INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 9/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 89–100
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Tomasz Falkowski, Piotr Ostrowski

MORFOGENEZA POWIERZCHNI TARASU ZALEWOWEGO WISŁY W OKOLICACH MAGNUSZEWA W OBRAZIE ZDJĘĆ SATELITARNYCH I LOTNICZYCH

MORPHOGENESIS OF THE VISTULA RIVER VALLEY FLOODPLAIN IN THE VICINITY OF MAGNUSZEW (MIDDLE COURSE) ESTIMATION WITH USAGE OF AERO AND SATELLITE PHOTOGRAPHS

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analiz wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych fragmentu doliny Wisły środkowej w okolicach Magnuszewa. Prace były prowadzone równolegle z badaniami geologicznymi powierzchni tarasu zalewowego i strefy korytowej. Ich celem była identyfikacja stref charakteryzujących się występowaniem tendencji do koncentracji strumienia wielkich wód, a także ocena przydatności zdjęć w konstruowaniu modelu morfogenezy odcinka doliny i formułowaniu prognozy przebiegu procesów fluwialnych. Badania były prowadzone w ramach realizacji projektu nr 2P04E06929 „Znaczenie czynników morfogenetycznych w kształtowaniu różnorodności siedliskowej wybranych odcinków dolin rzek na Niżu Polskim".

Słowa kluczowe: taras zalewowy, teledetekcja, procesy rzeczne

Summary

Paper presents some of results of remote sensing analysis, carried out in the middle Vistula River valley in the vicinity of Magnuszew. Study was carried out simultaneously with field geological setting of the floodplain and channel zone. The aim of investigations was recognition of the tendencies high water current concentration on the floodplain area and estimation the suitability of satellite

photographs of high resolution in fluvial environment prognosis as well as morphogenesis model creation purposes. The investigations were carried out in the frame of the scientific project no. 2P04E06929 entitled "Significance of morphogenetic factors in the development of habitat diversity of selected river valley stretches in the Polish Lowlands".

Key words: *floodplain, remote sensing, fluvial processes*

WSTĘP

Doliny rzeczne na obszarach niżowych są strefami o wyjątkowo dużej intensywności procesów geodynamicznych. Charakteryzują się także dużą wrażliwością na antropopresję. Reakcja na nią poza zmianami w części biotycznej środowiska obserwowana jest także w obrębie procesów erozji, transportu i depozycji. Wynikiem prowadzonego na potrzeby zagospodarowania dolin dokumentowania warunków geologicznych (geologiczno-inzynierskich) jest poza konstrukcją modelu budowy geologicznej także sformułowanie prognozy przebiegu procesów geodynamicznych w przyszłości. Opracowanie takiej prognozy w przypadku środowiska fluwialnego współczesnych rzek (równi zalewowej) opiera się głównie na morfogenetycznym opisie form rzeźby, są one bowiem świadectwem aktualnych procesów i tendencji ich rozwoju. Sformułowana na podstawie zebranych faktów koncepcja morfogenezy obszaru pozwala także na bardziej precyzyjne wyznaczanie przebiegu granic wychodni różnych typów litologicznych. Jedną z metod szybkiej identyfikacji form rzeźby dna dolin rzecznych jest teledetekcja lotnicza i satelitarna.

Charakter reżimu hydrologicznego rzeki ma odzwierciedlenie w typie rozwinięcia koryta. Przeciążone rumowiskiem plejstoceńskie rzeki na Niżu miały koryta roztokowe [Szumański 1986]. Ich ślady są czytelne współcześnie na powierzchniach tarasów wyższych. Zmiany reżimu hydrologicznego, będące efektem ocieplenia klimatu na przełomie plejstocenu i holocenu wywołały ewolucje systemów rzecznych objawiające się wykształcaniem koryt meandrowych [Falkowski 1967; Kozarski 1974; Kozarski, Rotnicki 1977; Mycielska-Dowgiałło 1978; Wiśniewski 1976; Blum & Tornqvist 2000; Leigh i in. 2004]. Ślady ich przemieszczania czytelne są na powierzchni tarasu zalewowego w obrazie zdjęć lotniczych, czy satelitarnych. Charakterystyka morfologiczna (geometria) starorzeczy może być podstawą odtwarzania reżimu hydrologicznego rzek w przeszłości [Rotnicka, Rotnicki 1988].

