

Rozmieszczenie i skala aktywności współczesnych osuwisk w dolinie dolnej Wisły na odcinku między Fordonem a Kozielcem (Polska północna) – wstępne wyniki badań

Location and activity of contemporary landslides in the lower Vistula valley, on the area between Fordon and Kozielec (northern Poland) – preliminary results

Sebastian Tyszkowski

*Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk
sebtys@wp.pl*

Zarys treści: Artykuł obejmuje problematykę współczesnej aktywności osuwisk na terenie Polski nizinnej. Analizowany obszar stanowi fragment strefy krawędziowej doliny dolnej Wisły o długości 10 km. W ramach prac terenowych rozpoznano na nim 83 osuwiska o łącznej powierzchni 0,2 km². Osuwiska te analizowano w aspekcie ich relacji do nadrzędnych form rzeźby, jakimi na tym obszarze są silnie zdenurowane stoki strefy krawędziowej doliny Wisły, powierzchnie dawnych osuwisk oraz zbocza dolinek erozyjnych. Określono morfometrię form, scharakteryzowano budowę geologiczną oraz aktywność wód gruntowych. Oceniono również aktywność osuwisk w powiązaniu z prawdopodobną przyczyną ich powstania.

Słowa kluczowe: osuwiska, geozagrożenia, współczesne procesy geodynamiczne, dolina dolnej Wisły

Abstract: The article raises the issue of contemporary landslide activity in the Polish Lowlands. The study area is a part of the slope zone of the lower Vistula valley. During the fieldwork there were 83 landslides with a total area of 0.2 km² identified and analyzed in respect of their relationship to the main morphological forms of terrain: denuded slopes, surface of old landslides, erosional valleys. The morphometry, geological structure and groundwater activity were determined. The assessment of the landslides activity in relation to the possible cause of their development has been presented. The results of the research and analyzes show that contemporary mass movements constitute important elements shaping the slopes within the sculpture of major river valleys in the lowlands.

Key words: landslides, geohazards, contemporary geodynamic processes, lower Vistula valley

Wstęp

Strefy krawędziowe dolin rzecznych są jednymi z najbardziej aktywnych geodynamicznie obszarów Polski nizinnej. Problematyka związana ze współczesnymi procesami geomorfologicznymi na tych terenach wydaje się jednak często pomijać zagadnienia ruchów masowych (Starkel i in. 2008). Podjęte w ostatnich latach prace autora zmierzające do określenia ilości, rozmieszczenia i analizy rozwoju osuwisk na niżu wskazują, że jest to temat godny uwagi.

Uwarunkowania wpływające na rozwój ruchów masowych na północy i południu kraju cechuje odmiennosc, zarówno w przypadku czynników biernych, jak i aktywnych. Dotyczy to przede wszystkim podstawowych różnic w budowie geologicznej, rzeźbie terenu oraz wielkości i intensywności opadów atmosferycznych. Powoduje to, że specyfika rozwoju osuwisk nizinnych jest inna niż osuwisk karpaccyckich – opisywanych w licznych opracowaniach (Starkel 1960, Bober 1979, Ziętara 1988, Zabuski i in. 1999, Margielewski 2006, Rączkowski 2007). Dotychczas

tematyka osuwisk rozwijanych na zboczach dolin rzecznych Polski północnej skupiała się głównie na badaniach rejonu Zbiornika Włocławskiego (Banach 1977, 1994, 1998) i zbiornika Jeziorsko (Banach, Grobelska 2003, Kaczmarek, Tyszkowski 2009), gdzie procesem stymulującym rozwój tych form było powstanie i eksploatacja sztucznego zbiornika wodnego.

Obszar i metody badań. Dotychczasowe rozpoznanie osuwisk na obszarze doliny dolnej Wisły

