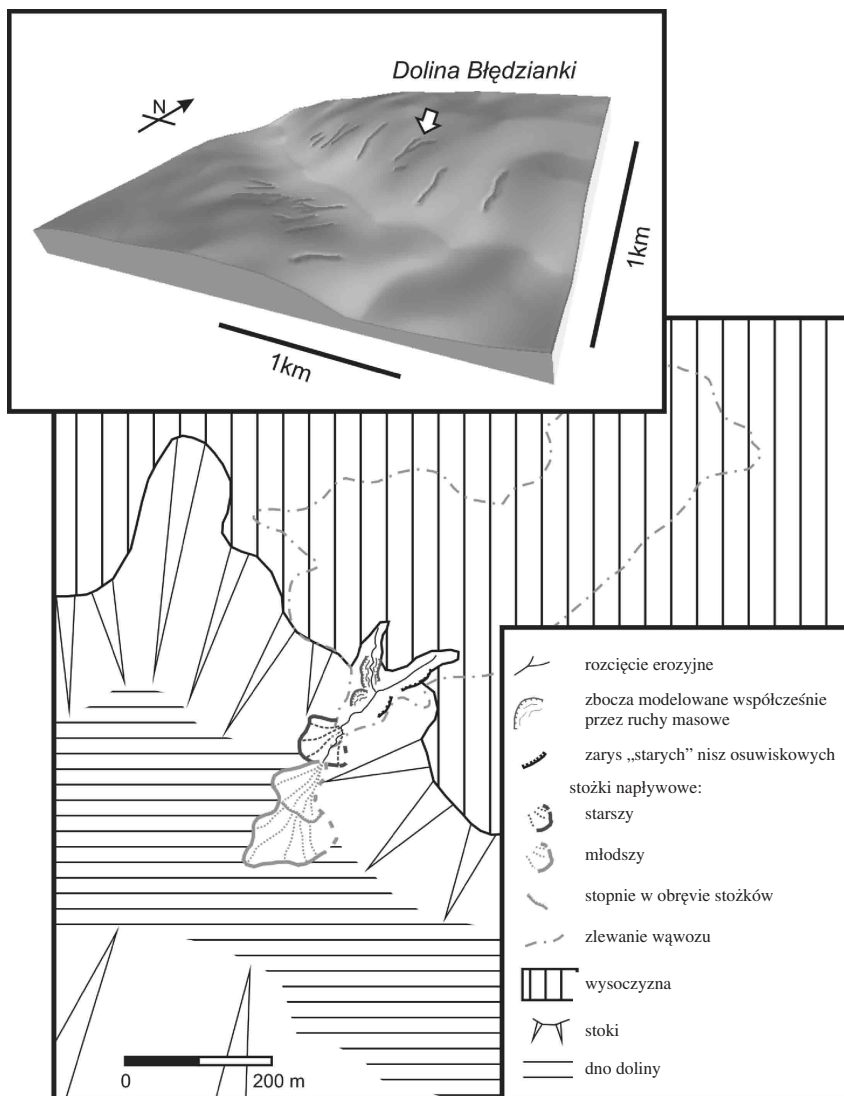
Na postawie krótkoterminowych badań monitoringowych czy kartowania geomorfologicznego wąwozy były uznawane za stabilne (Wasilewska 2001). Równocześnie, współczesne funkcjonowanie wąwozów, dynamika przekształceń rzeźby terenu w ich obrębie czy zmiany zachodzące na stożkach napływowych są bardzo słabo poznane. W prowadzonych badaniach poszukiwano metody pośredniej pozwalającej na punktowe oszacowanie tempa erozji wąwozowej na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat. Ze względu na drzewa porastające badany obszar zastosowano metodę dendrogeomorfologiczną, polegającą na analizie zmian zachodzących w budowie anatomicznej drewna, odsłoniętych w wyniku erozji, korzeni. W związku z powyższym celem badań była rekonstrukcja przebiegu erozji wąwozowej na podstawie anatomii drewna drzew rosnących w Dolinie Błędzianki.