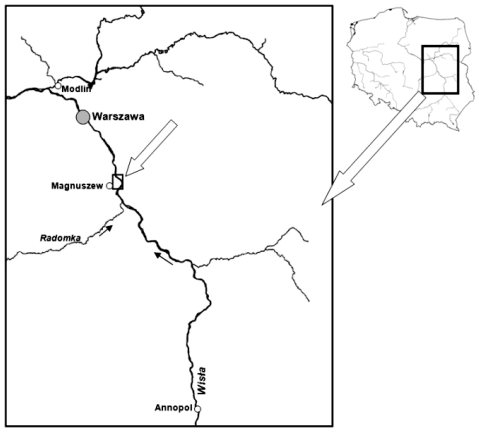
Zmiany w środowisku przyrodniczym zlewni od około 6 tys. lat BP wywołane działalnością człowieka spowodowały kolejną zmianę typu rozwinięcia koryta rzek niżowych i uformowanie przez dzikie, roztokowe rzeki tak zwanego tarasu współczesnego. Charakterystyczny dla rzek roztokowych brak wyrównania przepływu spowodował także wzrost znaczenia w procesie kształtowania dna doliny przepływów wielkich wód (w przypadku rzek meandrujących dominujące znaczenie mają przepływy najdłużej trwające). Poza uformowaniem tarasu

współczesnego i nadbudową powierzchni tarasu zalewowego rzeki meandrującej serią pylasto-piaszczystych mad, wzrost maksymalnych przepływów spowodował pogłębianie koryta wielkich wód i oparcie jego dna na powierzchni podłoża aluwiów w miejscach, gdzie tworzyła ona morfologiczne kulminacje. Skomplikowana często morfologia tej powierzchni zbudowanej z utworów trudno rozmywalnych mogła wpływać na koncentrację strumienia wód wezbraniowych i rozkład na powierzchni tarasu śladów ich erozji i depozycji [Falkowski 2006]. Obserwowane współcześnie zjawisko dalszego pogłębiania się różnic pomiędzy przepływami i stanami ekstremalnymi [Ozga-Zielińska 1997] przyczyniać się będzie do dalszego wzrostu znaczenia podłoża aluwiów w kształtowaniu się tendencji do koncentracji strumienia wielkich wód w pewnych strefach powierzchni równi zalewowej. Identyfikacja ich jest niezwykle istotna dla oceny stabilności budowli regulacyjnych, ochrony przeciwpowodziowej, a także dla efektywnego gospodarowania zasobami doliny.

Celem badań, które prowadzone były na tarasie zalewowym doliny Wisły w okolicach Magnuszewa (Wisła środkowa) była identyfikacja śladów działalności wód wezbraniowych na podstawie materiałów teledetekcyjnych. Ich wykorzystanie ułatwiłoby precyzyjną i prostą ocenę zagrożeń budowli regulacyjnych i wskazanie stref wymagających przebudowy ich systemu.

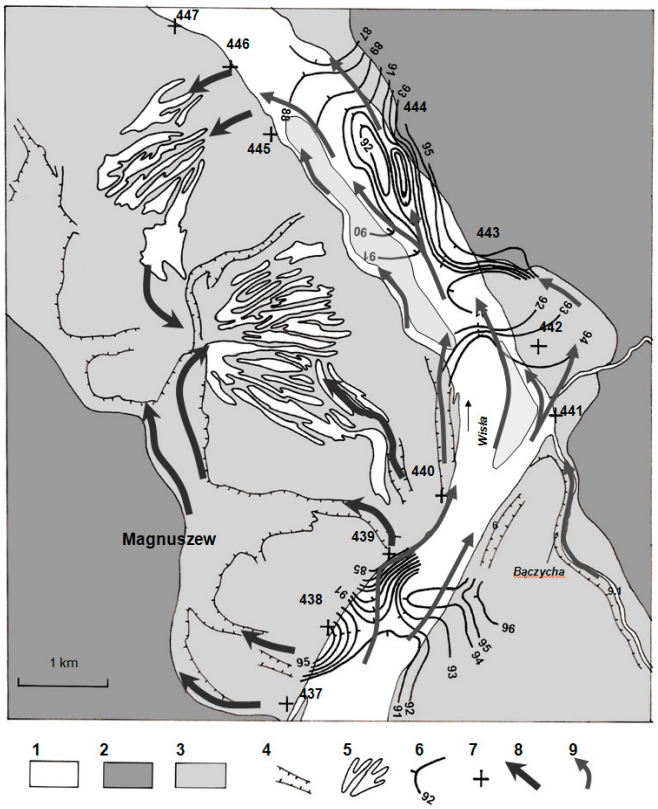
MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wybrany do badań odcinek doliny Wisły w okolicach Magnuszewa (rys. 1) (jej tarasu zalewowego) to strefa występowania w korycie kulminacji podłoża aluwiów, zbudowanego z utworów o większej odporności na rozmywanie.