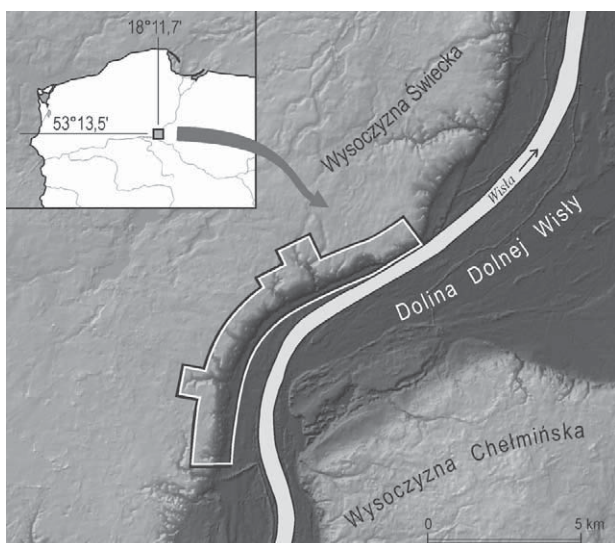
Analizowany odcinek doliny dolnej Wisły między Fordonem a Kozielcem (ryc. 1) charakteryzuje się stosunkowo niewielkim wpływem antropopresji na procesy morfotwórcze. Do szczegółowej analizy wybrano fragment strefy krawędziowej doliny o długości ponad 10 km, cechujący się szczególnie licznym występowaniem form osuwiskowych. Szczegółowe badania osuwisk na tym terenie były przez autora prowadzone od 2007 roku.

Jedną z pierwszych prac wzmiankujących o istnieniu osuwisk w dolinie dolnej Wisły jest praca Galona (1934), w której autor zwraca uwagę na „liczne na stromych stokach obsuwiska gliny zwałowej” występujące w okolicach Świecia oraz na „wał obsuwiskowy” w rejonie Złej Wsi. Bardziej kompleksowym opracowaniem jest zbiorcza praca dokumentacyjna z 1971 roku (Kühn, Miłoszewska 1971), będąca częścią ogólnokrajowego projektu „Rejestracja osuwisk w Polsce” kierowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny. Autorzy zawarli w niej rejestr przejawów aktywności osuwiskowej w byłym województwie bydgoskim. Na omawianym obszarze scharakteryzowano wówczas 10 osuwisk, których lokalizację i morfometrię wzbogacono o tabelaryczne

zestawienie charakterystyki występujących gruntów. Niemal całą strefę krawędziową uznano za predysponowaną do wystąpienia osuwisk. Powierzchnia zinwentaryzowanych osuwisk wynosiła od 100 m² do 5 ha, łącznie 9,3 ha.

Podobnie kompleksowym opracowaniem jest rejestracja osuwisk wykonana w latach 2003–2004 (Rejestracja 2004). W jej ramach wykonano bardziej szczegółowe szkice osuwisk charakteryzowanych uprzednio w pracy Küna i Miłoszewskiej (1971), uzupełniono także informacje dotyczące stopnia aktywności form, zaś wyniki tej rejestracji zostały opublikowane m.in. w pracy Ilcewicz-Stefaniuk i Stefaniuk (2007). Rejon dolnej Wisły jako predysponowany do rozwoju osuwisk wzmiankowany był również w szerszych opracowaniach dotyczących rozmieszczenia osuwisk w Polsce (Ziętara 1991). Problematyka osuwisk w dolinie dolnej Wisły była też podejmowana w publikacjach na temat odcinka doliny Wisły w okolicy Świecia (Habel i in. 2008, Kordowski, Tyszkowski 2008, Tyszkowski 2008, 2009).

Do opracowań typowo kartograficznych mogących uzupełnić wiedzę w zakresie współczesnych procesów rzeźbotwórczych należy mapa geomorfologiczna autorstwa Olszewskiego (1968), obejmująca swym zasięgiem omawiany fragment doliny Wisły. Wyróżniono na niej obszary, na których występują ruchy masowe, lecz poziom ogólności wynikający ze skali mapy uniemożliwia zastosowanie jej do szczegółowej analizy procesów grawitacyjnych. Na arkuszu szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000 obejmującej zasięgiem analizowany obszar (arkusz Żołędowo) osuwiska generalnie nie zostały zaznaczone (Kozłowska, Kozłowski 1990). Niemniej w obrębie stoków o dużych nachyleniach zaznaczono obecność pokryw deluwialnych. W świetle prac kartograficznych prowadzonych przez autora większość z nich okazała się pokrywami koluwalnymi występujących tu licznie osuwisk. Bieżąca analiza rozmieszczenia i aktywności osuwisk przeprowadzona została w oparciu o różne metody badawcze. Podstawą było szczegółowe kartowanie osuwiskowe, prowadzone z uwzględnieniem instrukcji kartowania osuwisk opracowanej w ramach projektu System Ochrony Przeciwosuwiskowej (SOPO) realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny (Grabowski i in. 2008), która dzięki ujednoczeniu nomenklatury daje możliwość porównania uzyskanych wyników z wynikami prac prowadzonych na innych obszarach. Podstawową różnicą w stosunku do wytycznych SOPO było oznaczanie form na podkładach map w skali 1:2500, co wyraźnie zwiększyło dokładność określania zasięgu i lokalizacji osuwisk. Kartowanie obejmowało m.in. określenie powierzchni osuwisk, ich cech morfometrycznych oraz ocenę stopnia aktywności form. Analizowano także główne czynniki, które warunkowały powstanie i rozwój form, zmierzając do ustalenia ich genezy. Odrębnym zagadnie-