Material i metody

W górnym biegu rzeka Błędzianka, na 2 km odcinku między Maciejowieciami i Stańczykami, płynie dnem głębokiej rynny subglacialnej rozcinającej pagórkowatą wysoczyznę połodowcową (Krzywicki 1987, 1990). Na stromych zboczach doliny, o nachyleniu przekraczającym 15° , rozwinęła się gęsta sieć krótkich, najczęściej nie przekraczających 200 metrów długości, wąwozów (ryc. 2). Obecnie są one w znacznej mierze porośnięte przez drzewa i pomimo rolniczego charakteru obszaru (dno doliny zajmują głównie pastwiska) stanowią nieużytki.

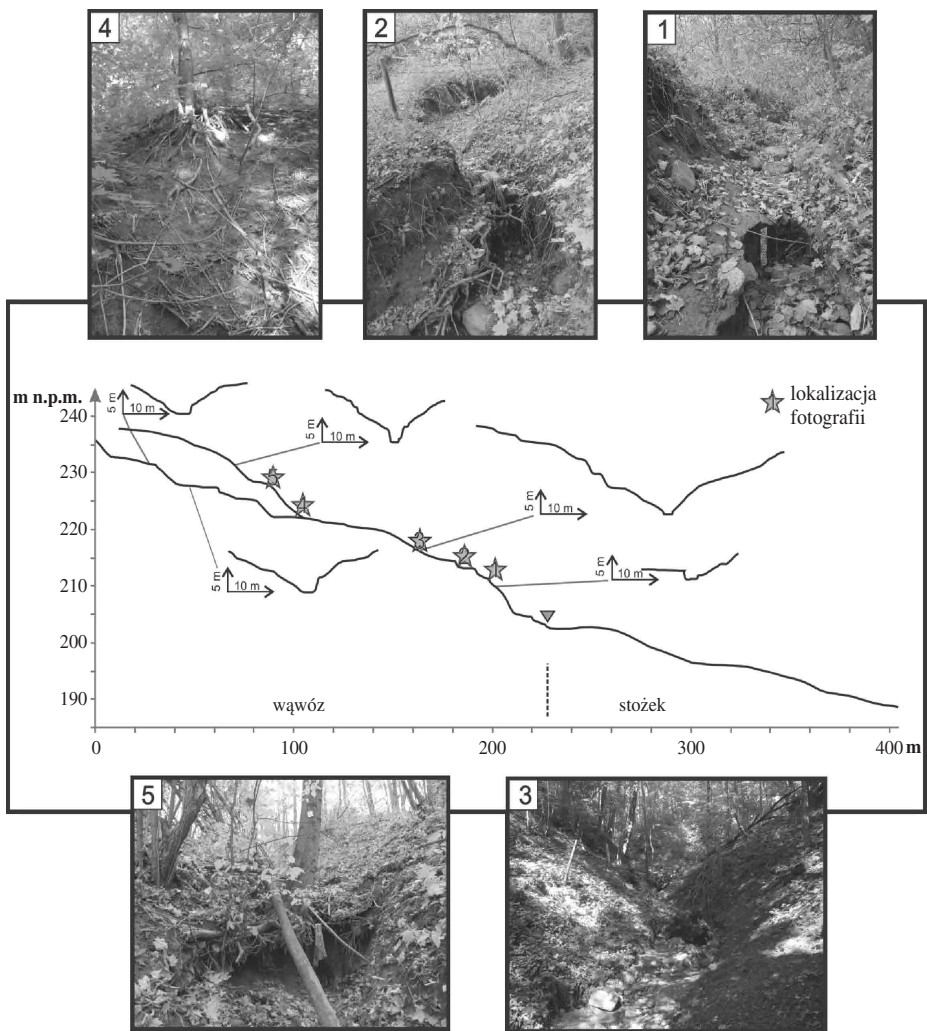
Do szczegółowych badań wybrano wąwóz położony we wsi Maciejowieciami (ryc. 2). Jest to forma rozgałęziona o długości 230 m (mierzonej dla głównej odnogi) i wcięciu miejscami dochodzącym do 15 m, wykształcona w osadach piaszczysto-mułkowych zalegających na glinie lodowcowej. Zlewnia wąwozu to około 15 ha, jednak ze względu na poprowadzoną powyżej formy drogę,

dostawa materiału z wyższych partii jest prawdopodobnie znikoma. U wylotu wąwozu wyróżnić można trzy poziomy stożków napływowych: najstarszy (o stosunkowo stromym skłonie) obecnie rozcięty oraz dwa poziomy połączonych stożków napływowych modelowanych przez współczesną akumulację (ryc. 2, 3).