Rysunek 1. Położenie analizowanej strefy na tle odcinka Wisły środkowej (od Annopola do Modlina)
Figure 1. Location of the analyzed zone on the sketch of the Middle Vistula River (from Annopol to Modlin)

W południowej części odcinka podłoże holoceńskich aluwiów tworzy próg o kierunku SW-NE. Rzędna powierzchni progu wynosi od około 96 m n.p.m. na wysokości kilometra 438 biegu Wisły i opada do rzędnej 88 m n.p.m. w dół biegu na wysokości kilometra 446 (rys. 2).



Rysunek 2. Ukształtowanie powierzchni stwierdzonej w rejonie Magnuszewa kulminacji podłoża holoceńskich aluwiów na tle morfologii powierzchni tarasu zalewowego (na podstawie Falkowski 2007, zmienione): 1 – koryto Wisły; 2 – taras plejstoceński; 3 – taras zalewowy; 4 – rynny erozyjne i przeobrażone 5 – stożki napływowe; 6 – izohipsy powierzchni podłoża aluwiów; 7 – znak kilometrowy (RZGW); 8 – kierunki przepływu wód wezbraniowych po powierzchni tarasu zalewowego, określone na podstawie jego morfologii i litologii utworów powierzchniowych, 9 – kierunek głównego nurtu

Figure 2. Morphology of the alluvia basement culmination near Magnuszew in relation to the morphology of the floodplain (after Falkowski 2006, modified): 1 – Vistula channel 2 – Pleistocene terrace; 3 – floodplain; 4 – erosion troughs and transformed oxbow lakes; 5 – alluvial fans; 6 – isohypse of alluvial basement surface; 7 – point of kilometre of river course (RWMB); 8 – direction of flood flows on the floodplain derived from its morphology and lithology, 9 – channel main stream direction

Podłoże holoceńskiej doliny w południowej części omawianej kulminacji budują preglacjalne (Eoplejstocen) piaski i żwiry oraz mułki i iły [Falkowski 2007]. Są to głównie pospółki, piaski i żwiry kwarcowe z domieszką kremowych skaleni i czarnych lidytów. Osad ten należy do tak zwanej serii Magnuszewa [Sarnacka, Krysowska-Iwaszkiewicz 1974]. W części stropowej tych utworów stwierdzono koncentrację dużych ziaren, tworzących warstwę rezydualnego, trudno rozmywanego bruku [Falkowski 2007].

Przeprowadzony echosondaż koryta [Falkowski 2007] wykazał związek morfologii trudno rozmywanego podłoża aluwiów z układem nurtu wielkich wód.

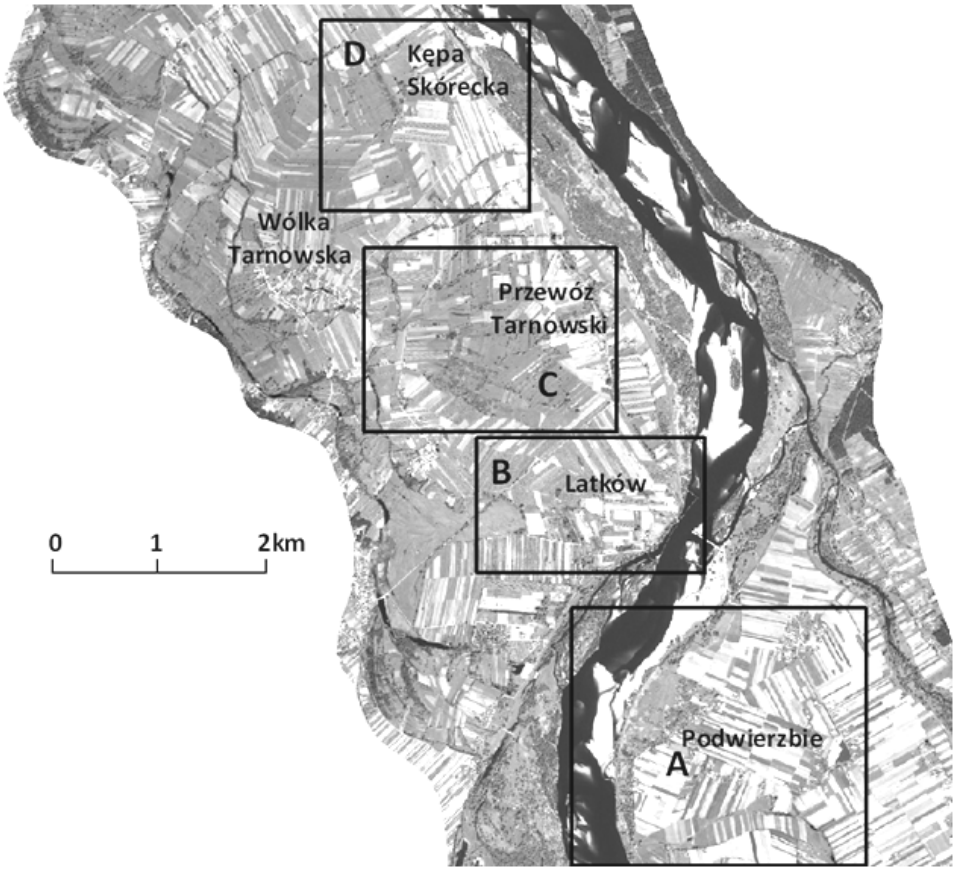
W ramach prac terenowych przeprowadzono sondowania i wiercenia geologiczne na powierzchni tarasu zalewowego. Ich celem była identyfikacja środowisk sedymentacji wód wezbraniowych, a także pobranie próbek osadów organicznych do analiz paleobotanicznych.