Ryc. 1. Położenie obszaru badań
Fig. 1. Location of study area

Tabela 1. Rozmieszczenie, parametry i aktywność osuwisk w obrębie analizowanych obszarów o zróżnicowanej rzeźbie
Table 1. Location, parameters and activity of landslides in relation to analyzed areas of diverse relief

Wyróżnione obszary odniesienia	Zdenudowane stoki	Nisze dawnych osuwisk	Wcięcia erozyjne	Obszar badań
Powierzchnia terenu [ha]	237,5	76,1	96,2	409,8
Liczba współczesnych osuwisk	20	24	41	85
Powierzchnia współczesnych osuwisk [ha]	9,2	14,1	6,5	29,8
Liczba osuwisk aktywnych	–	14	13	27
Liczba osuwisk okresowo aktywnych	7	7	13	27
Liczba osuwisk nieaktywnych	7	7	13	27

niem była ocena zagrożeń mogących wystąpić na skutek rozwoju osuwiska. W trakcie prowadzonych prac podjęto próbę szczegółowego rozpoznania budowy geologicznej w oparciu o sondy ręczne i mechaniczne. Głębokość zasięgu przemieszczeń osuwiska określono na podstawie szacunków wynikających z kształtu stoku i wielkości skarpy głównej, oraz na podstawie badań geotechnicznych, przede wszystkim sondowań VT i SD (PN-B-04452:2002, Wysokiński 2006). Pomocnicza była także analiza materiałów kartograficznych oraz fotogrametrycznych, których zestawienie przedstawiono w tabeli 1. Wszystkie wspomniane źródła danych i materiały zostały opracowane w formie baz danych systemów GIS.

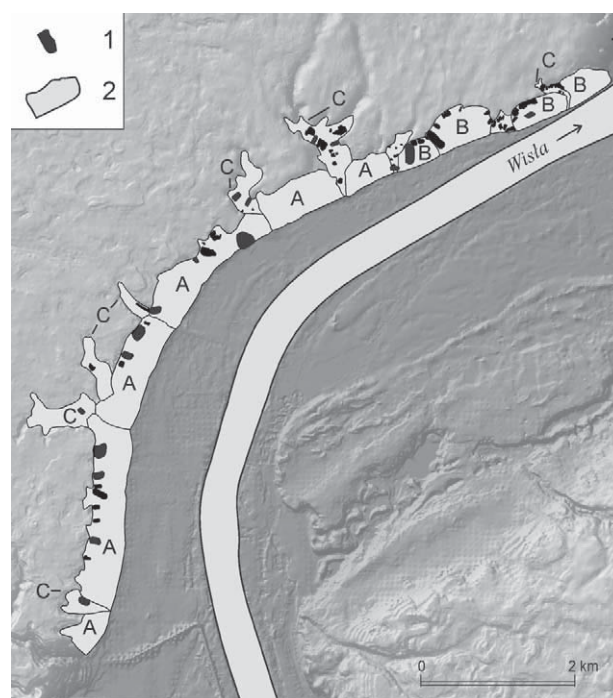
W badaniach szczególną uwagę poświęcono osuwiskom – ruchom masowym, które powstały w wyniku grawitacyjnego przemieszczenia mas ziemnych, wzdłuż powierzchni poślizgu, czyli zsuwom (Kleczkowski 1955, Banach 1977, Zabuski i in. 1999, Grabowski i in. 2008). Inne formy ruchów masowych, takie jak obrywy i spływy występują na badanym terenie mniej licznie, przez co ich rola w przekształcaniu zbocza jest drugorzędna.

Zbocza na analizowanym obszarze doliny zbudowane są głównie z utworów czwartorzędowych oraz lokalnie plioceńskich. Dwa pokłady vistuliańskich glin zwałowych o miąższości średnio 8 i 12 m rozdzielone są utworami piaszczystymi z niewielkimi wkładkami ilów (Kozłowska, Kozłowski 1990).