Ryc. 2. Geomorfologia Doliny Błędzianki: blokdiagram z prostokątną siecią wąwozów (analizowana forma zaznaczona strzałką) i szkic geomorfologiczny badanej formy i jej otoczenia

Fig. 2. Geomorphology of Bledzianka Valley: blockdiagram with orthogonal gully network (investigated gully marked with arrow) and geomorphological sketch of investigated gully and its surroundings



Ryc. 3. Morfologia wąwozu w Maciejowiętach (profil podłużny i profile poprzeczne) wraz z dokumentacją fotograficzną formy: 1) erozja wsteczna na progu gliniastym, 2) korzenie jesionu odsłonięte przez erozję wsteczną 3) tranzytowy, środkowy odcinek wąwozu, 4) skarpa niewielkiego osuwiska, widoczne odsłonięte korzenie jesionu 5) próg wykształcony na dawnym jezorze osuwiska (zsuwu)

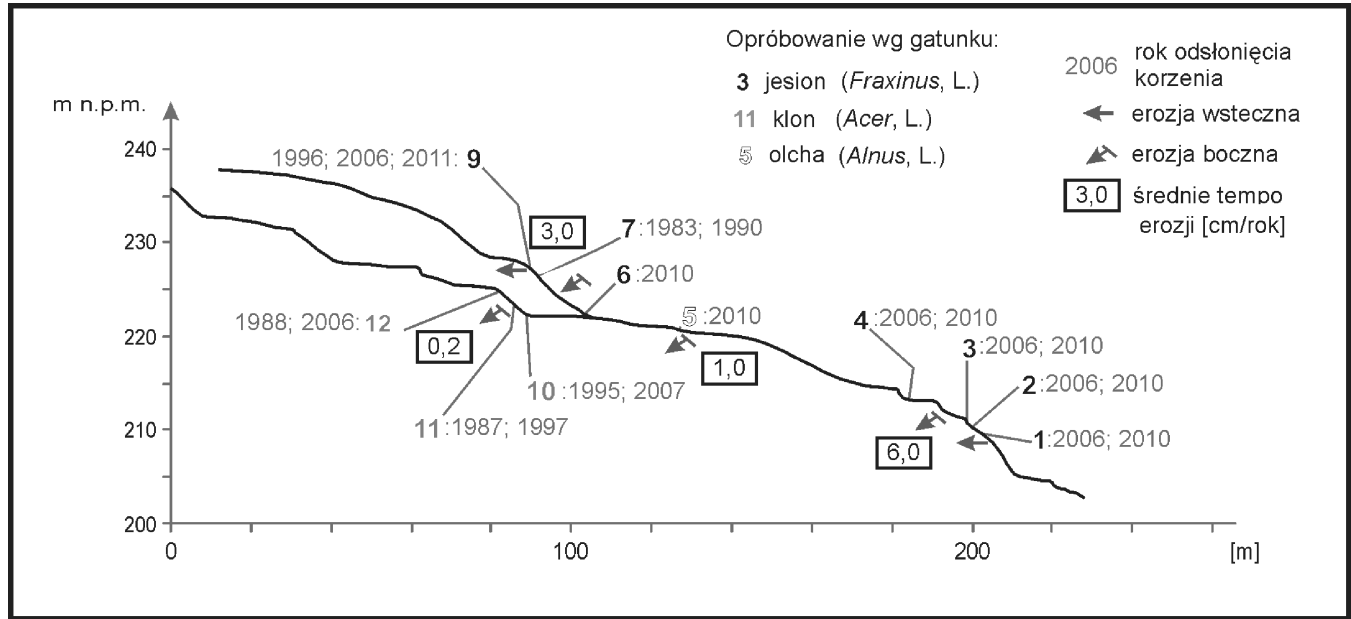
Fig. 3. Gully morphology (longitudinal and cross-sectional profiles) with photos of: 1) headward retreat of a step developed in till, 2) ash roots exposed by headward retreat on till-step 3) transitional, middle part of the gully, 4) scarp of small landslide with exposed roots of ash 5) step within a gully bottom developed on old colluvium cone