Do analizy form rzeźby występujących w strefie korytowej i na powierzchni tarasu zalewowego doliny Wisły wykorzystano wysoko rozdzielcze wielospektralne zobrazowania satelitarne wykonane 04.05.2007 r. przez satelitę IKONOS na potrzeby projektu badawczego nr 2P04E06929 „Znaczenie czynników morfogenetycznych w kształtowaniu różnorodności siedliskowej wybranych odcinków dolin rzek na Niżu Polskim". IKONOS podczas przelotu nad terytorium Polski fotografuje pas o szerokości 11 km i długości ok. 1000 km i pozyskuje dwa rodzaje danych – panchromatyczne o rozdzielczości 1 m oraz wielospektralne o rozdzielczości 4 lub 1 m w czterech zakresach promieniowania: niebieskim, zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni [Lach, Polak 1999]. Na ich podstawie sporządzono ortofotomapę w dwóch kompozycjach barwnych – RGB (jeden zbiór dla trzech pasm: czerwonego, zielonego i niebieskiego) i NRG (jeden zbiór dla trzech pasm: podczerwonego, czerwonego i zielonego) o ultra wysokiej (według klasyfikacji przyjętej przez Ehlersa i innych) rozdzielczości przestrzennej wynoszącej 0,8 m [Ehlers i in. 2002]. Wykonana została ona w układzie współrzędnych WGS 84. W celu szczegółowej analizy ortofotomapę w obu kompozycjach barwnych przeliczono do układu współrzędnych 1942 strefa 4 i umieszczono w bazie danych GIS.

Dzięki bardzo wysokiej, bo wynoszącej 0,8 m, rozdzielczości przestrzennej analizowanych materiałów oraz porównaniu dwu różnych kompozycji barwnych wysoko rozdzielcze, wielospektralne zdjęcia satelitarne doliny Wisły umożliwiły szczegółową analizę form występujących w korycie i na powierzchni tarasowej. Duża powierzchnia pozyskanego zobrazowania z jednej strony pozwoliła na analizowanie całej powierzchni badanego fragmentu doliny Wisły, z drugiej zaś na uniknięcie wielu niekorzystnych procesów, takich jak skanowanie, wyrównanie tonalne czy aerotriangulacja niezbędnych w przypadku tworzenia ortofotomapy z klasycznych zdjęć lotniczych. Miało to szczególne znaczenie w przypadku fotointerpretacji charakteryzujących się niewielkimi

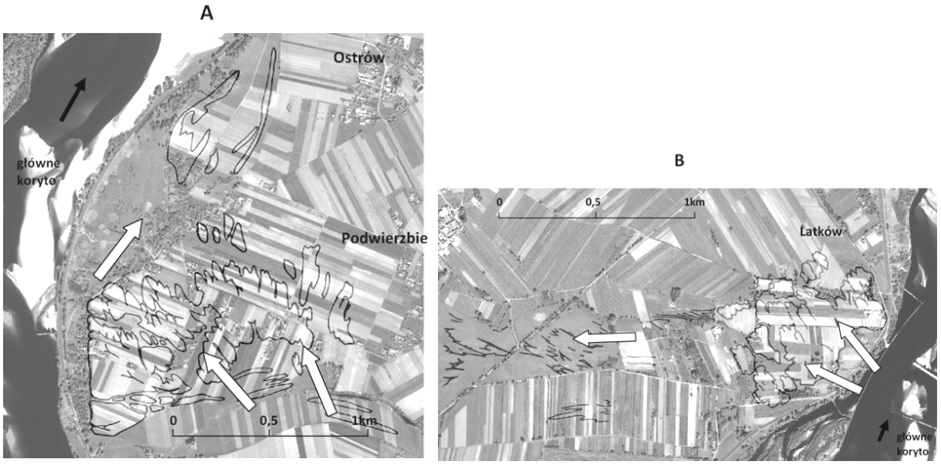
wysokościami względnymi form rzeźby powierzchni tarasowych. Dodatkową zaletą wykorzystanych w pracy wysoko rozdzielczych zdjęć satelitarnych była ich wysoka, 11 bitowa rozdzielczość radiometryczna, pozwalająca na rejestrację obrazu aż w 2048 poziomach jasności. Umożliwiła ona właściwą identyfikację wielu struktur, które uległy zatarciu przez procesy erozyjne, a także działalność człowieka (np. rolnictwo). Cyfrowy format źródłowych materiałów satelitarnych pozwolił na ich łatwe umieszczenie w bazie danych GIS, dzięki czemu w przyszłości dokonać będzie można ilościowej oceny zmian morfologii badanych form.

