



O!SUWISKO'22

ABSTRAKTY

3. OGÓLNOPOLSKA
KONFERENCJA OSUWISKOWA

O!SUWISKO

18-21.10

2022

KIELNAROWA



Dofinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

 **CENTRUM
GEOZAGROZEŃ**
geozagrozenia.pgi.gov.pl

 System Ostrony PrzeciwOsuwiskowej
SOPO

KOMITET NAUKOWY:

Prof. dr hab. Antoni Wójcik – Przewodniczący
Dr Tomasz Malata – Sekretarz
Prof. dr hab. inż. Marek Cała
Dr hab. Paweł Dobak, prof. UW
Dr hab. inż. Lucyna Florkowska, prof. IMG PAN
Dr Zbigniew Frankowski
Dr hab. inż. Grzegorz Jóźków, prof. UPWr
Dr inż. Izabela Laskowicz
Dr Edyta Majer
Dr hab. inż. Włodzimierz Margielewski, prof. IOP PAN
Prof. dr hab. Piotr Migoń
Dr Teresa Mrozek
Dr Zbigniew Perski
Prof. dr hab. Zofia Rączkowska
Dr Janusz Wasowski
Dr Tomasz Wojciechowski
Dr hab. inż. Lesław Zabuski, prof. IBW PAN

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Anna Bagińska
Katarzyna Bartyzel
Aneta Janeczek
Jarosław Kaczorowski
Iwona Kowalska
Marcin Kułak
Paweł Kwecko
Izabela Laskowicz
Tomasz Malata
Paweł Marciniak
Piotr Nescieruk
Andrzej Rudnicki
Rafał Sikora
Agnieszka Świeca
Bartłomiej Warmuz
Ewa Włodarczyk
Tomasz Wojciechowski
Antoni Wójcik
Ziemowit Zimnal

Layout i projekt okładki: Monika Cyrklewicz

Opracowanie typograficzne, skład i łamanie: Anna Andraszek, Ewelina Leśniak, Monika Masiak

Adres redakcji: Dział Wydawnictw PIG-PIB, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; www.pgi.gov.pl

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

ISBN 978-83-67197-99-1

Rekomendowany sposób cytowania:

Bardel T., 2022 – Identyfikacja powierzchni poślizgu na przykładzie osuwiska rozwiniętego w utworach mioceńskich. W: 3. Ogólnopolska Konferencja Osuwiskowa „O!SUWISKO”. Abstrakty. Kielnarowa, 18–21.10.2022 r.: 8. PIG-PIB, Warszawa.

Konferencja jest organizowana w ramach III etapu projektu SOPO i dofinansowana ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

PATRONAT HONOROWY:



Honorowy patronat
Prezesa Rady Ministrów
Mateusza Morawieckiego



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



MINISTERSTWO
INFRASTRUKTURY
I BUDOWNICTWA

KOMITET HONOROWY:



WOJEWODA
DOLNOŚLĄSKI



WOJEWODA
MAŁOPOLSKI



WOJEWODA
PODKARPACKI



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



DOLNY
ŚLĄSK



MAŁOPOLSKA
MARSZAŁEK
WITOLD KOZŁOWSKI



MARSZAŁEK
WOJEWÓDZTWA
PODKARPACKIEGO



Województwo
Śląskie



STAROSTA RZESZOWSK



GMINA TYCZYN

SPONSORZY:

GEOCOR
E



Safety is our nature

PZW
BPG

Polskie Zrzeszenie
Wykonawców Badań
Podłoża Gruntowego



SPIS RZECZY

STRESZCZENIA REFERATÓW

Tomasz BARDEL	
Identyfikacja powierzchni poślizgu na przykładzie osuwiska rozwiniętego w utworach mioceńskich	8
Aleksandra BORECKA	
Inklinometry – zła praktyka	9
Jarosław CEBULSKI	
Wpływ erozji rzecznej na zróżnicowaną aktywność oraz typ przemieszczeń koluwiów w obrębie osuwisk polskich Karpat fliszowych	10
Jarosław CEBULSKI, Zofia RĄCZKOWSKA, Bogdan GADEK, Joanna KAJDAS	
Przestrzenny i ilościowy zapis obrywu Turni Kurczaba z dnia 22 października 2021 r. przy użyciu naziemnego skaningu laserowego	11
Adam K.CHASZCZEWICZ	
Osuwiska Masywu Ślęży (Przedgórze Sudeckie)	12
Agnieszka CHEĆKO	
Ruchy mas ziemnych na terenach historycznej eksploatacji górniczej. Aspekty prawne i praktyczne	13
Jakub CZURCZAK, Robert KACZMARCZYK, Marta CZURCZAK	
Wpływ warunków konsolidacji na parametry fizyczne próbek dla osuwiska w Ochojnie	14
Paweł DOBAK, Łukasz D. KACZMAREK, Piotr NESCIERUK	
Dynamika procesu pełzania zwietrzelin na tle warunków stateczności zboczy góry Chełm k. Bochni	15
Dariusz H. FAUSTMANN, Rafał SIEŃKO, Łukasz BEDNARSKI	
Monitoring inklinometryczny przemieszczeń pionowych i poziomych najwyższych nasypów drogowych w Polsce	16
Lucyna FLORKOWSKA, Janusz KRUCZKOWSKI, Izabela BRYT-NITARSKA, Agnieszka MAJ	
Funkcjonujące systemy zdalnego monitoringu obiektów budowlanych na obszarach objętych deformacjami podłoża	18
Dariusz GRABOWSKI, Izabela LASKOWICZ, Anna MAŁKA, Jacek RUBINKIEWICZ	
Podatność osuwiskowa w Dolinie Dolnej Wisły	19
Jimmy JIAO	
Impact of confined groundwater on the stability of slopes of decomposed igneous rocks in the context of urbanization activities	20
Grzegorz JÓŹKÓW, Agata WALICKA	
Monitorowanie deformacji powierzchni terenu w obszarach górniczych filarów ochronnych z wykorzystaniem bezzałogowych systemów latających	21
Sebastian JURCZAK, Jarosław KOS, Antoni WÓJCIK, Justyna CYRULIK	
Osuwiska od Tatr po brzeg Bałtyku	23

Sylwester KAMIENIARZ Podatność osuwiskowa Krakowa	24
Kamila KARKOWSKA, Tomasz CZERWIŃSKI, Mirosław MUSIATEWICZ, Przemysław KOWALSKI Monitoring geodynamiczny w Polsce na podstawie zapisów sieci PSG_Sejs_NET	25
Krzysztof KARWACKI Monitoring osuwisk metodą fotogrametryczną z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego	26
Jarosław KOS, Antoni WÓJCIK Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie osuwisk w aspekcie głębokości występowania powierzchni poślizgu	27
Aleksander KOWALSKI Geologiczne uwarunkowania rozwoju form osuwiskowych w Sudetach: przykład osuwisk w środkowej części Obniżenia Noworudzkiego	28
Aleksander KOWALSKI W jaki sposób struktura podłoża warunkuje rozwój osuwiska translacyjnego? Przykład osuwiska we Włodowicach w Obniżeniu Noworudzkiem (Sudety Środkowe)	30
Dorota KRAWCZYK, Michalina FLIEGER-SZYMAŃSKA, Tomasz JEŹ, Katarzyna MACHOWIAK Procedura obserwacji terenów, na których występują ruchy masowe w obszarze nizinnym metodą wizji w terenie na przykładzie powiatu wrzesińskiego	31
Andrew MALONE Hong Kong's slope safety management system	32
Anna MAŁKA, Lesław ZABUSKI, Frieder ENZMANN, Arkadiusz KRAWIEC, Jerzy FRYDEL Czynniki sprawcze ruchów masowych w dolinach rzecznych obszarów młodoglacjalnych, na przykładzie doliny środkowej Raduni	33
Zbigniew PERSKI Geozagrożenia terenów dawnego wydobycia gipsów i soli kamiennej w miejscowości Wapno	35
Zbigniew PERSKI, Tomasz WOJCIECHOWSKI Monitoring dynamiki ruchów osuwisk z wykorzystaniem reflektorów radarowych	36
Paweł PIETRZYKOWSKI, Jarosław KOS, Roman PRYKHODCHENKO Badania spektralne – nowa jakość w dokumentowaniu geologicznym	37
Jolanta PILCH, Włodzimierz MARGIELEWSKI, Renata STACHOWICZ-RYBKA, Krzysztof BUCZEK, Valentina ZERNITSKAYA Datowanie osuwiska Klaklowo (Beskid Makowski, Karpaty Zachodnie) na podstawie wyników metody radiowęglowej oraz analiz: palinologicznej i makroszczytków osadów torfowisk występujących w jego obrębie	38
Maria PRZYŁUCKA, Kamila KARKOWSKA Opady atmosferyczne a aktywność osuwiskowa w Karpatach	40
Jacek RUBINKIEWICZ, Anna GŁOWACKA Rola struktury podłoża w powstawaniu osuwisk w brzeżnej części płaszczowiny dukielskiej w rejonie góry Chryszczata (Karpaty zewnętrzne)	41
Jacek RUBINKIEWICZ, Dariusz GRABOWSKI Post-stormowe ruchy masowe na obszarach eolicznych wybrzeża Bałtyku w rejonie Łeby	43
Jacek RUBINKIEWICZ, Mateusz PARAFINIUK Analiza geostatystyczna osuwisk w obrębie płaszczowiny dukielskiej względem budowy geologicznej	44
Edyta RYCIO Osuwiska w rejonie Sanoka w zachodniej części Gór Słonnych	45
Rafał SIKORA Struktury szufladowe – strukturalna klasyfikacja osuwisk w anizotropowym ośrodku skalnym	46
Rafał SIKORA, Antoni WÓJCIK, Andrzej GAŁAŚ, Mirosław MASOJĆ, Grzegorz MICHALEC, Marcin SZMIT, Józef SZYKULSKI, Byamba GUNCHINSUREN Strukturalne uwarunkowania rozwoju jaskiń i obrywów w dolinie Khurtul Usnug Agui w masywie Bogdyn Nuruu (Ałtaj Gobijski, Mongolia)	47

Jacek STANISZ, Zenon PILECKI, Janusz MIREK, Michał WÓJCIK, Vincenzo CACI Ocena przepływu wody gruntowej w koluwium osuwiska fliszu karpackiego za pomocą wielopunktowego systemu monitorowania w miejscowości Tęgoborze-Just	49
Aleksander URBAŃSKI, Michał GRODECKI Modelowanie numeryczne w analizie stateczności osuwisk i projektowaniu ich zabezpieczeń	50
Anna WALICKA Urbanizacja na terenach osuwiskowych na przykładzie miasta Rzeszów	51
Janusz WASOWSKI, Vincenzo Del GAUDIO, Luca PISANO, Nunzio Luciano FAZIO, Daniela de LUCIA, Angelo UGENTI, Veronica ZUMPANO, Francesco FILICE, Domenico CASARANO, Francesca SANTALOIA, Salvatore GALLICCHIO, Piernicola LOLLINO On the origin of large ancient landslides in low elevation Daunia Mountains of Apulia, Italy	52
Marcin WÓDKA Wykorzystanie różnicowych modeli terenu w badaniach osuwisk	53