W latach 2010-2011 dwukrotnie przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne wnętrza wąwozu i powstałego poniżej stożka napływowego, rejestrujące przede wszystkim zmiany morfometrii współczesnego rozcięcia erozyjnego wewnątrz formy (ryc. 3). Analizowano również przekształcenia w obrębie mezo- i mikroform w dnice (progi, odsypy, podcięcia boczne) oraz na zboczach wąwozu (bruzdy erozyjne, nisze i żyzory osuwiskowe).

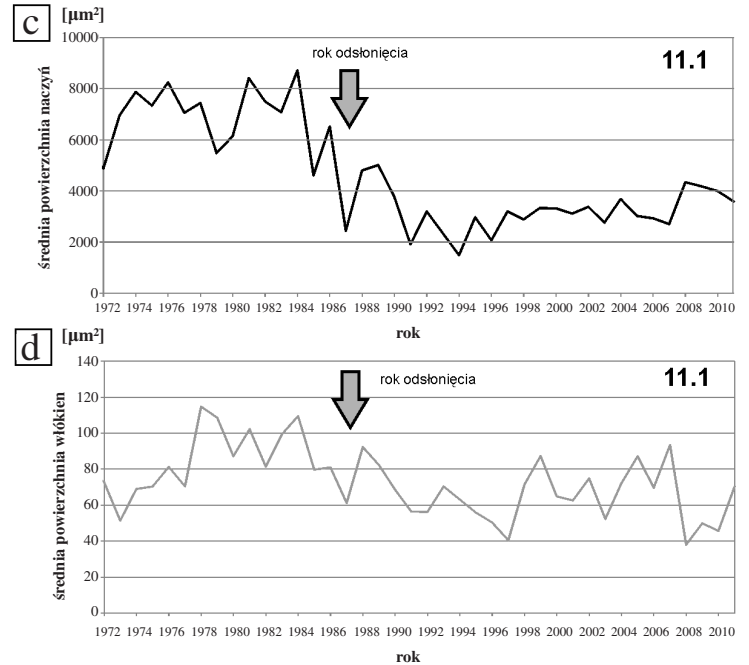
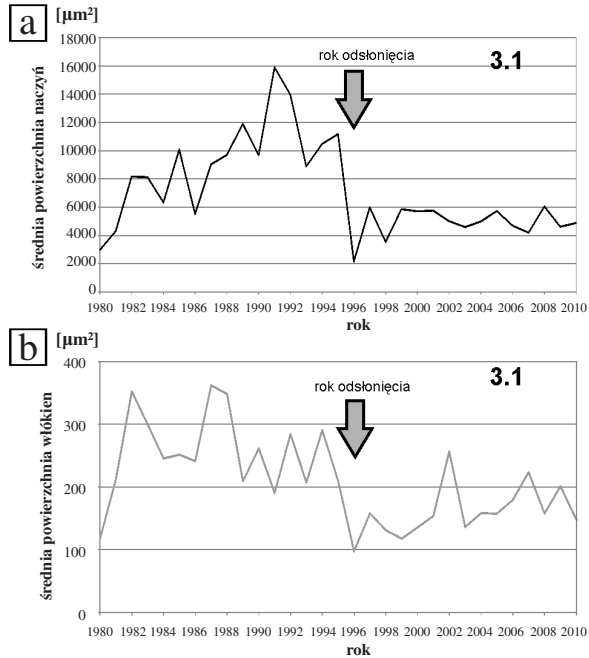
W czasie prac terenowych w 12 stanowiskach pobrano łącznie 36 próbek odsłoniętych korzeni drzew: jesionu (*Fraxinus*), klonu (*Acer*), olchy (*Alnus*) (ryc. 4). Z pobranych próbek wykonano mikroskopowe preparaty biologiczne wg procedury zaproponowanej przez Schweingruber (2007) oraz Gärtnera et al. (2001). Zmiany uśrednionej powierzchni komórek w poszczególnych przyrostach rocznych analizowano w programie WinCELL Pro (*Regent*). Analizę przeprowadzono każdorazowo dla naczyń (15-20 komórek w każdym z przyrostów) oraz dla włókien (20-30 komórek) w drewnie wczesnym kolejnych przyrostów rocznych. Pomiarów dokonywano w promieniu wyznaczającym przypuszczalny kierunek odsłaniania korzenia, od strony najbliższego sąsiedztwa z wnętrzem wąwozu. Dodatkowo, dla wybranych próbek, pomierzono zmiany wielkości komórek w kilku promieniach. Za rok odsłonięcia korzenia przyjęto spadek wielkości komórek o około 50% w stosunku do średniej wielkości komórek budujących starsze przyrosty (Gärtner 2007; Hitz 2008). Na podstawie pomiarów położenia korzeni względem zboczy i dna rozcięcia w momencie poboru próbek oraz wyników analiz laboratoryjnych wyznaczono średnie tempo erozji w poszczególnych odcinkach wąwozu.