Rozkład analizowanych w niniejszej pracy stref przedstawia rysunek 3.



Rysunek 3. Położenie analizowanych stref
Figure 3. Location of the analysed zones

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA



Rysunek 4. A – glify krewasowe ukształtowane przez wody wezbrań wlewające się na powierzchnie tarasu ze strefy starorzecza; białe strzałki pokazują kierunek przepływu wód wezbraniowych; B – glify krewasowe i rynna przepływów wezbraniowych w okolicach Latkowa

Figure 4. A – crevasse splays like zones formed by flood waters flow from oxbow depression; white arrows show flood water directions; B – crevasse splays and erosion trough of the flood waters in the vicinity of Latków

Analiza wysoko rozdzielczych zobrazowań satelitarnych umożliwiła identyfikację form erozji i depozycji, które wskazują strefy uprzywilejowanego ich przepływu.

Okolice miejscowości Podwierzbie i Ostrów w SE części analizowanego terenu (A, rys. 3, 4) to strefa leżąca powyżej kulminacji podłoża aluwiów znajdującej się na wysokości kilometra 439 (rys. 2). Jej obecność powodowała prawdopodobnie blokowanie przepływu wielkich wód także wezbrań zatorowych [Falkowski, Popek 2000], czego świadectwem może być rynna przepływów wezbraniowych – kanał ulgi nazywany Bączychą (rys. 2). Śladem działalności wielkich wód jest charakterystyczna strefa niewysokich lecz rozległych stożków napływowych o charakterze glifów krewasowych (rys. 4). Uformowane zostały one przez wody, które najpierw wypełniały znajdujące się na SW od Podwierzbia zakumulowane osadami mineralnymi starorzecze. Obszar stożków – glifów krewasowych został w sąsiedztwie koryta Wisły „przyciety" przez wody mniejszych wezbrań.

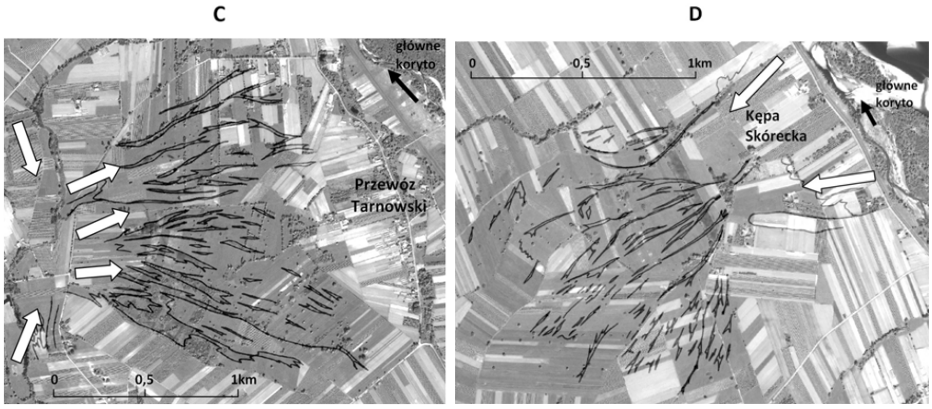
Podobna strefa rozległych stożków – glifów krewasowych wielkich wód znajduje się poniżej Podwierzbia w okolicach miejscowości Latków (B, rys. 3, 4). Morfologia kulminacji podłoża aluwiów (rys. 2) jest przyczyną występowania

w korycie trwałej tendencji do wdzierania się wielkich wód w tym miejscu na powierzchnię tarasu zalewowego. Istnienie takiej tendencji potwierdziły badania echosondażowe [Falkowski 2007]. W miejscu tym rejestruje się także powtarzające się rozmycia budowli regulacyjnych.

Strefa występowania zespołu glifów krewasowych, w obrębie której powierzchnia tarasu madowego rzeki meandrującej została nadbudowana osadami piaszczystymi zaznacza się także na analizowanych zobrazowaniach poprzez sposób zagospodarowania obszaru, a szczególnie układ pól uprawnych i granice zabudowy.