STRESZCZENIA POSTERÓW

Waldemar BARDZIŃSKI, Ryszard CHYBIORZ Osuwiska autostrady A1 pomiędzy Częstochową a Piekarami Śląskimi	55
Marta BIELAK Historia regionu kluczem do poprawnej interpretacji osuwisk	56
Dariusz BUDZIŃSKI, Joanna KOWALCZYK-SZPYT Dynamika aktywnego osuwiska w Piotrkowicach Małych	57
Jarosław CEBULSKI Wpływ dostawy koluwiów na zmianę składu frakcjonalnego aluwii i morfologii koryt w sąsiedztwie aktywnych osuwisk	58
Jerzy FRYDEL, Lesław MIL, Leszek JURYS, Lucyna TOBOJKO, Piotr MACIASZEK, Krzysztof KARWACKI Zastosowanie metod teledetekcyjnych do monitoringu powierzchniowego ruchów masowych na przykładzie osuwisk w Gdańsku (w latach 2014–2022)	59
Jarosław KACZOROWSKI, Marcin KUŁAK Osuwiska w polskich Karpatach w ujęciu statystycznym na podstawie wyników Projektu SOPO (stan na 2022 r.)	61
Zbigniew KOWALSKI, Maria PRZYŁUCKA Zagrożenia infrastruktury kolejowej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w latach 2013–2021	62
Magdalena MOSKAL, Elżbieta PILECKA Analiza numeryczna wpływu wykopu drogowego na stateczność stoku	64
Wojciech OZIMKOWSKI, Edyta JUREWICZ 10 lat edukacji o geozagrożeniach na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego	65
Grzegorz PACANOWSKI, Arkadiusz PIECHOTA, Przemysław SOBÓTKA, Kamil WASILEWSKI Bezzałogowe statki powietrzne (BSP) jako narzędzie do identyfikacji form osuwiskowych na potrzeby dokumentowania geologiczno-inżynierskiego	66
Ziemowit ZIMNAL, Piotr NESCIERUK, Zbigniew KOWALSKI, Tomasz WOJCIECHOWSKI, Zbigniew PERSKI Aktywność osuwiska w Aksamianicach w XXI wieku	67



O!SUWISKO'22

STRESZCZENIA REFERATÓW



Identyfikacja powierzchni poślizgu na przykładzie osuwiska rozwiniętego w utworach mioceńskich

TOMASZ BARDEL

„GEOGRUNT” PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-USŁUGOWO-PRODUKCYJNE SP. Z O.O. W TARNOWIE

Słowa kluczowe: osuwisko strukturalne, powierzchnie ścięcia, stateczność skarpy i zboczy, iły krakowieckie

Rozwój ruchów masowych na zboczach wynika z czynników biernych i czynnych (Wojciechowski, 2019), jednakże często mamy do czynienia z sytuacją, gdy aktywne osuwisko sąsiaduje ze statecznymi obszarami o podobnych lub bardziej niekorzystnych uwarunkowaniach morfologicznych. W Karpatach różnice podatności osuwiskowej zboczy o podobnych cechach geomorfologicznych wynikają z wysokiego stopnia skomplikowania budowy geologicznej, w szczególności obejmującej cechy litologiczno-strukturalne oraz tektonikę. W Polsce, poza obszarem Karpat, wpływ czynników strukturalnych i tektonicznych na powstawanie osuwisk jest znacznie mniejszy albo może nie mieć istotnego znaczenia.

Prezentowany przykład dotyczy osuwiska rozwiniętego w autochtonicznych utworach mioceńskich zapadliska przedkarpackiego. Osuwiska na tym obszarze występują sporadycznie jako pojedyncze formy rozwinięte najczęściej na skarpach wysokiego brzegu wzdłuż głównych dolin rzek wypływających z Karpat. Zbocza powstałe na skutek wcięcia erozyjnego głównych rzek (Dunajca i Wisłoki) na obszarze Wysoczyzny Tarnowskiej, zbudowanej z utworów mioceńskich (najczęściej iłów), rozciągają się na długości kilkunastu kilometrów. Nachylenia tych zboczy są zróżnicowane i wynoszą od kilku do ok. 25°. Analizowany przykład dotyczy osuwiska, które wystąpiło na zboczu powyżej doliny Wisłoki w miejscowości Podole (gmina Przeclaw), mniej więcej w połowie drogi pomiędzy Dębicą a Mielcem. Osuwisko graniczy z obszarem o większym nachyleniu, na którym jednak ruchy masowe nie występują. Określenie przyczyn powstania osuwiska w tym rejonie było konieczne dla ustalenia sposobu zabezpieczenia drogi powiatowej, która przebiega przez górną część osuwiska. Na przestrzeni lat droga ulegała ustawicznemu uszkodzeniu, a wykonywane badania geologiczne z zastosowaniem metodyki przydatnej dla płytkich, gruntowych osuwisk nie pozwoliły na wyjaśnienie przyczyn zachodzenia ruchów masowych na całym zboczu. Pod warstwą nasypów drogowych stwierdzano bowiem twarde (zwarłe) iły mioceńskie, zalegające praktycznie poziomo, których wytrzymałość na ścinanie kilkukrotnie przekraczała wartości, przy której mogłoby dojść do rozwoju powierzchni poślizgu w ich obrębie.

W 2020 r. wykonano szczegółowe badania geologiczne w obrębie całego osuwiska, obejmujące głębokie wiercenia

z zastosowaniem podwójnej rdzeniówki (Bardel i in., 2020). W jednym z otworów wykonanym bezpośrednio poniżej górnej skarpy osuwiska zidentyfikowano na rdzeniu wiertniczym powierzchnie ścięcia w iłach, przebiegające pod kątem w zakresie 40–55°, co stanowiło potwierdzenie, że osuwisko jest rozwinięte w utworach mioceńskich. Dlaczego jednak to osuwisko wystąpiło właśnie w tym rejonie, skoro teren sąsiadujący charakteryzował się większym nachyleniem? Na terenie osuwiska wierceniami stwierdzono warstwy piasków o miąższości do 1,7 m, które występowały w obrębie iłów mioceńskich. Wykazano (Kaczmarczyk, Rybicki, 2007), że wytrzymałości na ścinanie na powierzchniach strukturalnych (m.in. typu ił/piasek) są nawet kilkunastokrotnie niższe aniżeli w obrębie warstw ilastych. Uwzględniając wyniki badań geologicznych, sporządzono przekroje geologiczno-inżynierskie przez osuwisko z uwzględnieniem stref osłabień. Bazując na tych przekrojach, przeprowadzono odwrotną analizę stateczności przy pierwotnej morfologii zbocza. Wyniki analizy wskazywały, że powierzchnia poślizgu w górnej części osuwiska poniżej skarpy głównej może występować w interwale głębokości, na którym stwierdzono skośne powierzchnie ścięcia w rdzeniu wiertniczym.

Analizowany przykład potwierdza zasadność stosowania podwójnej rdzeniówki w odniesieniu do dokumentowania głębokich osuwisk rozwiniętych w utworach mioceńskich. Przeprowadzone badania wskazują, że wiarygodne dokumentowanie osuwisk powinno opierać się na poszukiwaniu odpowiedzi, dlaczego w danym rejonie występuje osuwisko i w jaki sposób powstało. Wymaga to udokumentowania powierzchni poślizgu i określenia głębokości występowania stref osłabień, których przebieg zostanie potwierdzony inżynierskimi obliczeniami stateczności.

LITERATURA

- WOJCIECHOWSKI T., 2019 – Podatność osuwiskowa Polski. Przegląd Geologiczny, 67 (5): 320–325.
- BARDEL T., HARNOWSKI M., MASTEJ K., 2020 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki geologiczno-inżynierskie osuwiska nr M001w ciągu drogi powiatowej nr 1 184R Przeclaw – Podole w miejscowości Podole, gmina Przeclaw. Geogrunt PPUP Sp. z o.o., Tarnów.
- KACZMARCZYK R., RYBICKI S., 2007 – Powierzchnie strukturalne w górotworze złóż węgla brunatnego, ich charakterystyka i właściwości fizykomechaniczne. Górnictwo i Geoinżynieria, 31 (3/1): 237–245.



Inklinometry – zła praktyka

ALEKSANDRA BORECKA

AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA, KRAKÓW

Słowa kluczowe: pomiary inklinometryczne, błędy projektowe i montażowe

Ostatnie lata to intensywny rozwój infrastruktury kubaturowej, komunikacyjnej oraz przesyłowej. Ze względu na istniejącą zabudowę czy wytyczony przebieg obiektów liniowych, coraz częściej zaczynamy wykorzystywać tereny wcześniej pomijane, które niejednokrotnie odznaczają się niekorzystnymi warunkami geologicznymi. I tu bardzo przydatnym narzędziem staje się monitoring, będący jednym z elementów zapewniającym bezpieczeństwo i jakość stawianych obiektów. Ma on na celu sprawdzenie słuszności poczynionych podczas projektowania założeń co do zachowania konstrukcji oraz upewnienie się, że po zakończeniu budowy konstrukcja będzie nadal zachowywać się zgodnie z założonymi wymaganiami projektowymi. Może również stanowić użyteczne narzędzie przy weryfikacji zachowania się nowych materiałów i technologii stosowanych w geotechnice czy budownictwie.

Rozwój metod i sprzętu pomiarowego doprowadził do sytuacji, w której projektanci oraz osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo obiektów geotechnicznych i budowlanych mają do dyspozycji szeroki wachlarz dostępnych technik i instrumentów pomiarowych. Umiejętne wykorzystanie monitoringu może okazać się cennym narzędziem w codziennej pracy inżynierów i projektantów, zwłaszcza w tematyce związanej z zarządzaniem ryzykiem, i wzmocnić jakość procesu decyzyjnego. Szacowanie poziomu ryzyka ma istotne znaczenie dla jakości procesów zarządzania, pozwala bowiem określać stan ryzyka w momencie jego pomiaru. System monitoringu jest więc zasadniczo systemem zarządzania ryzykiem (Powderham, 2002; Zemke, 2013).

Ocena stanu bezpieczeństwa obiektów kubaturowych, komunikacyjnych czy przesyłowych na terenach objętych procesami osuwiskowymi stanowi ogromne wyzwanie. Jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanym w tym procesie jest inklinometr, czyli standardowe narzędzie do pomiaru wglębnych deformacji podłoża, oceny dynamiki i wielkości przemieszczeń oraz głębokości występowania powierzchni czy stref nieciągłości. Pomiarów inklinometrycznych dokonuje się przy użyciu tzn. zestawu inklinometrycznego składającego się z wbudowanej w podłoże kolumny inklinometrycznej oraz z elementu pomiarowego, tj. sondy pomiarowej lub sond pomiarowych połączonych ze sobą.

Doświadczenia wskazują, że pomiary inklinometryczne (głównie klasyczne) mogą być obciążone błędami – są to głównie błędy przypadkowe i/lub systematyczne (Green, Mikkelsen, 1988; Mikkelsen, 2003; Cornforth, 2005). Błędy systematyczne możemy korygować, stosując odpowiednie procedury

matematyczne. Błędów losowych – niestety nie. Części z tych błędów możemy uniknąć dzięki wykorzystaniu sond modułowych (np. typu SAA) lub łańcuchowych.

Z powyższymi przypadkami spotykamy się w literaturze, ale jest wiele innych błędów, które sami inicjujemy na etapie poprzedzającym sam pomiar, czyli na etapie projektowym i montażowym. Brak profesjonalizmu w tym zakresie rodzi daleko idące błędy przy wykonywaniu analiz i interpretacji otrzymanych wyników.