Wyniki

Na podstawie kartowania geomorfologicznego stwierdzono względną stabilność górnego odcinka głównej części wąwozu. Rozcięcie ma tutaj charakter parowu, w dnice znajduje się duże nagromadzenie głazów, których średnica dochodzi do 1-1,3 m. Na większych głazach narzutowych wypreparowanych z rozcinanej gliny wykształciły się progi. Górny odcinek ma charakter debrza. Zbocza w odcinku środkowym są intensywnie modelowane przez ruchy masowe, co pośrednio wskazuje na znaczną aktywność erozji wąwozowej (wglębnej i bocznej) powodującej destabilizację zboczy. W latach 2010-11 powyżej stanowiska nr 9 (ryc. 3.5), dno wąwozu zostało zatamowane przez materiały pochodzący z osuniętych górnych partii zbocza, jednak już jesienią 2011 roku postępująca erozja wglębną potoku doprowadziła do fragmentarycznego odpreparowania dawnego dna. Odcinek ujściowy do głównego rozcięcia jest typowo erozyjny, gdzie erozja wglębna sięga zwięzłego, gliniastego podłoża. Środkowy odcinek wąwozu (ryc. 3.3) ma typowo tranzytowy charakter. Występują tu progi (wysokości do 80 centymetrów) założone na rumoszu drzewnym i głazach, pomiędzy nimi, w obrębie stosunkowo płytkiego do 0,3 m i szerokiego na ok. 1-1,3 m koryta, znajdują się piaszczyste odsypy boczne. W obrębie ujściowego odcinka wąwozu ponownie dominuje erozja wsteczna na progach wyciętych w gliniastym podłożu, założonych na rumoszu drzewnym lub na korzeniach przebiegających poprzecznie do koryta. Erozja wglębna dominuje tuż poniżej progów, ustępując erozji bocznej w dalszym biegu potoku. Zarejestrowano także: cofnięcie się jednego z progów gliniastych o ok. 1 m w ciągu roku, przegłębienie poniżej progów do ok. 0,2 m oraz podcinanie dolnych partii ścian do ok. 0,3 m. W dolnej partii wąwozu głębokie rozcięcia erozyjne miejscami osiąga 1,8 m głębokości, charakteryzuje się także stromymi ścianami (70°) i wąskim dnem (do 1 m szerokości). Obszar współczesnej akumulacji oddalony jest od dawnego wylotu wąwozu o blisko 100 m. Młodszy stożek ma połogi, lecz niewyrównany profil podłużny, w jego obrębie można doszukiwać się kilku sub-stożków wyznaczających zapewne kolejne etapy modelowania wnętrza wąwozu (ryc. 3.1). Dane zebrane z analizy próbek pobranych z różnych odcinków tego samego korzenia potwierdzają jednoczesne odsłanianie znacznych fragmentów systemu korzeniowego (ryc. 4 i 5)