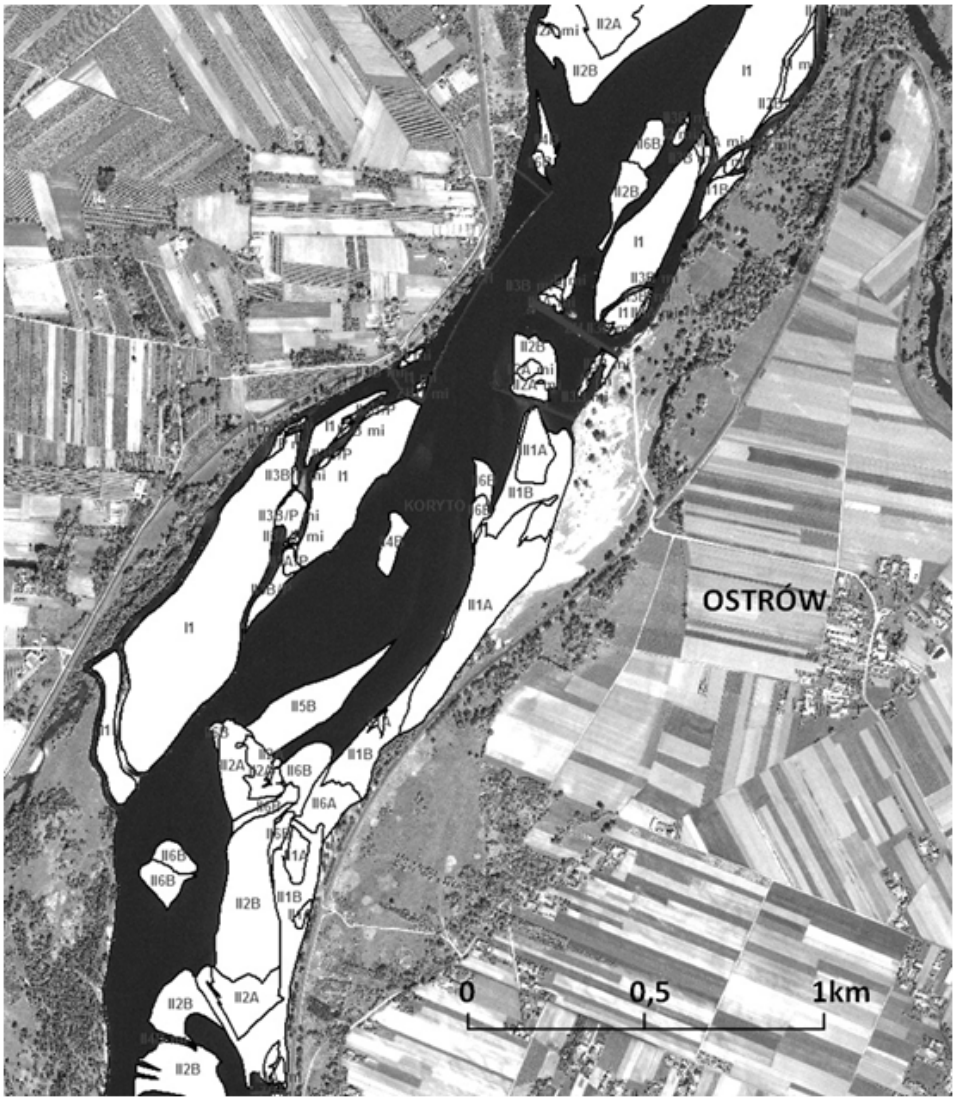
Na zachód od Latkowa znajduje się strefa erozji wód wezbraniowych (rys. 4). Na zobrazowaniach satelitarnych ma ona wyraźne zaznaczone granice. W jej dnie występują także drobniejsze ślady erozji, zaznaczające się układem jednakowo zorientowanych, krótkich fotolineamentów.

Kolejna wyraźnie zaznaczająca się na analizowanych zobrazowaniach strefa śladów wód działalności wód wezbraniowych (C, rys. 3, 5) znajduje się w na zachód od miejscowości Przewóz Tarnowski. Jest to forma o wachlarzowatym kształcie. Widoczne w obrazie zdjęcia satelitarnego lineamenty rozdzielają strefy wydłużonych obniżeń, w których obrębie przebiega także współcześnie depozycja utworów organicznych, od gliniasto-pylasto-piaszczystych wydłużonych odsypów o wysokości względnej około 1,5 m. Forma ta została prawdopodobnie utworzona w wyniku działalności wód wezbraniowych docierających tu z południa i z północy systemami przeobrażonych przez przepływy wielkich wód ciągami starorzeczy. Genetycznie jest ona zbliżona do form depozycji pozakorytowej, opisywanych przez T. Zielińskiego [2000] w dolinie Nysy Kłodzkiej (SW Polska) oraz przez P. Gębicę i T. Sokołowskiego [2001] w dolinie górnej Wisły. Tego typu formy wiązał J. Karabon [1980] z działalnością wód wezbrań zatorowych.