Elementy rzeźby przekształcane przez osuwiska

Z uwagi na wyraźne zróżnicowanie terenu badań pod względem morfologicznym został on przez autora podzielony na obszary charakteryzujące się indywidualnymi rysami rzeźby: zdenudowane stoki strefy krawędziowej doliny Wisły, rozległe nisze dawnych osuwisk oraz zbocza dolin erozyjnych (ryc. 2). Pierwszy z nich obejmuje 7-kilometrowy odcinek między miejscowościami Strzelce Dolne a Trzęsaczem. Charakteryzuje się on stokami o nachyleniu nie przekraczającym 15° oraz obecnością niewielkich skarpy wy-

stępujących w obrębie górnej części stoku. Jest formą silnie zdenudowanych stoków, na których znajduje się pokrywa utworów spływowych, częściowo przemodelowana przez dawne procesy osuwiskowe. Prawdopodobnie swój kształt osiągnęły w okresie formowania się współczesnej doliny Wisły, bezpośrednio po ustąpieniu ostatniego lądolodu. Nisze dawnych osuwisk znajdują się między miejscowościami Trzęsacz a Kozielec (Tyszkowski 2011). W krajobrazie wyróżniają się poprzez silnie zaznaczoną skarpy główną dochodzącą do wysokości ponad 20 m oraz wyraźnie pofalowaną powierzchnię kolumium (ryc. 3). Wiek tych form dotychczas nie został okre-