Na etapie projektowym mogą być to chociażby:

- dobór miejsca instalacji kolumny inklinometrycznej – np. przy krawędzi skarpy lub stoku stanowiącego drogę dojazdową dla ciężkiego sprzętu rolniczego czy leśnego;
- niedokładności odwzorowania przemieszczeń ośrodka przez kolumnę inklinometryczną przez zły dobór mieszanki, której sztywność powinna być uzależniona od rodzaju i właściwości ośrodka budującego podłoże itp.;
- jakość i technologia wykonania otworu wiertniczego;
- niedokładności połączeń kolejnych rur inklinometrycznych;
- brak dociążenia kolumny inklinometrycznej;
- zła jakość uszczelnień na połączeniach rur inklinometrycznych lub ich całkowity brak, co powoduje wnikanie mieszanki do wnętrza kolumny inklinometrycznej;
- brak ciągłości mieszanki zastosowanej do wypełnienia szczeliny pomiędzy ścianami otworu wiertniczego a rurą inklinometryczną lub jej całkowity brak;
- zanieczyszczanie wnętrza kolumny mieszanką cementową lub cementowo-bentonitową poprzez brak kapturka na rurze inklinometrycznej podczas wypełniania szczeliny;
- zabudowa kolumny inklinometrycznej i osłonowej – np. wysokość wyniesienia kolumny inklinometrycznej nad poziom terenu i jej usztywnienie;
- brak kapturków na rurze inklinometrycznej – możliwość zanieczyszczania wnętrza kolumny inklinometrycznej pomiędzy pomiarami;
- dobór zamknięć i zabezpieczeń, itd.

I tu istotną rolę odgrywa nadzór, który w znacznym stopniu odpowiada za jakość realizowanych i odbieranych prac. Znajomość wystąpienia powyższych błędów minimalizuje na późniejszym etapie błędy pomiarowe, a w niektórych przypadkach nadinterpretację wyników.



Wpływ erozji rzecznej na zróżnicowaną aktywność oraz typ przemieszczeń koluwiów w obrębie osuwisk polskich Karpat fliszowych

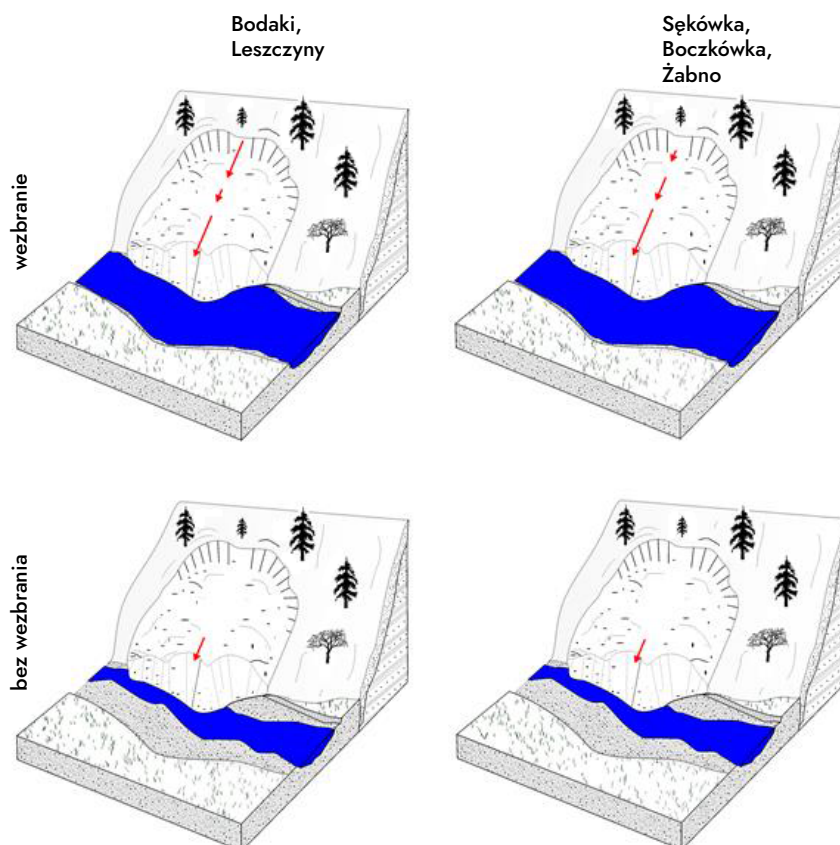
JAROSŁAW CEBULSKI

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA PAN, KRAKÓW

Słowa kluczowe: osuwiska, ruchy potoczne, interakcja osuwisk i rzek, naziemny skaning laserowy, polskie Karpaty fliszowe

W niniejszych badaniach zajęto się problematyką wpływu erozji rzecznej na aktywność oraz typ przemieszczeń koluwiów w obrębie osuwisk na terenie Pogórza Rożnowskiego i Beskidu Niskiego. Głównym celem badań było przedstawienie funkcjonowania osuwisk w kontakcie z korytami rzek oraz wyznaczenie dominujących typów przemieszczeń koluwiów w zależności od sytuacji hydrometeorologicznej. Badania wykonano na 5 osuwiskach, z których 3 były zlokalizowane na obszarze Pogórza Rożnowskiego, natomiast 2 na terenie Beskidu Niskiego. Szczegółowe badania przeprowadzono przy użyciu naziemnego skaningu laserowego w okresie kwiecień 2014–listopad 2017 r. Wykonano wówczas 10 serii pomiarowych, czego efektem było 9 modeli różnicowych (*DEM of Difference – DoDs*), przedstawiających ilościowe i przestrzenne zmiany w obrębie badanych osuwisk. Na ich podstawie stwierdzono, że osuwiska przykorytowe pod wpływem stale zachodzącej erozji fluwialnej

wykazują ciągłą aktywność o zmiennym natężeniu, uwarunkowaną sytuacją hydrometeorologiczną. W czasie wezbrań dochodziło do uaktywnienia koluwiów w obrębie całych powierzchni osuwisk. Rejestracja przestrzennych i ilościowych zmian powierzchni osuwisk pozwoliła wyznaczyć dwa dominujące ruchy koluwiów w czasie wezbrań: (i) ruch delapsywny (osuwisko: Sękówka, Boczkówka, Żabno), (ii) ruch detruzywno-delapsywny (osuwisko: Bodaki, Leszczyny) (ryc. 1). Z kolei w okresach między wezbraniami w obrębie wszystkich badanych osuwisk dochodziło do stałego usuwania materiału z czoł osuwisk. Koluwia w tych okresach uaktywniane były przez ruch delapsywny (ryc. 1). W zależności od sytuacji hydrometeorologicznej różniła się również ilość usuwanych koluwiów przez potoki. W czasie wezbrań materiał wynoszony z osuwisk przez potoki stanowił 60–90% objętości materiału usuniętego w całym okresie badawczym.



Ryc. 1. Modele funkcjonowania osuwisk przykorytowych



Przestrzenny i ilościowy zapis obrywu Turni Kurczaba z dnia 22 października 2021 r. przy użyciu naziemnego skaningu laserowego

JAROSŁAW CEBULSKI¹, ZOFIA RĄCZKOWSKA¹,
BOGDAN GĄDEK², JOANNA KAJDAS²

¹ INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA PAN, KRAKÓW

² UNIwersytet śląski, INSTYTUT NAUK O ZIEMI, SOSNOWIEC

Słowa kluczowe: obryw, ruchy masowe, zmiany klimatu, naziemny skaningu laserowy, Tatry

Obrywy skalne należą do najważniejszych procesów kształtujących współczesną rzeźbę niezlodowaconych gór wysokich w średnich szerokościach geograficznych. W ostatnich dekadach przybywa doniesień o wpływie współczesnego ocieplania się klimatu na wzrost częstości obrywów skalnych, zwykle jednak brakuje dokumentacji tych zdarzeń lub nie są one kompletne. W polskich Tatrach z powodu szkód wywołanych obrywami w ostatnich latach kilkakrotnie zamykano szlaki turystyczne.

Praca przedstawia wyniki kompleksowej rejestracji przy użyciu naziemnego skaningu laserowego obrywu Turni Kurczaba w obrębie wschodniej ściany Szczytu Mięguszowieckiego, który zdarzył się w dniu 22 października 2021 r. i uwarunkowań jego wystąpienia. Obryw ten spowodował uaktywnienie 7200 m³ materiału, z czego znaczna część została zdeponowana w dniu kotła glacialnego Bandziocha Mięguszowieckiego, pozostała część materiału została przetransportowana i zdeponowana w rynn timerozcinającej próg kotła i na obszarze górnej części stożka usypiskowego Szerokiego Piargu nad Morskim Okiem. Stwierdzono, że obryw powstał w wyniku sprzężenia warunków hydrometeorologicznych i geologicznych, a nie degradacji wieloletniej zmarzliny.

Precyzyjne odwzorowania objętości i rozmieszczenia ubytków/depozytów skalnych oraz informacje o geologicznych, morfologicznych i meteorologicznych uwarunkowaniach tego obrywu stanowią unikatowy zbiór danych, który może znaleźć zastosowanie do kalibracji istniejących modeli i poprawy numerycznych symulacji innych obrywów – zarówno na potrzeby oceny zagrożeń i ryzyka, jak i studiów nad ewolucją stoków.

Ponadto dane te kompleksowo dokumentują spektakularny epizod współczesnego rozwoju złożonego systemu stokowego w Tatrach. Obrywy istotnie wpływają na funkcjonowanie systemu stok skalny–stok usypiskowy, gdyż regionalne i lokalne zróżnicowanie morfodynamiki stoków usypiskowych zależy zarówno od geologicznych, morfologicznych i morfometrycznych cech stref alimentacyjnych, jak i od kształtu i rozmiarów stref tranzytowo-depozycyjnych, które z czasem mogą przekształcać się w obszary zasilania niżej położonych stoków. Rejestracja zmian przestrzennych i ilościowych w obrębie stożków nad Morskim Okiem (Zielony Piarg, Szeroki Piarg) w okresie 10 lat (2012–2022) pozwala wnioskować, iż głównym czynnikiem determinującym zmiany w obrębie badanych stożków jest dostępność materiału luźnego, będącego efektem wcześniejszych obrywów.

Osuwiska Masywu Ślęży (Przedgórze Sudeckie)

ADAM K. CHASZCZEWICZ

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA;
acha@pgi.gov.pl

Masyw Ślęży to grupa wzniesień położonych na Przedgórzu Sudeckim, na pograniczu Równiny Wrocławskiej i Świdnickiej, z najwyższymi szczytami – Ślężą (717,5 m n.p.m.) i Radunią (573 m n.p.m.). Północno-zachodnią część obszaru stanowią granitoidy plutonu Strzegom-Sobótka, pozostała część masywu jest zbudowana ze skał sudeckiego kompleksu ofiolitowego. Krystaliczne podłoże na powierzchni odłania się głównie jako zwietrzeliny, a w dolnych częściach wzniesień jest przykryte mioceńskimi i plejstocześnymi osadami. Rzeźba tego obszaru ukształtowała się głównie w plejstocenie na skutek działalności lodolodu oraz procesów wietrzeniowych i akumulacyjnych w strefie peryglacialnej.

Celem prac badawczych było opracowanie autorskiej interpretacji rzeźby osuwiskowej w wybranych częściach Masywu Ślęży. Przeprowadzono je na południowo-zachodnich, południowych i wschodnich stokach Ślęży oraz na północnych stokach Raduni. Polegały one na obserwacjach terenowych oraz analizie numerycznego modelu terenu (NMT). Obszar badań w całości jest umiejscowiony w granicach kompleksu ofiolitowego, na podłożu zbudowanym z metagabr (stoki Ślęży) i serpentynitów (stoki Raduni). Wybrane do analizy zbocza są miejscem występowania specyficznych form morfologicznych, które w przeszłości uznawano m.in. za: jezory kongelifikacyjne (Szczepankiewicz, 1989), spływy gruzowo-błotne (Horwath, 1981) i reliktowe lodowce skalne (Żurawek, 1999). W późniejszym czasie wykazano w przypadku jednej z tych form, że najprawdopodobniej jest ona osuwiskiem (Traczyk, Kasprzak, 2014). Na taką genezę rzeźby stoków omawianego masywu wskazano też w poradniku metodycznym do analizy NMT (Ostaficzuk, 2019).