Rysunek 5. Stożki napływowe
Figure 5. Alluvial fans

Podobna forma znajduje się w północnej części analizowanego odcinka w okolicach Kępy Skóreckiej (E, rys. 3, 5). W tym wypadku jednak wachlarz zwrócony jest nasadą w kierunku koryta, co świadczy o jej powstaniu w wyniku przerwania wałów przeciwpowodziowych w rejonie kilometra 442. Zdarzenia takie rejestrowane były w historii tego odcinka.



Rysunek 6. Przykład interpretacji morfologii koryta
Figure 6. Example of channel zone morphology analyze

Występowanie w korycie kulminacji podłoża aluwiów wpływającej na przepływ wielkich wód objawiać się może w dolinach rzek na Niżu Polskim trwałością położenia mezoform korytowych. Część ich obszaru „posadowiona" może być na wychodni gruntów trudno rozmywalnych i wtedy w niewielkim stopniu ulega przeobrażeniu przez wielkie wody [Falkowski 1990; Falkowski, Złotoszewska-Niedziałek 2003]. Formy takie mogą zatem pełnić rolę elementów indykacyjnych w określaniu budowy geologicznej strefy korytowej.

Podczas analizy zobrazowań satelitarnych strefy korytowej Wisły skoncentrowano się na identyfikacji i analizie wynurzonych i zanurzonych mezoformach korytowych. Ponieważ w literaturze występują duże rozbieżności w interpretacji form korytowych przyjęto własną klasyfikację opartą na klasyfikacji Z. Babińskiego. Mezoformy podzielono na dwie podstawowe grupy: łachy utrwalone roślinnością o charakterze wysp (I) oraz łachy piaszczyste (II). W obrębie obu grup wydzielono kilka typów łach ze względu na kształt i położenie tych form w korycie rzeki: łachy boczne (1) i centralne (2), przywyspowe (3), skośne (4), podłużne (5) i językowe (6). Łachy piaszczyste dodatkowo podzielono na wynurzone (A) i zanurzone (B). Na analizowanym odcinku stwierdzono występowanie wszystkich typów mezoform korytowych, zarówno łach utrwalonych roślinnością, jak i łach piaszczystych wynurzonych i zanurzonych wszystkich typów (bocznych, centralnych, przywyspowych, skośnych, podłużnych i językowych). Wiele z nich powstało w korytach przelewowych. Przykład interpretacji form korytowych przedstawia rysunek 6.

PODSUMOWANIE

W literaturze fluwiodynamicznej uznaje się, że większe znaczenie w kształtowaniu dna dolin rzecznych mają raczej długookresowe zjawiska o umiarkowanej skali (w przypadku Wisły w ostatnich latach przepływy stanów niskich), niż rzadkie zjawiska ekstremalne – takie jak przepływy katastrofalne. W przypadku rzek roztokowych o niewyrównanych przepływach (takich jak współczesna Wisła Środkowa) powierzchnia tarasu może zostać w trakcie krótkiego wezbrania przemodelowana przez procesy erozji i depozycji w takim stopniu, że wyznacza on ramy działalności rzeki w pozostałym okresie. Dowodzą tego także zjawiska fluwialne obserwowane na Niżu Polskim w ostatnich latach. Przewidywanie zachowania się rzeki ma zatem ogromne znaczenie zarówno w zakresie renaturyzacji i ochrony przeciwpowodziowej. Przedstawiony w pracy przykład identyfikacji form rzeźby powierzchni dna doliny w okolicach Magnuszewa wskazuje na duże możliwości interpretacyjne wielospektralnych, wysoko rozdzielczych zobrazowań satelitarnych. Duża powierzchnia, wysoka rozdzielczość radiometryczna i spektralna oraz cyfrowy format danych źródłowych decydują o ich szczególnej przydatności do fotointerpretacji den dolin rzecznych.

BIBLIOGRAFIA

Babiński Z. *Dynamika mezoform korytowych dolnej Wisły*. Konferencja Jeleniewo k/Suwałk, 1999, s. 3–5.

Blum M. D., Tornquist T. E. *Fluvial response to climate and sea-level change, a review and look forward*. Supl. Sediment. 47, 2000, s. 2–48.

Ehlers M., Jankowsky R., Gähler M. *New Remote Sensing Concepts for Environmental Monitoring* [w:] *Remote Sensing for Environmental Monitoring*, *GIS Applications and Geology* (ed.) M. Ehlers. Proceedings of SPIE 4545, 2002, s. 1–12.

Falkowski E. *Ewolucja holoceńskiej Wisły na odcinku Zawichost–Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej dalszego rozwoju*. Biuletyn Instytutu Geologicznego nr 198, Tom IV „Z badań geologiczno-inżynierskich w Polsce", 1967, s. 57–148.