Ryc. 4. Zbiornicze wyniki analizy dendrogeomorfologicznej
 Fig. 4. Final results of dendrogeomorphological analysis



Ryc. 5. Przykładowe wykresy zmian średniej wielkości komórek naczyń i włókien dla jesionu (odpowiednio a, b) i klonu (c, d) Numery próbek tak jak na ryc. 4
Fig. 5. Examples of vessels and fibres average area changes within the roots taken from ash (a, b respectively) and maple (c, d) Numbers of samples as in fig. 4

Zestawienie wyników ze wszystkich 12 stanowisk badawczych pozwoliło wskazać 4 okresy wzmożonej aktywności procesów erozyjnych (I - 1989-1991; II - 1995-1997; III - 2005-2007; IV - 2010-?), które zaznaczyły się w różnych partiach wąwozu. Najstarsze daty odsłonięć korzeni pochodzą ze stanowisk położonych w górnym odcinku głównego wąwozu, gdzie szacunkowe tempo erozji jest najmniejsze (0,2 cm/rok), a obecnie koryto wydaje się stabilne (dno obrukowane glazami, brzegi utrwalone korzeniami). Kolejny etap zaznaczył się również w górnej części wąwozu, tak w obrębie odnogi jak i głównego rozcięcia erozyjnego. W świetle wyników analizy dendrogeomorfologicznej, o wzmożonych procesach erozji w ujściowym odcinku wąwozu można mówić od 2005 roku. Ten etap zaznaczył się jedynie w obrębie pierwszych 4 stanowisk badawczych. Zdecydowanie bardziej rozpowszechnione w obrębie wąwozu były epizody erozyjne zachodzące od 2010 — ich ślady w zapisie dendrogeomorfologicznym są widoczne we wszystkich analizowanych stanowiskach badawczych (ryc. 4). Najbardziej intensywnie przemodelowywane są obecnie ujściowe odcinki, tak części wąwozu wpadającej do głównego potoku (3 cm/rok), jak też samego głównego rozcięcia erozyjnego (6,0 cm/rok).