W wyniku prac badawczych wyznaczono łącznie 15 nieaktywnych osuwisk (14 na stokach Ślęży i 1 na Raduni), charakteryzujących się zróżnicowanymi parametrami morfometrycznymi i przeważnie złożonym charakterem przemieszczeń mas koluwalnych. W większości są to zsuwy mieszane: gruntowo-zwietrzelinowe i skalno-zwietrzelinowe. Powstały prawdopodobnie na skutek zmian klimatycznych w późnym plejstocenie i we wczesnym holocenie. Wskazują na to m.in. datowania C^{14} oraz pozycja stratygraficzna utworów koluwalnych wzglę-

dem pokryw lessowych (Żurawek, 2001). Zanik wieloletniej zmarzliny, opady, migracja wód w podłożu o ograniczonych możliwościach infiltracyjnych oraz obecność w masywie skalnym starszych powierzchni nieciągłości były przypuszczalnie przyczyną uaktywnienia się ruchów masowych.

Ze względu na występowanie znacznej ilości elementów morfologicznych typowych dla osuwisk (np. skarpy, progi akumulacyjne), większość starszych koncepcji dotyczących genezy badanych form należy uznać za wątpliwe. Poglądom o reliktowych lodowcach skalnych przeczy także stosunkowo mała zgodność z kryteriami definicyjnymi (np. Barsch, 1996) – brak elementów rzeźby i budowy wewnętrznej właściwych dla tego typu form. Wyniki prac częściowo korelują się z opisem morfologii i interpretacją wieku omawianych zsuwów, które opisywał Horwath (1981). Potwierdzenie znajdują też wnioski zawarte w pracy Traczyka i Kasprzaka (2014), które wskazywały na osuwiskową genezę badanych form. Mało jest jednak prawdopodobne, aby formy te powstały wcześniej niż pod koniec zlodowacenia północnopolskiego, no co wskazywali ci badacze.

LITERATURA

- BARSCH D., 1996 – Rockglaciers. Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- HORWATH B.J., 1981 – Jezory gruzowe Ślęży na Dolnym Śląsku. *Czasopismo Geograficzne*, 52 (4): 447–453.
- OSTAFICZUK S., 2019 – Atlas i klucz interpretacyjny numerycznych obrazów rzeźby terenu Polski dla potrzeb geologii stosowanej i badań podstawowych. IGSMiE PAN, Kraków.
- SZCZEPANKIEWICZ S., 1989 – Ziemia południowo-zachodniej Polski – morfogeneza i dzieje czwartorzędowe. *Studia Geograficzne*, XLVII: 87–92.
- TRACZYK A., KASPRZAK M., 2014 – Plejstocześna rzeźba stoków masywu Ślęży (Przedgórze Sudeckie) – reinterpretacja na podstawie danych LiDAR oraz pomiarów elektrooporowych (ERT). [W:] *Krajobrazy młodoglacjalne ich morfogeneza, teraźniejszość, przyszłość* (red. P. Molewski, W. Jaśkiewicz). X Zjazd Geomorfologów Polskich. Toruń 16–19 września 2014 r.: 111–112. Streszczenia. Wyd. Nauk. o Ziemi, Uniw. Mikołaja Kopernika w Toruniu, Stow. Geomorfologów Polskich, Toruń.
- ŻURAWEK R., 1999 – Reliktowe lodowce skalne – nowa interpretacja form akumulacji na wschodnich i południowych stokach Ślęży. *Przegląd Geograficzny*, 71 (1/2): 77–94.
- ŻURAWEK R., 2001 – Problem wieku reliktowych lodowców skalnych w Masywie Ślęży w świetle datowań ^{14}C i OSL oraz obserwacji geomorfologicznych. *Przegląd Geologiczny*, 49 (10): 880–884.



Ruchy mas ziemnych na terenach historycznej eksploatacji górniczej. Aspekty prawne i praktyczne

AGNIESZKA CHEĆKO

POWIAT GRODZKI JAWORZNO

SZKOŁA DOKTORSKA W UNIWERSYTECIE ŚLĄSKIM W KATOWICACH

Słowa kluczowe: osuwanie mas ziemnych, szkody górnicze na terenach eksploatacji historycznej, obszary zagrożone występowaniem deformacji nieciągłych

Łatwo dostępne nagromadzenia surowców mineralnych sprzyjały w przeszłości rozwojowi górniczych miast. W efekcie obszary dotknięte długotrwałym wpływem górnictwa stanowią silnie zurbanizowane przestrzenie.

Presja historycznego górnictwa w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym przejawia się w licznych deformacjach ciągłych i nieciągłych związanych z płytkim górnictwem węglowym i cynkowo-ołowiowym. W rejonie Rybnickiego Okręgu Węglowego deformacje nieciągłe częściej mają charakter liniowy, a w rejonie Olkusko-Bolesławskiego Zagłębia Rud Cynkowo-Ołowianych występują zapadliska o wyjątkowo dużych rozmiarach, spowodowane zawałami płytko położonych, rozległych wyrobisk rudnych.

Mimo powszechności zjawisk związanych z grawitacyjnym przemieszczaniem się mas ziemnych, na terenach historycznej działalności górniczej mają one status lokalnego problemu.

Lokalnie też są traktowane jako poważne wyzwanie. Ostatnie lata przyniosły szereg rozwiązań, o charakterze dobrych praktyk, wspierających proces rozpoznania podłoża przez zintegrowanie technik i metod badania warunków geologiczno-inżynierskich pozwalających na podniesienie bezpieczeństwa inwestycyjnego na terenach zagrożonych występowaniem zjawisk związanych z grawitacyjnym przemieszczaniem mas ziemnych.

Niestety, dobre praktyki nie wytrzymują konfrontacji z warunkami rynkowymi. Tereny zagrożone występowaniem deformacji nieciągłych wciąż nie doczekały się systemowego rozwiązania w zakresie ich identyfikacji, szacowania ryzyka inwestycyjnego oraz określania warunków ich przydatności dla realizacji zamierzeń inwestycyjnych, stanowiącego odpowiednik systemu ochrony przeciwosuwiskowej.

Rozproszenie regulacji prawnych i stopień komplikacji procedur administracyjnych wydłużają proces projektowania i realizacji indywidualnych badań podłoża, czego skutkiem jest niechęć inwestorów i tendencja do omijania obowiązków szczegółowego rozpoznania warunków podłoża wynikających z Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych wiążących proces budowlany z rozpoznaniem warunków geologiczno-inżynierskich opartych na przepisach Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze.

W efekcie na terenach historycznej eksploatacji są lokalizowane obiekty nieprzystosowane do skomplikowanych warunków podłoża lub obiekty o przewymiarowanych zabezpieczeniach, co w obu przypadkach naraża inwestorów na dodatkowe koszty.

Wpływ warunków konsolidacji na parametry fizyczne próbek dla osuwiska w Ochojnie

JAKUB CZURCZAK¹, ROBERT KACZMARCZYK¹,
MARTA CZURCZAK²

¹ AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA, KRAKÓW

² SGI STUDIO GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ

Słowa kluczowe: konsolidacja, parametry fizyczne, grunty plastyczne, strefa poślizgu

Podstawowe założenia określające metodykę badań parametrów wytrzymałościowych gruntów są znane od niemal 250 lat (Coulomb, 1773), niemniej jednak uzyskanie miarodajnych i jednoznacznych wartości parametrów do obliczeń geotechnicznych ciągle stanowi trudne zagadnienie. Zasadniczy problem wynika z faktu, że parametry wytrzymałościowe gruntów nie są stałą materiałową, a ich wartości są uzależnione od metodyki przyjętych badań.

W dobie ciągłego rozwoju metod numerycznych i obliczeniowych coraz częściej zapomina się o fakcie, że obliczenia prowadzone nawet na najbardziej zaawansowanych i skomplikowanych programach numerycznych są uzależnione od danych wsadowych. Poprawnie przeprowadzone obliczenia inżynierskie powinny uwzględniać warunki możliwie najlepiej odwzorowujące te rzeczywiste, występujące w podłożu.

W prezentacji podjęto próbę określenia wpływu warunków konsolidacji próbek na wartości parametrów fizycznych gruntów słabonośnych (w plastycznym lub miękkoplastycznym stanie konsystencji). Cechy fizyczne gruntu, takie jak: gęstość objętościowa, porowatość, wilgotność czy stopień plastyczności, mają bezpośredni wpływ na wartości wytrzymałości. Nieodpowiedni dobór warunków konsolidacji próbek w trakcie oznaczenia parametrów wytrzymałościowych może spowodować zmiany wartości parametrów, a w konsekwencji wpłynąć na wyniki dalszych obliczeń inżynierskich. Analizie zostały poddane próbki NNS iłów plastycznych i miękkoplastycznych pobrane na osuwisku w miejscowości Ochojno.

Referat ma na celu wykazanie, że dobór odpowiedniej metodyki badawczej ma kluczowy wpływ na parametry fizyczne i wytrzymałościowe gruntów, służące w dalszych etapach rozpoznania do analiz stateczności.



Dynamika procesu pełzania zwietrzelin na tle warunków stateczności zboczy góry Chełm k. Bochni

PAWEŁ DOBAK¹, ŁUKASZ D. KACZMAREK²,
PIOTR NESCIERUK³

¹ UNIWERSYTET WARSZAWSKI, WYDZIAŁ GEOLOGII, WARSZAWA

² POLITECHNIKA WARSZAWSKA, WYDZIAŁ INSTALACJI BUDOWLANYCH, HYDROTECHNIKI I INŻYNIERII ŚRODOWISKA, WARSZAWA

³ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Słowa kluczowe: badania trójosiowe, pełzanie gruntu, pomiary inklinometryczne, wskaźnik stateczności, powierzchniowe ruchy masowe, reaktywacja procesów osuwiskowych

Powszechne w południowej Polsce zbocza zwietrzelinowo-skalne cechują się szczególną podatnością na powolne, powierzchniowe przemieszczenia materiału gruntowego. Rozwój tych ruchów jest warunkowany zarówno egzogenicznymi, jak i strukturalnymi czynnikami. W przedstawianym podejściu badawczym istotnym narzędziem ilościowej oceny zagrożenia stanu równowagi granicznej są specjalnie dobrane programy trójosiowych badań pełzania spoistych zwietrzelin. Stosowane naprężenia nawiązują do opcjonalnych sytuacji występujących w ośrodku gruntowo-skalnym. W tak przyjmowanych warunkach brzegowych określano zmiany prędkości przemieszczeń oraz współczynniki pełzania charakteryzujące

dynamikę procesu. Analizowano wpływ etapowego obciążania na pełzanie i na zmiany wytrzymałości gruntów. Wyniki badań laboratoryjnych porównywano z obserwacjami inklinometrycznymi, jak również z wariantowymi, modelowymi obliczeniami stateczności. Przeprowadzone badania i analizy umożliwiły określanie kluczowych dla procesu pełzania czynników, takich jak: struktura i stan gruntu, zmiany naprężenia i odkształcenia. Wieloaspektowe ujęcie pozwala na weryfikację ocen dynamiki przemieszczeń i rekomendowanie ilościowych wskaźników sygnalizujących zagrożenie stateczności w obrębie zróżnicowanego materiału zwietrzelinowego w profilach zbocza.