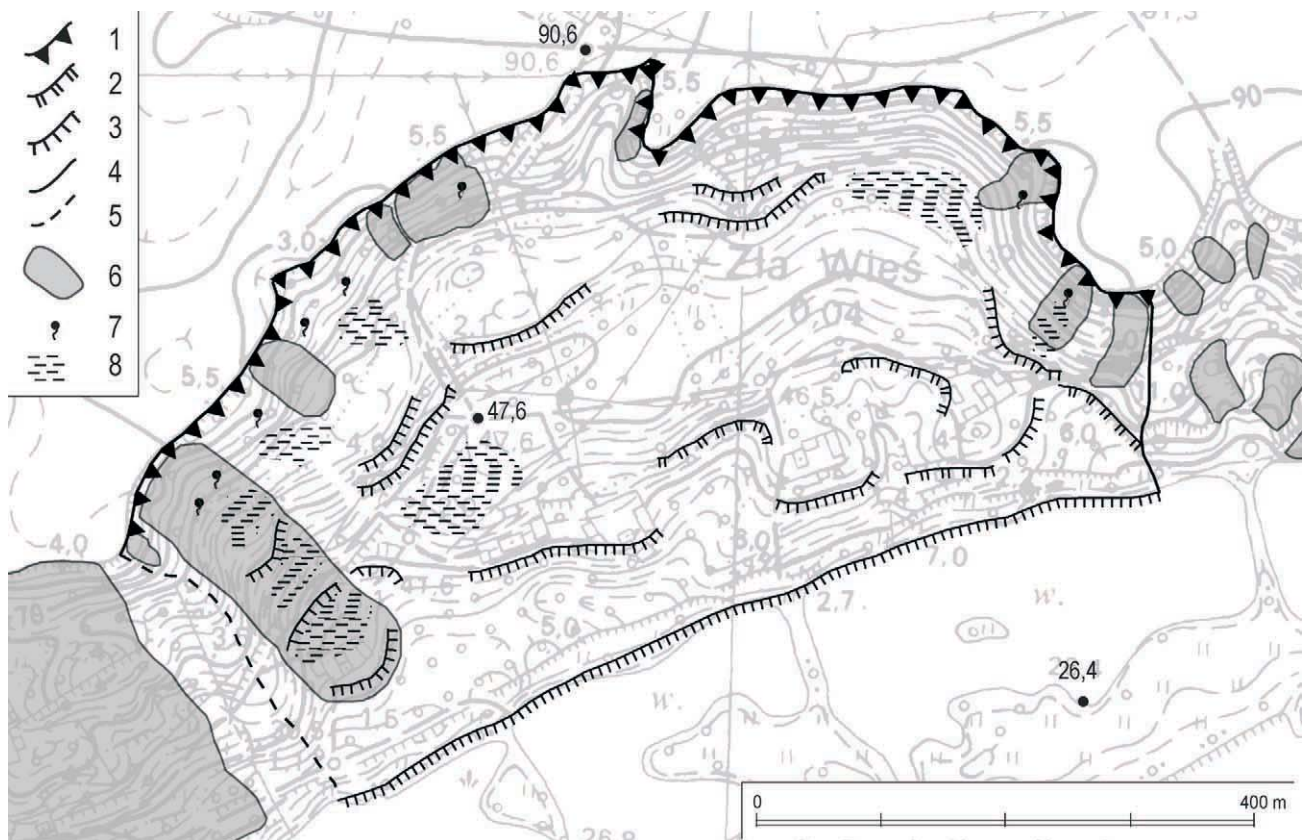


Ryc. 2. Położenie współczesnych osuwisk na tle wyodrębnionych obszarów o zróżnicowanej rzeźbie

1 – współczesne osuwiska, 2 – wyodrębnione obszary różniące się rzeźbą terenu: A – zdenudowane stoki, B – nisze dawnych osuwisk, C – wcięcia erozyjne

Fig. 2. Location of the contemporary landslides on the background of separated areas of diverse relief

1 – contemporary landslides, 2 – separated areas differing in relief: A – strongly denudated slopes, B – area of old landslides, C – erosion valley



Ryc. 3. Powierzchnia jednego ze starych osuwisk z wyróżnionymi współczesnymi osuwiskami (sygnatury wg Grabowskiego i in. 2008)

1 – skarpa osuwiskowa, główna, wysoka, 6–10 m, 2 – skarpa osuwiskowa, wtórna, średnia 3–6 m, 3 – czoło osuwiska, akumulacyjny próg wewnątrzosuwiskowy, 4 – granica osuwiska – wyraźna, 5 – granica osuwiska – słabo zachowana, 6 – powierzchnie współczesnych osuwisk, 7 – źródło, 8 – podmokłości

Fig. 3. Current landslides on the background of one of the old landslides (signature according to Grabowski et al. 2008)

1 – main scarp, high, 6–10 m, 2 – minor scarp, middle, 3–6 m, 3 – toe, accumulation ridges, 4 – landslide boundary – explicit, 5 – landslide boundary – faint, 6 – area of contemporary landslides, 7 – spring, 8 – marsh

ślony. Aktualnie trwają prace nad datowaniem osadów biogenicznych wypełniających zagłębienia pod skarpą główną jednego z osuwisk. Wstępne wyniki mogą wskazywać, że ich powstanie mogło być związane z okresem subatlantyckim. Na dalszy rozwój tych form z pewnością mogła wpływać erozyjna działalność Wisły, która podcinała erozyjnie zbocza doliny jeszcze pod koniec XVIII w. (Schrötter 1810). Proces ten został zatrzymany w XIX w., wraz z przeprowadzonymi regulacjami koryta Wisły. Dolinki erozyjne, związane z ciekami, są natomiast formami pozostającymi w ciągłej aktywności. Wcinają się w wysoczyznę na długości ponad kilometra i na głębokość od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Skutkuje to powstawaniem w ich obrębie zboczy o nachyleniu dochodzącym miejscami do ponad 40°.

Analiza współczesnych osuwisk. Dyskusja

W obrębie wyróżnionych przez autora trzech obszarów charakteryzujących się silnym zróżnicowaniem typów rzeźby terenu przeprowadzona została

analiza współczesnej aktywności osuwiskowej. Badaniem objęto wyłącznie tereny o nachyleniu sprzyjającym występowaniu ruchów masowych, pomijając równinę zalewową Wisły oraz powierzchnię wysoczyzny.

W strefie krawędziowej o łącznej powierzchni 464 ha zarejestrowano 83 osuwiska, przy czym dwa obiekty określono jako osuwiska prawdopodobne z uwagi na zatarcie granic spowodowane antropogenicznym przekształceniem części stoku. Łącznie formy te zajmują powierzchnię niemal 20 ha. W związku z założeniem, że ocenie podlega analiza współczesnych ruchów masowych, rozległe, nieaktywne współcześnie obszary dawnych osuwisk, o łącznej powierzchni 75 ha, potraktowane zostały jako osobny element analizy (Tyszkowski 2011) i nie zostały włączone do ogólnej powierzchni zajmowanych przez współczesne osuwiska.