Falkowski E. *Morphogenetic classification of river valleys developing in formerly glaciated areas fovr needs of mathematical and physical modeling in hydro technical projects*. Geographia Polonica vol. 58, 1990, s. 55–67.

Falkowski T. *Geomorphological analysis of a The Vistula River valley in evaluating the safety of regulation structures*. Acta Geologica Polonica Vol 57 (3) , 2007, s. 377–390.

Falkowski T. Naturalne czynniki stabilizujące wybrane odcinki strefy korytowej Wisły środkowej. Wydawnictwo SGGW w serii Rozprawy Naukowe i Monografie, 2006, s. 128.

Falkowski T., Popek Z. *Zones of ice-jams formation on the Middle Vistula River reach in relation to variable of river valley morphology*. Annals of WAU, Land Reclamation No 30, 2000, s. 77–90.

Falkowski T., Złotoszewska-Niedziałek H. *Wpływ podłoża aluwiów na morfologię koryta Wisły w rejonie Góry Kalwarii*. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, XII, z. 2(27), 2003, s. 75–81.

Gębica P., Sokołowski T. *Sedimentological interpretation of crevasse splays formed during the extreme 1997 flood in the upper Vistula River Valley (south Poland)*. Annales Societatis Geologorum Poloniae, vol. 71, 2001,s. 53–62.

Karabon J. *Morfogenetyczna działalność wód wezbraniowych związana z zatorami lodowymi w dolinie Wisły Środkowej*. Przegląd Geologiczny nr 9, 1980, s. 512–515.

Kozarski S. *Późnoglacjalne i holoceńskie zmiany w układzie koryt rzecznych niżowej części dorzecza Odry*. Krajowe Sympozjum „Rozwój den dolinnych...", Wrocław–Poznań, 1974, s. 17–19.

Kozarski S., Rotnicki K. *Valley floors and changes of river channel patterns in the North Polish Plain during the Late Wurm and Holoceneł Quaestiones Geographicae.* 4, 1977, s. 51–93.

Lach R., Polak A. *Trendy rozwojowe wysokorozdzielczych satelitów obrazowych*. Aktualnie, szybko i tanio. GEODETA Nr 12 (55), 1999.

Leigh D. S., Srivastova P., Brook G. A. *Late Pleistocene braided rivers of the Atlantic Coastal Plain, USA*. Quaternary Science Reviews 23, Pergamon, 2004, 65–84.

Mycielska-Dowgiałło E. *Rozwój rzeźby fluwialnej północno-zachodniej części Kotliny Sandomierskiej w świetle badań sedymentologicznych*. Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, 1978, s. 120.

Ozga-Zielińska M. *O konieczności określania dla rzek polskich maksymalnych wiarygodnych wezbrań wywołanych maksymalnymi wiarygodnymi opadami*. Forum naukowo-techniczne – POWÓDŹ 1997, IMGW Warszawa, tom 2, 1997, s. 1–10.

Rotnicka J., Rotnicki K. *The problem of hydrological interpretation of paleochannel paterns* [w:] Schluchter Ch. (editor) *River, Lake and Mire Environments*. Proceedings of the INQA/IGCP 158 Meeting in Bern, Switzerland, June 1985, Balkema, Rotterdam 1988, s. 205–224.

Sarnacka Z., Krysowska-Iwaszkiewicz M. *Osady eoplejstoceńskie okolic Magnuszewa na południowym Mazowszu*. Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 14, Biuletyn Instytutu Geologicznego nr 268, 1974.

Szumański A. *Postglacjalna ewolucja i mechanizm transformacji dna doliny Dolnego Sanu*. Zesz. Nauk. AGH, Geologia, t. 12, z. 1, 1986, s. 5–92.

Wiśniewski E. *Zagadnienia paleogeoraficzne doliny Wisły pomiędzy Kotliną Płocką a Kotliną Toruńską*. Studia Societatis Scientiarum Torunensis Toruń-Polonia, vol. VIII, sectio C, nr 4–6, 1976, s. 279–296.

Zieliński T. *Sedymentologiczne skutki powodzi 1997 i 1998 roku w dorzeczu Górnej Nysy Kłodzkiej* [w:] Ostaficzuk S. (red.) *Dynamiczna ocena i prognoza geologicznych zagrożeń wywołanych powodzią, na przykładzie Nysy Kłodzkiej, Górnej Soły i Górnego Sanu-Solinki*. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 2000, s. 105–136.

Dr hab. Tomasz Falkowski, mgr inż. Piotr Ostrowski
Katedra Geoinżynierii SGGW
Ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
tomasz_falkowski@sggw.pl
piotr_ostrowski@sggw.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Tadeusz Bednarczyk*