Monitoring inklinometryczny przemieszczeń pionowych i poziomych najwyższych nasypów drogowych w Polsce

DARIUSZ H. FAUSTMANN¹, RAFAŁ SIENKO²,
ŁUKASZ BEDNARSKI³

¹ AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I GOSPODARKI ZASOBAMI, KRAKÓW

² POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ, KRAKÓW

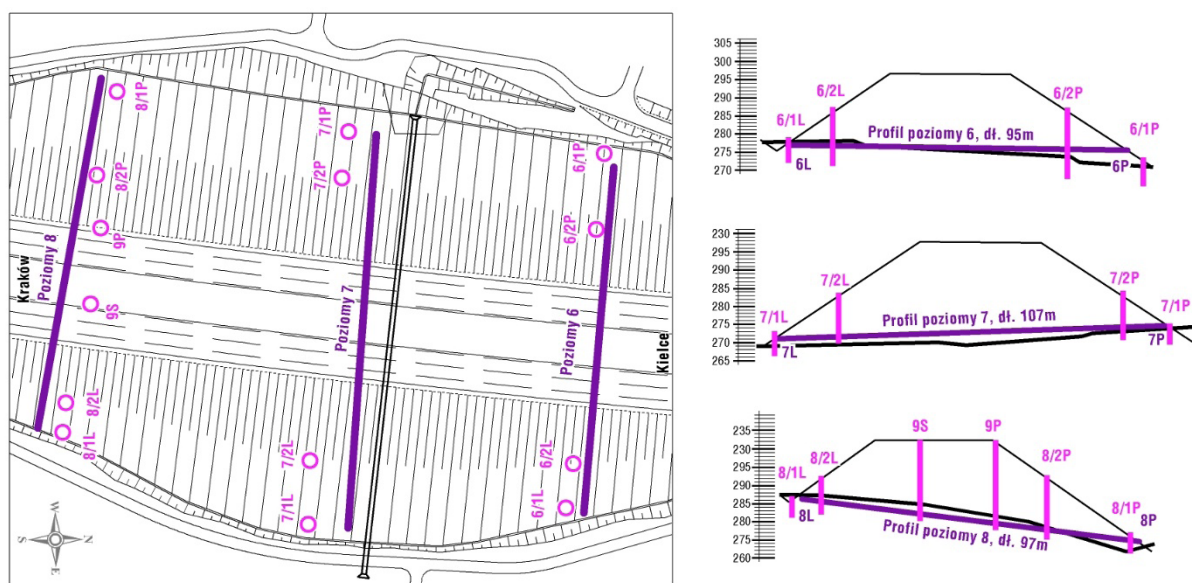
³ AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI, KRAKÓW

W referacie przedstawiono wyniki pomiarów inklinometrycznych przemieszczeń pionowych i poziomych nasypów w ciągu drogi S7 wykonywane w czasie ich formowania, stabilizacji oraz po włączeniu ruchu samochodowego. Zaprezentowano stosowane metody monitoringu inklinometrycznego, założenia projektowe oraz sposób realizacji pomiarów. Prace związane z montażem przewodnic inklinometrycznych, pomiarami i opracowaniem wyników zostały wykonane przez SHM System z Krakowa oraz autorów prezentacji.

W okolicach Słomnik w woj. małopolskim w ciągu drogi ekspresowej S7 w latach 2020–2021 wybudowano 3 najwyższe nasypy drogowe o wysokościach dochodzących do 30 m. Ze względu na niestandardowe wysokości obiektów zdecydowano o zainstalowaniu monitoringu inklinometrycznego przemieszczeń poziomych i pionowych nasypów w wybranych przekrojach. W nasypach oznaczonych numerami I–III, których długość wzdłuż drogi wynosiła odpowiednio 225, 210 i 350 m, zainstalowano po 2 lub 3 przekroje pomiarowe (oznaczone numerami od 1 do 8), które składały się z 4 profili inklinometrycznych pionowych – po dwa z każdej strony

nasypu oraz jednego profilu poziomego, zlokalizowanego u podstawy nasypu. W obiekcie nr III w przekroju nr 8 dodatkowo w trakcie budowy obiektu wykonano 2 pionowe profile zlokalizowane w środkowej części nasypu, które oznaczono numerem 9. Na rycinie 1 zaprezentowano przekroje pomiarowe wraz z lokalizacją profili inklinometrycznych zainstalowanych w najwyższym nasypie nr III.

Tak wykonany system pomiarowy pozwolił na dokładną analizę przemieszczeń poziomych i pionowych w przekrojach wysokich nasypów. W celu uzyskania kompletnej informacji o pracy nasypów niezwykle istotne jest powtarzalne i automatyczne wykonywanie pomiarów, co w warunkach budowy nowej drogi ekspresowej jest zadaniem trudnym i rozłożonym w czasie. Stąd, w trakcie prac związanych z formowaniem nasypów, szczególnie ważne było uzyskanie powtarzalnych wyników, bez względu na warunki atmosferyczne i postęp budowy. Pomiary były wykonywane w sposób zautomatyzowany w sesjach pomiarowych, które rozpoczęto niezwłocznie po zainstalowaniu pierwszych profili inklinometrycznych. Jednocześnie wraz z początkiem formowania nasypów zainstalowa-



Ryc. 1. Przekroje pomiarowe z lokalizacją profili inklinometrycznych w nasypie nr III

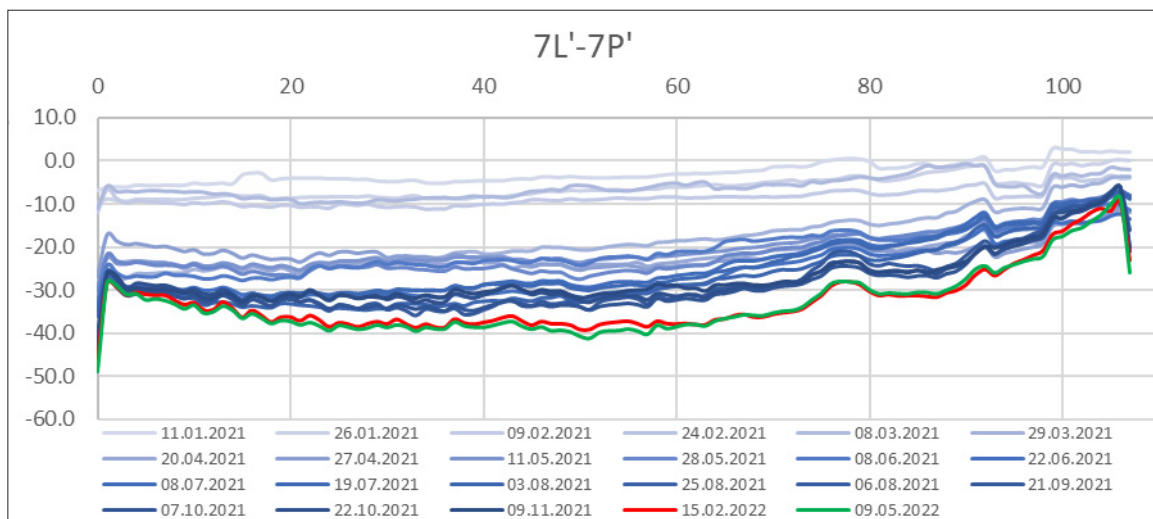
no profile poziome. Profile pionowe były przedłużane zgodnie z postępem sypania i utwardzania nasypów. Pierwsze pomiary wykonano na obiekcie nr I w marcu 2020 r., kolejne – w kwietniu na obiekcie nr III. W maju 2020 r. rozpoczęto monitoring nasypu nr II. Najdłuższe profile inklinometryczne poziome zainstalowano w nasypie nr III. Ich długość podano na rycinie 1, pozostałe długości wynosiły od 67 do 93 m. Najdłuższe profile pionowe oznaczone numerami 9/S i 9/P wykonano w przekroju nr 8 nasypu nr III. Ich długości wynosiły 21 i 24 m.

W celu uzyskania szczegółowej informacji o wielkości przemieszczeń pionowych i poziomych, późniejszej analizy pracy nasypów oraz postępów osiadania i deformacji masywów sesje pomiarowe były wykonywane jednocześnie na wszystkich zainstalowanych profilach – łącznie 42 profile – zarówno poziomych, jak i pionowych z ograniczeniem wynikającym z postępów budowy. W okresie od marca 2020 r. do października 2021 r. (do czasu włączenia ruchu) sesje wykonywano

co 2 tygodnie, w okresie pełnej eksploatacji drogi wykonano 3 sesje pomiarowe w listopadzie 2021 r., lutym i maju 2022 r. łącznie wykonano 39 sesji pomiarowych. Proces formowania nasypów wraz z ułożeniem wszystkich warstw drogowych zakończono w grudniu 2020 r., później prowadzono prace na innych odcinkach drogi. Po zakończeniu pomiarów system prowadnic inklinometrycznych został zabezpieczony, co w przyszłości może pozwolić na wykonanie pomiarów kontrolnych.

Przykładowe wyniki przemieszczeń prowadzone po całkowitym uformowaniu nasypu – od stycznia 2021 r. dla profilu poziomego nr 7 przedstawiono na rycinie 2.

W prezentacji przedstawiono też metody oraz sposoby automatycznego i powtarzalnego wykonywania pomiarów inklinometrycznych stosowane do monitoringu konstrukcji geotechnicznych stosowanych przez SHM System, których przykładem jest monitoring najwyższych nasypów drogowych w Polsce.



Ryc. 2. Wyniki pomiarów przemieszczeń prowadzonych po uformowaniu nasypu dla profilu poziomego nr 7

Funkcjonujące systemy zdalnego monitoringu obiektów budowlanych na obszarach objętych deformacjami podłoża

LUCYNA FLORKOWSKA, JANUSZ KRUCZKOWSKI,
IZABELA BRYT-NITARSKA, AGNIESZKA MAJ

INSTYTUT MECHANIKI GÓROTWORU PAN, KRAKÓW

Obserwacje pomiarowe obiektów objętych oddziaływaniem deformacji podłoża są istotne zarówno w aspekcie naukowego badania powyższych zagadnień, jak również z uwagi na użytkową funkcję bezpośredniego monitorowania stanu konstrukcji. Bieżące śledzenie zmian zachodzących w strukturze obiektu ma znaczenie dla bezpieczeństwa mieszkańców i użytkowników, a w przypadku infrastruktury strategicznej także dla bezpieczeństwa publicznego. Ponieważ podłoża i fundamenty obiektów mają podstawowe znaczenie dla nośności konstrukcji i bezpiecznego przejmowania wszystkich obciążeń ustroju nośnego, oddziaływania wpływające negatywnie na te kluczowe obszary mogą być szczególnie niebezpieczne. Źródłem oddziaływań powodujących deformacje podłoża bywają naturalne procesy geologiczne (np. osuwiska) lub siły antropogeniczne, uruchamiane przez działalność człowieka.

Klasycznymi metodami obserwacji zmian zachodzących w przypowierzchniowych warstwach gruntu są pomiary geodezyjne. Na obszarach górniczych obserwacje geodezyjne deformacji powierzchni terenu (na liniach pomiarowych i punktach rozproszonych) są obowiązkowo prowadzone przez służby miernicze przedsiębiorców górniczych. Dodatkowe repery bywają lokalizowane również na obiektach budowlanych wymagających szczególnego nadzoru. Obecnie do monitoringu terenów osuwiskowych i górniczych są wykorzystywane, oprócz tzw. klasycznych, także nowoczesne

technologie pomiarów satelitarnych (GNSS) oraz metody fotogrametryczne/interferometryczne (naziemny skaning laserowy, skaning lotniczy, interferometria radarowa). Powyższe technologie pomiarowe mogą także znajdować zastosowanie w monitorowaniu deformacji brył budynków. Obserwacje tego typu cechują się jednak okresowością, wynikającą z częstotliwości nalotów lub wykonania sesji pomiarowej. Wyjątek stanowią zautomatyzowane stacje tachymetryczne lub skaningowe, które można zaprogramować na wykonywanie pomiarów quasi-ciągłych.