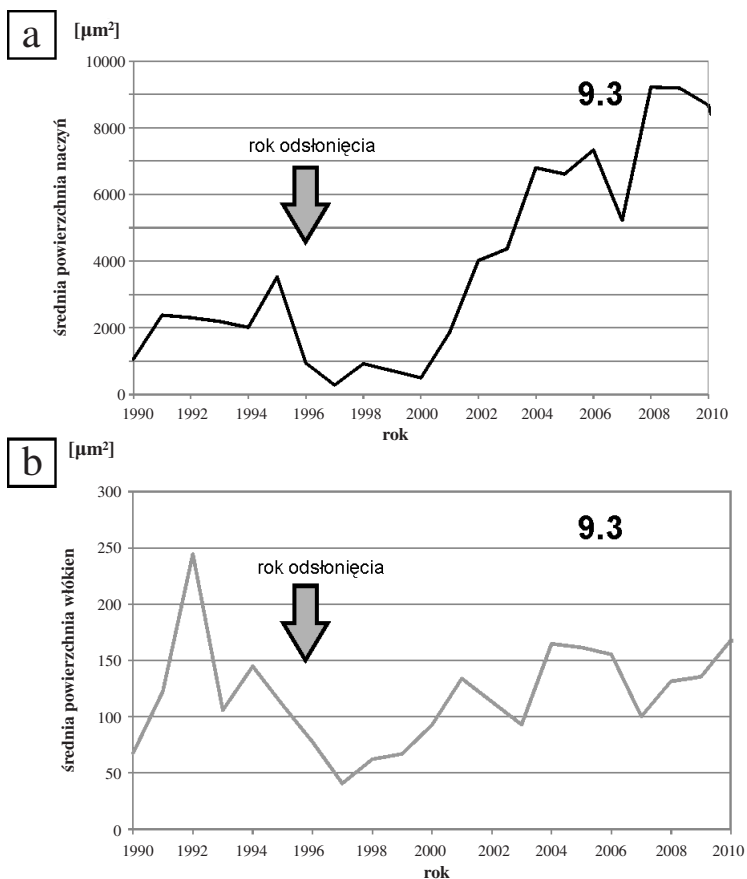
Dyskusja

Średniookresowe tempo erozji oszacowane na podstawie danych dendrogeomorfologicznych jest niższe niż zaobserwowane w trakcie kartowania geomorfologicznego, lecz w pełni oddaje intensywność procesów erozyjnych w poszczególnych partiach wąwozu. Odcinki współcześnie modelowane charakteryzuje zdecydowanie wyższe tempo erozji w stosunku do odcinków ustabilizowanych, których dynamika jest porównywalna z wynikami wcześniej prowadzonych w regionie badań (Wasilewska 2001). Różnice pomiędzy obserwacjami terenowymi, a wynikami analizy dendrogeomorfologicznej są związane z epizodycznym charakterem procesów erozji i faktem, że obserwacje prowadzono w trakcie ożywienia procesów geomorfologicznych w wąwozie.

Zastosowanie metody dendrogeomorfologicznej pozwoliło wskazać cykliczność epizodów erozyjnych (co 5-8 lat), oddzielonych kilkuletnimi okresami stabilizacji (ryc. 4). W latach „spokojnych” część korzeni najprawdopodobniej ulega ponownemu przysypaniu, na co może wskazywać tendencja wzrostowa wielkości badanych komórek w kilka lat po odsłonięciu korzenia, przerywana czasami gwałtownym spadkiem wielkości komórek, być może związanym z ponownym odsłonięciem korzenia (ryc. 6).

W większości zbadanych próbek korzeni zmiana wielkości komórek przebiegała niezwykle gwałtownie, w obrębie tego samego przyrostu w każdym z mierzonych promieni (ryc. 5). Wskazuje to na dużą intensywność procesów erozyjnych modelujących wnętrze wąwozu. Równocześnie oszacowane tempo procesu w badanym wąwozie jest zdecydowanie niższe niż obserwowane w innych regionach Polski (w szczególności południowej), gdzie tempo erozji osiąga kilkanaście razy większe wartości (Malik 2006, 2008).

Zmniejszenie wielkości komórek jest dobrze widoczne w przypadku jesionu, zarówno dla naczyń, jak i włókien (ryc. 5a, b). W badanych próbkach następuje najczęściej w tym samym roku, co jest zgodne z obserwacjami prowadzonymi przez Hitza (2008) oraz Hitza et al. (2008). Potwierdza to także gwałtowny charakter procesu. W przypadku przeanalizowanych preparatów pochodzących z klonu oraz olchy moment odsłonięcia korzenia wyznacza nagły spadek wielkości naczyń, podczas gdy (w niektórych przypadkach) we włóknach brak tego zapisu (ryc. 5c, d). Ponadto, w przypadku klonu zmiana wielkości naczyń nie wiąże się ze zmianą szerokości przyrostów. W analizowanych próbkach nagły spadek średniej wielkości naczyń nawiązuje często do śladów zranień korzenia. Zranienia korzeni występowały bardzo często i zawsze były zlokalizowane do wnętrza wąwozu, co dokumentuje znaczną energię wody, płynącej okresowo dnem wąwozu, transportującej dużą ilość gruboklastycznego materiału (w obrębie odsypów w dniu rozcięcia erozyjnego oraz na stożku natrafiono na otoczaki do 10 cm).