Wśród wyróżnionych obszarów zróżnicowanych morfologicznie największe osuwisko znajduje się w obrębie wcięć erozyjnych, obejmujących łącznie powierzchnię 5,7 ha. Największą powierzchnię zajmują osuwiska powstałe na terenach przekształconych wcześniej przez stare formy osuwiskowe, 28 zinten-

taryzowanych tu nowych form osuwiskowych zajmują łączną powierzchnię 8,3 ha

Stosunek ilości i powierzchni zajmowanych przez osuwiska w stosunku do ogółu analizowanego terenu określono za pomocą wskaźników osuwiskowości (Bober 1984, Zabuski i in. 1999). Wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej (O_p) stanowiący stosunek łącznej powierzchni osuwisk na danym terenie do powierzchni tego terenu wynosi 4%, natomiast wskaźnik gęstości osuwisk (G) będący stosunkiem liczby osuwisk na danym terenie do powierzchni terenu wynosi 18. Wskaźniki te w odniesieniu do obszarów karpackich wskazują na małą osuwiskowość (Zabuski i in. 1999), jednak biorąc pod uwagę teren Polski północnej należy uznać je za znaczące.

Współczesne osuwiska w analizowanym fragmencie doliny dolnej Wisły zazwyczaj należą do form o niewielkich rozmiarach. Ich średnia powierzchnia wynosi około 3700 m². W obrębie zdenudowanych stoków średnia powierzchnia osuwisk zbliżona jest do 4600 m², natomiast w obrębie dawnych nisz osuwiskowych średnia ta wynosi 5880 m². Od średnich wartości odbiegają również powierzchnie osuwisk powstałe na zboczach wcięć erozyjnych, których średni wymiar jest wyraźnie mniejszy i wynosi blisko 1590 m², co jest spowodowane występowaniem tam stosunkowo krótkich stoków. Największe współczesne osuwisko na analizowanym obszarze ma powierzchnię ponad 13 300 m² i znajduje się w Złej Wsi, w obrębie jednego z dawnych osuwisk, natomiast najmniejsza zarejestrowana forma ma zaledwie 130 m². Podobnie duża rozpiętość dotyczy długości poszczególnych osuwisk. Wahają się one od kilkunastu do prawie 200 m, przy czym średnia długość osuwisk wynosiła około 50 m. Przy ocenie aktywności osuwisk posłużono się trzystopniową skalą zgodnie z instrukcją SOPO (Grabowski i in. 2008). Osuwiskami aktywnymi określono formy, które uległy przemieszczeniom w ciągu ostatnich 5 lat, zaś za okresowo aktywne uznano te, których przemieszczenia oszacowano na 5–50 lat. Mianem osuwisk nieaktywnych nazwano formy, których ostatnie ożywienie oceniono na więcej niż 50 lat. Określając wiek, kierowano się zarówno przesłankami geomorfologicznymi, takimi jak zmiana ukształtowania terenu, obecność szczelin, występowanie nabrzmień i stopni koluwalnych czy świeżych obrywów, jak i kryteriami botanicznymi w postaci zmian szaty roślinnej, charakterystycznie zniekształconych bądź powalonych drzew itp. Z uwagi na pokrycie terenu głównie przez zwartą roślinność, efektywne wykorzystanie zdjęć lotniczych możliwe było tylko w nielicznych przypadkach.

Największym zróżnicowaniem aktywności cechują się współczesne osuwiska rozwinięte na obszarach transformowanych dawnymi ruchami masowymi, gdzie osuwiska aktywne będąca efektem odmłodzenia stref osuwiskowych stanowią 50% zarejestrowanych form.

Ze względu na rodzaj materiału, w którego obrębie rozwinęły się ruchy masowe, wszystkie analizowane formy zaliczono do osuwisk asekwentnych (Kleczkowski 1955). W większości są to płytkie osuwiska rotacyjne według powszechnie stosowanych klasyfikacji (zob. Varnes 1978, WP/WLI 1993), stanowiące 75% ogółu form. Pozostałe formy przemieszczeń gruntu rozwinęły się w wyniku spełzania.