W Instytucie Mechaniki Górotworu PAN opracowano autorską metodę monitorowania obiektów budowlanych, w której pomiary są wykonywane bezpośrednio na elementach konstrukcyjnych, za pomocą czujników dobranych pod kątem rodzaju zmian (odkształcenia, wychylenia), a pomiar odbywa się w sposób quasi-ciągły. Szczególnym atutem tej koncepcji jest możliwość zintegrowania czujników z wielu obiektów, rozmieszczonych na danym terenie, w jedną, bezprzewodową sieć, pozwalającą na zdalny monitoring dużego obszaru.

W pracy przedstawiono budowę systemu, sposób jego funkcjonowania oraz możliwości pomiarowe wraz z przykładami uzyskanych wyników, w kontekście ich potencjalnego zastosowania do monitorowania obiektów posadowionych na terenach osuwiskowych.

Podatność osuwiskowa w Dolinie Dolnej Wisły

DARIUSZ GRABOWSKI¹, IZABELA LASKOWICZ²,
ANNA MAŁKA³, JACEK RUBINKIEWICZ¹

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, WARSZAWA

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, KRAKÓW

³ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ GEOLOGII MORZA, GDAŃSK

Słowa kluczowe: podatność osuwiskowa, metoda FR/PR, dolina Wisły

Dotychczasowe badania podatności osuwiskowej zarówno w Polsce, jak i na świecie, koncentrują się na obszarach najbardziej narażonych na poważne straty związane z uruchamianiem się osuwisk, czyli obszarach górskich, a tylko lokalnie są wykonywane analizy dla obszarów o charakterze wyżynnym. Natomiast tereny nizinne są niejako „produktem ubocznym” analizy podatności sporządzanej dla całych krajów lub kontynentów. Do analizy podatności w nizinnym odcinku doliny Wisły wykorzystano doświadczenia pochodzące przede wszystkim z badań nad podatnością osuwiskową terenów górskich i wyżynnych.

Obszar objęty badaniami jest położony w Dolinie Dolnej Wisły i Kotlinie Toruńskiej między Bydgoszczą a Grudziądem, w zasięgu stadiału górnego (głównego) zlodowacenia Wisły. Pod względem geomorfologicznym obszar badań obejmuje fragment wysoczyzny polodowcowej rozciągniętej do głębokości 50–60 m doliną rzeczną. Ten odcinek doliny Wisły, złożony z rozszerzeń (małe kotliny) i wężów (krótkie przełomy), ma generalną rozciągłość SW–NE, długość ok. 76,5 km i szerokość 5–20 km. W granicach obszaru badań na zboczach doliny (o łącznej długości ok. 185 km i szerokości 100–450 m, średniej wysokości 55–65 m oraz dominującym nachyleniu 25–35°) koncentruje się zdecydowana większość (>98%) form osuwiskowych. Na badanym obszarze obserwuje się zwiększoną koncentrację osuwisk w 8 odcinkach zboczy doliny Wisły (5 w części lewobrzeżnej – NW oraz 3 w części prawobrzeżnej – SE). W tych miejscach osuwiska tworzą niejednokrotnie zwarte kompleksy pokrywające 70–80% powierzchni zboczy – łącznie w latach 2010–2020 zinventaryzowano ok. 350 osuwisk. Występujące tu osuwiska rozwijają się na zboczach doliny Wisły zbudowanych z różnych litologicznie utworów czwartorzędowych, wśród których dominują gliny zwałowe, piaski fluwioglacjalne oraz iły i mułki limnoglacialne.

Indeks podatności osuwiskowej został obliczony na podstawie metody *Relative Frequency* i *Predictor Rate* (RF/PR), stanowiącej rozszerzenie metody *Frequency Ratio* (FR). Metoda RF/PR jest oparta na modelu probabilistycznym, bazującym na częstości występowania osuwisk w poszczególnych klasach określonych czynników oraz na współczynniku ważności poszczególnych czynników. Punktem wyjścia w tej metodzie jest obliczenie ilorazu prawdopodobieństwa (FR). Do modelowania podatności wykorzystano 22 czynniki sprawcze: kąta nachylenia, ekspozycja stoku, krzywizna ogólna, krzywizna planarna, krzywizna wertykalna, elewacja, akumulacja przepływu,

indeks pozycji topograficznej, indeks wilgotności, indeks mocy strumienia, indeks długości stoku, indeks szorstkości, indeks nachylenia i wysokości, wysokość znormalizowana, tekstura, ukształtowanie terenu, wskaźnik wegetacji, dystans do koryta Wisły, litologia powierzchniowa, gęstość rozcięć erozyjnych, litologia warstw w profilach pionowych zboczy oraz głębokość występowania pierwszego poziomu wodonośnego. Atrybuty topograficzne (16 pierwszych czynników) zostały obliczone bezpośrednio z wysokiej rozdzielczości NMT otrzymanego za pomocą lotniczego skanowania laserowego. Dane do modelowania podatności osuwiskowej przygotowano w formie mapy rastrowej (rozdzielczość 10 × 10 m), dzieląc zbiór wszystkich osuwisk losowo na: treningowy (70% – 242 osuwiska) i testowy (30% – 105 osuwisk). W każdym zbiorze zastosowano dwa warianty odwzorowania osuwisk – całe obszary (model A) oraz strefy oderwania (model S). Dla każdego z tych wariantów przetestowano po 3 kombinacje czynników sprawczych:

- 7 (wariant powszechnie stosowany do obliczenia map podatności);
- 10 (wariant pierwszy uzupełniony o 3 nowe czynniki);
- 22 (wariant rozszerzony o 12 czynników topograficznych).

Ocenę jakości przeprowadzono za pomocą krzywych SRCs i PRCs oraz poprzez obliczenie pola powierzchni pod wykresami AUC (dla każdej z 12 map podatności). Wykresy SRCs i PRCs wskazują na dużą zgodność modelu z mapą inwentaryzacyjną osuwisk. Wizualizację map podatności przedstawiono dwoma metodami – równych powierzchni i naturalnych przerw, w obydwu przypadkach z podziałem na 5 klas podatności osuwiskowej. Łącznie uzyskano po 6 map podatności osuwiskowej dla każdej z 2 metod wizualizacji: A7, S7, A10, S10, A22 i S22.

Dla określenia podatności osuwiskowej na obszarach nizinnych czynnikami sprawczymi o największym znaczeniu są: uwarunkowania topograficzno-geomorfologiczne oraz budowa geologiczna. Opracowane mapy podatności osuwiskowej wykazują znaczne różnice, które wynikają z przyjętego wariantu odwzorowania (całe osuwiska lub strefy oderwania), liczby czynników sprawczych użytych w analizie (7, 10, 22) oraz metody wizualizacji wyników (metoda równych klas lub metoda naturalnych przerw). W przypadku doliny Wisły metodą wizualizacji najwierniej oddającą faktyczne rozprzestrzenienie osuwisk (potwierdzone kartograficznymi pracami terenowymi) okazała się metoda naturalnych przerw.



Impact of confined groundwater on the stability of slopes of decomposed igneous rocks in the context of urbanization activities

JIMMY JIAO

UNIVERSITY OF HONG KONG, DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES

In Hong Kong, the bedrock of slopes is dominated by weathered granite and volcanic rocks. A relatively high hydraulic conductivity zone may exist around the rockhead due to extensive fracture network. The overlying completely decomposed igneous rocks, if significantly kaolinized, may have low permeability and behave as a confining zone for the high hydraulic conductivity zone. The groundwater flow regime in such a permeable zone may be confined, resulting in a high rise in water pressure in response to rainfall, leading to a significant reduction in slope stability. However, the impact of the confined groundwater on slope stability was not well addressed in literature. Hong Kong has experienced extensive

urbanizations and due to limited land availability, steep slopes have to be used for construction. Some slopes failed at the time when there were construction activities nearby. These activities involved land reclamation and deep foundation which may modify the groundwater regimes and thus have adverse effects on slope stability. However the impact of these human activities was often ignored in the site investigation for slope stability purposes. This presentation will present a few case studies to elaborate how the confined groundwater impacts the stability of slopes in weathered igneous rocks, especially when there are construction activities nearby which may significantly elevate the groundwater level.



Monitorowanie deformacji powierzchni terenu w obszarach górniczych filarów ochronnych z wykorzystaniem bezzałogowych systemów latających

GRZEGORZ JÓŻKÓW, AGATA WALICKA

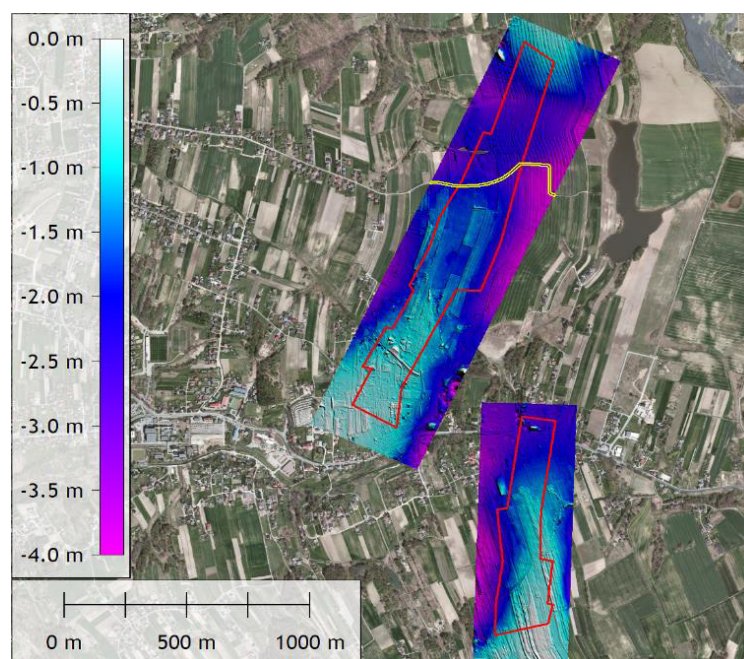
UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Geodezji i Geoinformatyki;
grzegorz.jozkow@upwr.edu.pl, agata.walicka@upwr.edu.pl

Słowa kluczowe: deformacje, monitoring, BSL, fotogrametria, skaning laserowy

Tradycyjnymi metodami służącymi do monitorowania deformacji powierzchni terenu są pomiary geodezyjne wykonywane bezpośrednio w terenie. Pomiary te, mimo że często bardzo dokładne (np. niwelacja precyzyjna), są metodami punktowymi, pozwalającymi określić zmiany terenu tylko w niewielu wybranych punktach. Deformacje powierzchni terenu można monitorować powierzchniowo przy użyciu satelitarnej interferometrii radarowej, która mimo wielu zalet ma również swoje ograniczenie, takie jak względnie niska rozdzielczość. Problem rozdzielczości wydaje się mieć marginalne znaczenie w przypadku zastosowania lotniczego skaningu laserowego. Oczywiście metoda ta jest mniej dokładna niż pomiary bezpośrednie czy techniki interferometryczne, ale jej największym ograniczeniem są bardzo duże koszty pozyskania danych, co powoduje, że w praktyce jest bardzo rzadko stosowana. W pewnym zakresie alternatywą do skaningu lotniczego może być pozyskanie danych z niskiego pułapu za pomocą bezzałogowych systemów latających (BSL). W tym zakresie BSL wykorzystują zarówno skanery laserowe,

jak i techniki fotogrametryczne. Ze względu na ograniczenia technologiczne, związane głównie z masą ładunku oraz długością lotu, BSL wykorzystują zazwyczaj sensory (skanery, kamery) niższej klasy niż profesjonalne urządzenia montowane na platformach załogowych, co skutkuje gorszą jakością i dokładnością pozyskanych danych. Ponadto obszary, które mogą być monitorowane z wykorzystaniem BSL są zdecydowanie mniejsze, jednak wystarczające w przypadku monitorowania górniczych filarów ochronnych.