Ryc. 6. Zapis reakcji korzenia jesionu zasypanego po odsłonięciu i ponownie odpreparowanego
Fig. 6. Changes of average cell size within root of ash once exposed and then buried again

Podsumowanie

Analiza dendrogeomorfologiczna fragmentów odsłoniętych korzeni drzew pozwoliła na rozszerzenie wnioskowania o dynamice erozji wąwozowej w obrębie analizowanej formy na ostatnie 40 lat. Zestawienie dat odsłonięcia poszczególnych korzeni ukazało periodyczność, a nie epizodyczność, okresów nasilenia erozji w interwale 5-8 lat, co prawdopodobnie nawiązuje do okresów wzmożonych opadów (w szczególności wiosennych, w tym intensywnych roztopów). Uzyskane wartości średnioterminowego tempa erozji wskazują na znaczne wewnętrzne zróżnicowanie natężenia procesu w obrębie stosunkowo niewielkiej formy, a wręcz ich ograniczenie do odcinków o uprzywilejowanych warunkach morfologiczno-litologicznych. Rozdzielczość przestrzenna i czasowa metody dendrogeomorfologicznej pozwala wnioskować o współczesnych tendencjach rozwojowych w obrębie wąwozów w środowisku o umiarkowanym natężeniu procesów erozyjnych, gdzie prowadzenie badań monitoringowych wymagałoby wieloletnich obserwacji i znacznych nakładów pracy.

Podziękowania

Badania były częściowo finansowane przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego „Kapitał ludzki” nr umowy: UDA-POKL.04.01.01-00-072/09-00. Prace wykonane zostały na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Autorka dziękuje Zakładowi Geologii Klimatycznej Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego za udostępnienie pomieszczeń laboratoryjnych do przygotowania preparatów mikroskopowych.

Literatura

- Gärtner H. Schweingruber F. H. Dikau R. 2001. *Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth pattern of exposed roots*. Dendrochronologia 19: 81-91.
- Gärtner H. 2007. *Tree roots — Methodological review and new development in dating and quantifying erosive processes*. Geomorphology 86 (3-4): 243-251.
- Hitz O. M. 2008. *Dendrogeomorphologische Prozessanalyse zum Schwemmholzaufkommen und Rekonstruktion von Ufererosion zweier voralpiner Wildbachsysteme*. Praca doktorska, University of Fribourg, Niemcy.
- Hitz O. M., Gärtner H., Heinrich I., Monbaron M. 2008. *First time application of Ash (Fraxinus excelsior L.) roots to determine erosion rates in mountain torrents*. Catena 72: 248-258.
- Krzywicki T. 1987. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski*, ark Filipów (71). Wyd. PIG, Warszawa.
- Krzywicki T. 1990. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski* ark Filipów (71). Wyd. PIG, Warszawa.
- Malik I. 2006. *Erozja wąwozowa zapisana w odslanianych korzeniach drzew na Wysoczyźnie Proboszczowidzkiej pod górą św. Anny*. Przegląd Geologiczny 54: 326-332.
- Malik I. 2008. *Dating of small gullies formation and rates of erosion in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland)*. Geomorphology 93: 421-436.
- Maruszczak H. 1991. *Wpływ rolniczego użytkowania ziemi na środowisko przyrodnicze w czasach historycznych*. W: Starkel L. (red.), Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze. PWN, Warszawa: 190-205.
- Morawska M. 2012. *Rozcięcia erozyjne pogranicza Mazur i Suwalszczyzny na tle sieci osadniczej w epoce żelaza*. W: Karczewski M., Makohonienko M., Smolska (red.), Środowisko przyrodnicze, gospodarka, osadnictwo i kultura symboliczna w V w. p.n.e. - VII w. n.e. w dorzeczach Odry, Wisły i Niemna. Wyd. Bogucki, Poznań (w druku).
- Smolska E. 2007. *Development of gullies and sediment fans in last-glacial areas on the example of Suwałki Lakeland (NE Poland)*. Catena 71: 122-131.
- Wasilewska A. 2001. *Erozja wąwozowa na Pojezierzu Suwalskim*. Praca magisterska WGiSR UW, Warszawa.
- Schweingruber F.H. 2007. *Wood Structure and Environment*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Marta Morawska

marta.morawska@uw.edu.pl

Kolegium Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych,
Uniwersytet Warszawski