Przeprowadzona w trakcie kartowania i dokumentacji analiza przyczyn występowania osuwisk wskazuje na infiltrację wód opadowych i roztopowych jako głównego czynnika sprawczego powodującego powstanie współczesnych osuwisk na analizowanym obszarze. Taką genezę ma ponad 60% form. Kolejnym czynnikiem inicjalnym ruchów masowych jest wpływ wód gruntowych związanych z poziomem wodonośnym występującym w obrębie utworów budujących stoki, który jest prawdopodobną przyczyną wystąpienia 32% osuwisk. Rola podcięć erozyjnych jako czynnika inicjującego ruchy masowe jest z kolei niewielka. W większości przypadków, gdzie głównym czynnikiem aktywizującym ruchy masowe był wpływ wód na zboczu związanych z pierwszym poziomem wodonośnym, wyróżniono również infiltrację jako istotny czynnik drugorzędny. Wpływ infiltracji na rozwój ruchów masowych najsilniej zaznacza się w obrębie form rozwijanych na obszarze silnie zdenudowanych stoków – szacuje się, że ten czynnik inicjalny był przyczyną powstania ponad 80% wyróżnianych form. W obrębie całego analizowanego terenu na 42 osuwiskach widoczna jest wyraźna aktywność wód gruntowych, zaznaczająca się najczęściej w postaci występowania podmokłości i źródeł.

Powierzchniowy wpływ wód znacznie sprzyja rozwojowi osuwisk (w tym wtórnym ruchom grawitacyjnym). W ponad połowie form charakteryzujących się znaczącymi przejawami aktywności wód gruntowych nastąpiły w ciągu ostatnich 5 lat istotne przemieszczenia gruntu. Natomiast duża ilość i niewielki rozmiar osuwisk rozwiniętych w obrębie wcięć erozyjnych związane są z punktowym i intensywnym wpływem wód gruntowych na silnie drenowanych stokach.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazują na istotną rolę osuwisk we współczesnym kształtowaniu doliny dolnej Wisły. Opracowane osuwiska nie zajmują co prawda dużych powierzchni, jednakże występują licznie i charakteryzują się znaczną aktywnością. Dominującym typem osuwisk wynikającym z budowy geologicznej są płytkie zsuwy rotacyjne.

Największa powierzchnia i duża aktywność współczesnych osuwisk w obrębie dawnych osuwisk jest najprawdopodobniej związana z oddziaływaniem starszej generacji ruchów masowych uprzednio

przekształcających analizowany obszar i powodujących naruszenie pierwotnej struktury gruntu, co prowadzi do powstania stref nieciągłości, wykorzystywanych często jako drogi krążenia wód gruntowych z rozciętych warstw wodonośnych. Strefy takie stają się nierzadko powierzchniami poślizgu późniejszych osuwisk.

Czynnikiem determinującym rozwój współczesnych osuwisk na całym analizowanym obszarze, jest aktywność wód gruntowych oraz ekstremalne opady atmosferyczne, powodujące zmianę właściwości mechanicznych gruntu, głównie na skutek zmniejszenia kohezji oraz przeciążenia mas ziemnych wodą opadającą. Rola erozji jest wyraźnie drugorzędna. Kompleksowa analiza rzeźby i oddziaływania czynników inicjalnych wskazuje, że formy osuwiskowe na badanym terenie będą nadal ulegały aktywizacji, a ich intensywność zależna będzie przede wszystkim od dynamiki opadów i roztopów.

Autor pragnie serdecznie podziękować anonimowym recenzentom za uwagi krytyczne dotyczące treści tego artykułu (w szczególności używanej terminologii).

Badania finansowane są ze środków MNiSW jako projekt badawczy własny nr NN 306 086 037.