Niniejsza praca przedstawia zastosowanie danych skaningu laserowego oraz fotogrametrii BSL w celu wyznaczenia deformacji pionowych powierzchni terenu w obszarze dwóch górniczych filarów ochronnych zlokalizowanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. W obszarze filarów w 2021 r. pozyskano dwukrotnie dane skaningu BSL wykorzystując skaner Livox Horizon oraz zdjęcia pozyskane kamerą Sony DSC-RX1RM2. Dodatkowo w każdym okresie pozyskano fotopunkty techniką GNSS-RTN. Dane skaningu opracowano zgodnie z przyjętymi



Ryc. 1. Różnicowy NMT w obszarze górniczych filarów ochronnych uzyskany z danych skaningu pozyskanych w 2011 i 2021 r.

standardami, w tym ze wzajemnym wyrównaniem skanów, którego dokładność wynosiła 6,1–7,7 cm w zależności od bloku. W przypadku danych fotogrametrycznych dokładność wysokościowa wyrównania bloku zdjęć na podstawie fotopunktów wynosiła 2,7–4,0 cm w zależności od bloku. Chmury punktów uzyskane ze skaningu oraz opracowania fotogrametrycznego po filtracji (odrzućenie punktów nieterenowych) posłużyły do utworzenia numerycznego modelu terenu (NMT) o rozdzielczości 0,5 m. NMT o tej samej rozdzielczości utworzono również z archiwalnych danych lotniczego skaningu laserowego, które wykorzystano do określenia wielkości osiadań filarów ochronnych w ciągu ostatnich 10 lat (ryc. 1). W wyniku różnicowania NMT uzyskano zmiany wysokości terenu, z których można wyznaczyć wartości deformacji. Należy zaznaczyć, że nie wszystkie zmiany wysokości terenu są związane z deformacjami. Ważnym czynnikiem jest tu roślinność, której wpływu nie da się uniknąć w technikach fotogrametrycznych, a nawet skaningu laserowym, w szczególności jeśli są zastosowane

niskokosztowe skanery przeznaczone BSL. W związku z powyższym najbardziej wiarygodne wartości deformacji zostały wyznaczone na powierzchniach utwardzonych, takich jak drogi asfaltowe.

Przedstawiona w tej pracy metoda pozwoliła na określenie przemieszczeń pionowych z dokładnością ok. 5 cm oraz z dużą rozdzielczością przestrzenną, niemożliwą do uzyskania innymi technikami pomiarowymi. Metoda ta może być zastosowana do monitorowania deformacji pionowych mających inne źródło niż eksploatacja górnicza, w szczególności do obszarów zainwestowanych, które mają powierzchnie utwardzone (np. infrastrukturę drogową), gdzie skutki deformacji będą powodować największe straty materialne.

Praca została wykonana w ramach projektu EPOS – System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+), współfinansowanego przez Unię Europejską.

Osuwiska od Tatr po brzeg Bałtyku

SEBASTIAN JURCZAK¹, JAROSŁAW KOS², ANTONI WÓJCIK²,
JUSTYNA CYRULIK¹

¹ GEOCORE SP. Z O.O., KRAKÓW

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Na terenie Polski występuje znaczna liczba osuwisk. Są tereny, gdzie zagrożenie osuwiskowe jest duże, czego przykładem mogą być Karpaty, strome zbocza czy brzeg morski. Osuwiska mogą rozwijać się na różnych typach skał i gruntów oraz w różnych warunkach terenowych. W wielu miejscach są to bardzo spektakularne wystąpienia, które nie były wcześniej rozpoznane lub ich wystąpienia są pewnego rodzaju ewenementem.

Do takich osuwisk należy osuwisko skalne rozwinięte na północnych stokach Kasprowego Wierchu (Wójcik i in., 2013), gdzie w podłożu występują utwory tzw. wyspy krystalicznej Goryczkowej (Piotrowska i in., 2009). Są to granity, gnejsy, amfibolity i łupki krystaliczne. Osuwisko rozwinęło się na północ od Kasprowego Wierchu i rozpoczyna się na wysokości 1895 m n.p.m. Skarpa główna ma wysokość do 3,5 m, osuwisko schodzi do dna doliny Goryczkowej, gdzie koluwia nasuwają się na moreny na wysokości 1235 m n.p.m. Powierzchnia osuwiska jest szacowana na 33,45 ha. W związku z rozbudową wyciągu narciarskiego wykonano wiercenia do głębokości 60 m. Miąższość koluwiów w dolnej części wynosi blisko 30 m, a poniżej znajduje się morena.

Na przeciwległym krańcu Polski, na brzegu Bałtyku występuje szereg większych i mniejszych osuwisk. Osuwiska rozwinęły się w obrębie klifu morskiego w rejonie Jastrzębiej Góry i Rozewia. Osuwisko w Rozewiu należy do osuwisk gruntowych,

dużych (długości ok. 150 m i szerokości ok. 500 m). Granicę południową stanowi skarpa główna wysokości 6–12 m, a czoło osuwiska jest niewidoczne, gdyż znajduje się poniżej poziomu morza i zostało zerodowane. Ponadto w obrębie osuwiska stwierdzono spiętrzenia mas ziemnych i zagłębienia wewnątrzsuwiskowe. W obrębie osuwiska występują liczne skarpy wtórne, które kiedyś stanowiły skarpy główne. W podłożu występują plejstoceny i utworów lodowcowe i wodnolodowcowe. Celem zabezpieczenia budowli inżynierskich zostały wykonane wiercenia pełnordzeniowe, w obrębie których stwierdzono głęboko przebiegające powierzchnie poślizgu. Miąższość koluwiów wynosi 12–30 m, a powierzchnie poślizgu schodzą poniżej współczesnego poziomu morza. Jest to inne podejście od dotychczas przyjmowanych w opracowaniach geotechnicznych związanych z zabezpieczeniem klifu. Dotyczy to zarówno miąższości koluwiów, jak i przebiegu powierzchni poślizgu. Czoła osuwisk widoczne w morzu czasami można obserwować na wysokorozdzielczych zdjęciach satelitarnych.

Problematyka osuwisk jest zbliżona, zarówno w tych rozwijających się w skałach litych, jak i w gruntach, co ma związek z procesami grawitacji. Miąższość koluwiów w obu przypadkach jest podobna, mimo odmiennych warunków geologicznych i terenowych. Dlatego rozpatrywanie tych zagadnień przy zróżnicowaniu parametrów i warunków w jakich ma miejsce rozwój osuwisk jest zbliżone.



Podatność osuwiskowa Krakowa

SYLWESTER KAMIENIARZ

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; skam@pgi.gov.pl

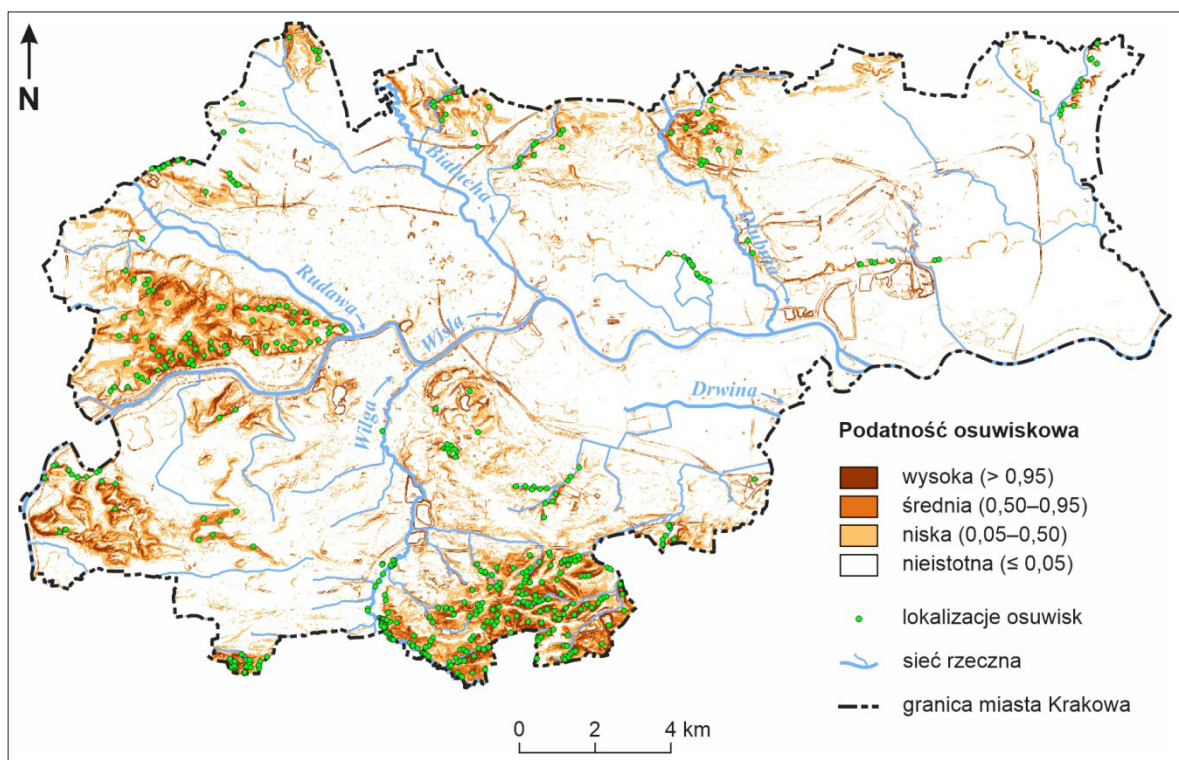
Z uwagi na zróżnicowanie osuwisk na terenie Krakowa, do wyznaczenia podatności osuwiskowej (*landslide susceptibility* – LS) użyto sztucznych sieci neuronowych. Zastosowano wielowarstwowy perceptron dostępny w module *r. landslides* (Bragnolo i in., 2019), który wykorzystuje 3 warstwy neuronów: wejściową, ukrytą i wyjściową. Uczenie sieci przeprowadzono na podstawie 8 warstw tematycznych (spadki terenu, ekspozycja zboczy, wysokość bezwzględna, wysokość względna, indeks zbieżności, utwory powierzchniowe, utwory podłoża podczwartorzędowego, odległość od nieciągłości tektonicznych). Do modelowania wykorzystano 434 punkty reprezentujące osuwiska oraz taką samą liczbę punktów z lokalizacjami bez osuwisk. Z utworzonego zbioru punktów 70% przeznaczono do fazy treningu, a po 15% do fazy walidacji i testu. W celu oceny wydajności sieci, na podstawie wyników fazy testu, wykonano macierz błędów. Spośród 131 punktów uzyskano 126 poprawnych klasyfikacji. Przeprowadzono również analizę wrażliwości (*sensitivity analysis*) warstw tematycznych wykorzystanych do modelowania.