Literatura

- Banach M., 1977. Rozwój osuwisk na prawym zboczu doliny Wisły między Dobrzyniem a Włocławkiem. *Prace Geogr.* 124.
- Banach M., 1994. Morfodynamika strefy brzegowej Zbiornika Włocławskiego. *Prace Geogr.* 161.
- Banach M., 1998. Dynamika brzegów dolnej Wisły. *Dokum. Geogr.* 9.
- Banach M., Grobelska H., 2003. Stan dynamiki brzegów zbiornika Jezioro. *Słupskie Prace Geograficzne. Pomorska Akademia Pedagogiczna w Słupsku* 1: 91–106.
- Bober L., 1979. Structural landslides regions in the polish flysch Carpathians and their relation to geology of this mountain range. Superficial mass movements in mountain regions. *Proc. 1st Polish-Italian Seminar, Szymbark, Warszawa.*
- Bober L., 1984. Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geolog.* 340(23).
- Galon R., 1934. Dolina dolnej Wisły, jej kształt i rozwój na tle budowy dolnego Powiśla. *Bad. Geogr. nad Polską Zach.* 12/13.
- Grabowski D., Marciniec P., Mrozek T., Neścieruk P., Rączkowski W., Wójcik A., Zimnal Z., 2008. Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Habel M., Tyszkowski S., Skowroński T., 2008. Morphodynamic analysis of lower Vistula valley using GPS, sonar and aerial photography. *Annals of Geomatics* 1(6): 91–100.
- Ilcewicz-Stefaniuk D., Stefaniuk M., 2007. Procesy osuwiskowe w dolinie Wisły. *Geologos* 11: 393–399.
- Kaczmarek H., Tyszkowski S., 2009. Using of the aerial and ground photogrammetry in monitoring shore zone of Jezioro Reservoir (Warta River, Central Poland). *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2: 7–12.
- Kleczkowski A., 1955. Osuwiska i zjawiska pokrewne. *Wyd. Geol., Warszawa.*
- Kordowski J., Tyszkowski S., 2008. Wstępne wyniki badań nad procesami osuwiskowymi w wąwozie Czerwonej Wody koło Świecia. *Landform Analysis* 9: 59–62.
- Kühn A., Miłoszewska W., 1971. Katalog osuwisk – województwo bydgoskie. *Warszawa.*
- Kozłowska M., Kozłowski I., 1990. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Zołędowo, *Wyd. Geol., Warszawa.*
- Margielewski W., 2006. Records of the Late Glacial-Holocene palaeoenvironmental changes in landslide forms and deposits of the Beskid Makowski and Beskid Wyspowy Mts. area (Polish Outer Carpathians). *Folia Quaternaria. PAU, Kraków.*
- Olszewski A., 1968. Mapa geomorfologiczna Polski 1:50 000, arkusz Trzeciewiec. *IG PAN.*
- PN-B-04452:2002, 2002. *Geotechnika. Badania polowe. Polski Komitet Normalizacji.*
- Rejestracja, 2004. Rejestracja i inwentaryzacja naturalnych zagrożeń geologicznych na terenie całego kraju (ze szczególnym uwzględnieniem osuwisk oraz innych zjawisk geodynamicznych). *Online* 01.01.2012 – <http://geozagrozenia.pgi.gov.pl/>.
- Rączkowski W., 2007. Landslide hazard in the Polish Flysch Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 41: 61–75.
- Schrötter F.L. 1810. *Karte von Ost Preussen nebst Preussisch Litthauen und West Preussen nebst dem Netzdistrict.*
- Starkel L., 1960. Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. *Prace Geograficzne IG PAN*, 22.
- Starkel L., Kostrzewski A., Kotarba A., Krzemień K. (red.), 2008. *Współczesne przemiany rzeźby Polski. IGiGP UJ, Kraków.*
- Tyszkowski S., 2008. Badania rozwoju osuwisk w rejonie Świecia na podstawie materiałów fotogrametrycznych. *Landform Analysis* 9: 385–389.
- Tyszkowski S., 2009. Zjawiska i formy osuwiskowe w wąwozie Czerwonej Wody (Wysoczyzna Świecka) – wybrane problemy. *Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Bibl. Monit. Środow., Szymbark:* 316–321.

- Tyszkowski S., 2011. Aktywność współczesnych ruchów masowych na tle dawnych form osuwiskowych. W: J. Kordowski, P. Lamparski, K. Pochocka-Szwarc (red.), *Rozwój i zanik lądolodu fazy pomorskiej zlodowacenia wisły na Pomorzu Wschodnim (Kociewie)*. XVIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, Stratygrafia Plejstocenu Polski. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 107–108.
- Varnes D.J., 1978. Slope movement types and processes. W: R.L. Schuster, R.J. Krizek (red.), *Landslides: Analysis and Control*, Special Report 176, Transportation and Road Research Board. National Academy of Science, Washington D.C.
- WP/WLI, 1993. The International Geotechnical Societies (UNESCO) Working Party for World Landslide Inventory. Multilingual Landslide Glossary. The Canadian Geotechnical Society, BiTech Publishers LTD, Richmond BC, Canada.
- Wysokiński L., 2006. Ocena stateczności skarp i zboczy. Instrukcje – Wytyczne – Poradniki. Instytut Techniki Budowlanej 424. Warszawa.
- Zabuski L., Thiel K., Bober L., 1999. Osuwiska we fliszu Karpat polskich: geologia, modelowanie, obliczenia stateczności. Wydawnictwo Instytutu Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.
- Ziętara T., 1988. Landslide areas in the Polish Flysch Carpathians. *Folia Geogr., ser. Geogr.-Physica* 20: 21–67.
- Ziętara T., 1991. Procesy grawitacyjne. W: L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 413–416.