Około 22% powierzchni miasta stanowią tereny podatne na osuwanie ($LS > 0,05$). Pokrywają się z rejonami występowania osuwisk oraz obejmują obszary, w których one dotychczas

nie wystąpiły (ryc. 1). Najwięcej terenów podatnych na osuwanie znajduje się w dzielnicach X (54% powierzchni dzielnicy) i VII (47%). Tam też występuje najwięcej obszarów o wysokiej podatności ($LS > 0,95$). Przeprowadzona analiza wrażliwości wykazała, że spośród warstw tematycznych wykorzystanych do modelowania największy wpływ na podatność osuwiskową mają spadki terenu, indeks zbieżności, odległość od nieciągłości tektonicznych oraz litologia podłoża podczwartorzędowego. W pierwszym przypadku zaobserwowano wyraźny wzrost podatności w przedziale nachyleń 3–13°. Najbardziej podatne są zbocza wklęsłe i proste. Wraz z oddalaniem się od uskoków i nasunięć podatność osuwiskowa maleje. Z kolei pod względem litologicznym najbardziej predysponowane do występowania ruchów masowych są zaburzone tektonicznie utwory ilasto-piaszczyste miocenu allochtonicznego, pstry margle węglowiekowe i łupki pstry oraz warstwy gezwone i łupki cieszyńskie górne.

LITERATURA

BRAGNOLO L., da SILVA R.V., GRZYBOWSKI J.M.V., 2019 – Landslide susceptibility mapping with *r. landslides*: A free open-source GIS-integrated tool based on Artificial Neural Networks. *Environmental Modelling & Software*, 123.



Ryc. 1. Podatność osuwiskowa Krakowa



Monitoring geodynamiczny w Polsce na podstawie zapisów sieci PSG_Sejs_NET

KAMILA KARKOWSKA, TOMASZ CZERWIŃSKI,
MIROŚLAW MUSIATEWICZ, PRZEMYSŁAW KOWALSKI

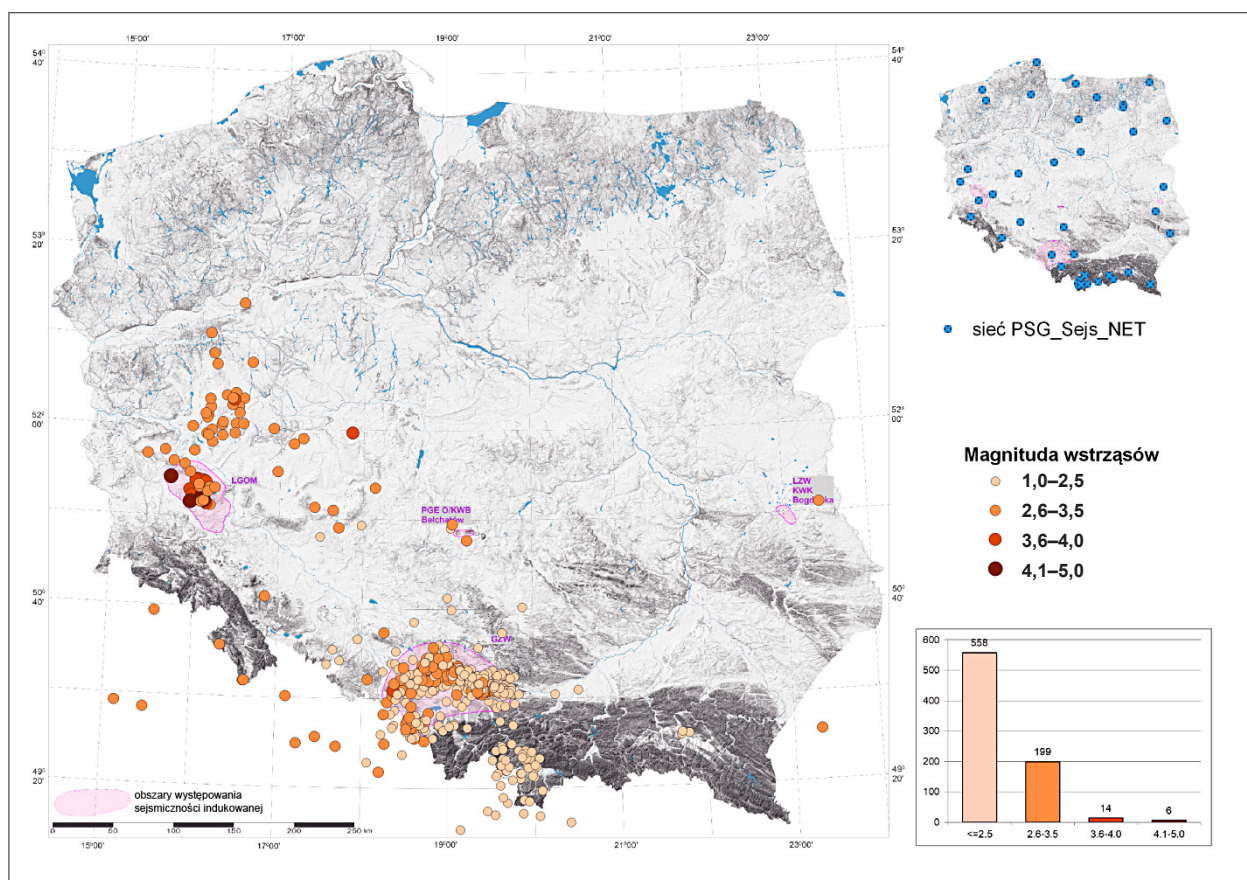
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA

Słowa kluczowe: trzęsienia ziemi, monitoring geodynamiczny Polski, PSG_Sejs_NET

Sieć monitoringu geodynamicznego PSG_Sejs_NET działa od 2016 r. Składają się na nią: dwie stałe stacje monitoringu wyposażone w szerokopasmową stację sejsmiczną, grawimetr pływowy (na jednej ze stacji monitoringu), magnetometr protonowy, urządzenia GNSS i stacja meteo, a także mobilne stacje monitoringu wyposażone w krótkookresową stację sejsmiczną. Od czasu założenia sieć monitoringu geodynamicznego uległa znacznemu rozbudowaniu oraz optymalizacji. W ostatnich latach szczególnie nacisk położony był na zwiększenie liczby stacji mobilnych – w sierpniu 2022 r. sieć obejmowała ponad 40 mobilnych krótkookresowych stacji sejsmicznych. Rozmieszczenie stacji na obszarze całego kraju pozwala na bieżące monitorowanie przez sieć PSG_Sejs_NET aktywności sejsmicznej na obszarze Polski i w strefach przygranicznych.

W ramach referatu zostanie podsumowany rozwój sieci w latach 2016–2022, zostaną zaprezentowane plany na przyszłość, a także zostanie przedstawiona aktywność sejsmiczna Polski w ostatnich latach (2021–2022) – ryc. 1.

W sieci PSG_Sejs_NET działają dwie stałe stacje szerokopasmowe zlokalizowane na stacjach monitoringu geodynamicznego w Dziwiu (woj. wielkopolskie) i Hołownie (woj. lubelskie). Stacje szerokopasmowe (STS-2.5) oprócz lokalnych zjawisk pozwalają również rejestrować silne zjawiska sejsmiczne z całego świata. Najbardziej spektakularne krajowe, a także światowe, zjawiska sejsmiczne są opisywane w raportach okolicznościowych. Zostaną zaprezentowane fragmenty raportów dotyczące wybranych zjawisk sejsmicznych z obszaru Polski i świata.



Ryc. 1. Lokalizacja wstrząsów sejsmicznych w okresie 01.01.2021–31.08.2022

Monitoring osuwisk metodą fotogrametryczną z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego

KRZYSZTOF KARWACKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA

Słowa kluczowe: monitoring osuwisk, fotogrametria, UAV

Monitoring instrumentalny osuwisk wykonuje się na osuwiskach stanowiących zagrożenie dla infrastruktury. W celu określenia dynamiki przemieszczeń mas skalnych lub ziemnych stosuje się dwa rodzaje pomiarów. Pomiary wgłębne wykonuje się za pomocą sond inklinometrycznych, które umożliwiają wykrycie przemieszczeń z dokładnością milimetrową, a tym samym zlokalizowanie aktywnych powierzchni poślizgu. Pomiary powierzchniowe są wykonywane wieloma metodami. Do najpopularniejszych należą cykliczne pomiary punktów zainstalowanych na powierzchni osuwiska metodą GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) lub metodą biegunową (pomiary sytuacyjno-wysokościowe). Przemieszczenia widoczne na powierzchni terenu są rejestrowane także z pułapu satelitarnego. Na detekcję deformacji wywołanych aktywnością osuwiska z dokładnością milimetrową pozwala satelitarna interferometria radarowa. Inną bardzo skuteczną metodą powierzchniową jest skaning laserowy. Jest to rodzaj pomiaru dostarczający gęstą chmurę punktów, na podstawie której jest generowany Numeryczny Model Terenu (NMT). Dużą zaletą tej metody jest uzyskanie informacji wysokościowej o powierzchni terenu, nawet pomimo występowania roślinności. Alternatywą do skanowania laserowego, w przypadku osuwisk pozbawionych roślinności, jest metoda foto-

grametryczna. Fotogrametria jest techniką pozwalającą na wykonywanie pomiaru kształtu, położenia, rozmiarów obiektów zarejestrowanych na zdjęciach optycznych. Do pomiarów fotogrametrycznych osuwisk wykorzystuje się bezzałogowe statki powietrzne (BSP) wyposażone w kamery optyczne. Ze względu na stosunkowo niewielkie powierzchnie osuwisk, pomiar często jest wykonywany w trakcie jednej misji lotniczej. Za pomocą BSP są pozyskiwane zdjęcia z rozdzielczością kilku centymetrów, które są przetwarzane w aplikacjach fotogrametrycznych pozwalających opracowywać zdjęcia z kamer niemetrycznych. Analizy porównawcze wysokorozdzielczych ortomozaik i wysokorozdzielczych NMT wykonanych w różnym czasie pozwalają uzyskać informację na temat przemieszczeń zachodzących na aktywnych osuwiskach. Pomiary fotogrametryczne zostały wdrożone jako jedna z metod monitoringu powierzchni osuwisk prowadzonego w ramach projektu SOPO. W 2021 r. pomiary przy użyciu BSP wykonano na 13 osuwiskach: Cieszyn, Grybów, Jasło, Kasinka Mała, Lachowice, Lanckorona, Morsko, Rychwałd, Słotowa, Huciska, Zapadle, Witanowice, Witów. Dane z BSP porównano do NMT pozyskanego niemal dekadę temu w ramach projektu ISOK. W wyniku analiz otrzymano modele różnicowe pokazujące strefy wzmożonej aktywności osuwisk.



Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie osuwisk w aspekcie głębokości występowania powierzchni poślizgu

JAROSŁAW KOS, ANTONI WÓJCIK

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; jkos@pgi.gov.pl, awoj@pgi.gov.pl

Podczas prowadzenia badań geologiczno-inżynierskich najczęstszym stwierdzeniem jest informacja, że osuwisko jest płytkie i nie powinno stanowić zagrożenia dla projektowanych obiektów. W przypadku osuwisk dużych, strukturalnych takie podejście może doprowadzić, przy błędnym określeniu najgłębszej powierzchni poślizgu, do katastrofy budowlanej w wyniku niewłaściwego wykonania konstrukcji zabezpieczającej.

W artykule przedstawiono konkretne lokalizacje osuwisk ze stwierdzanymi przemieszczeniami wgłębnymi w kolumnach inklinometrycznych na przykładowych osuwiskach monitorowanych w ramach projektu SOPO w miejscowościach

Tarnawa Górna, Słotowa, Międzybrodzie Bialskie-Łazki. Udokumentowane powierzchnie poślizgu są stwierdzane na głębokościach rzędu 19–42 m. Tak głębokie przemieszczenia wskazują, że w przypadku dużych osuwisk koluwia osuwiskowe osiągają znaczne miąższości i takie dane powinny być przedstawiane w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich.

Postuluje się modyfikację rozporządzenia w sprawie wykonywania dokumentacji geologiczno-inżynierskich o dodanie punktu dotyczącego dokumentowania osuwisk. W przypadku występowania takiego obszaru należy spełnić wymogi specjalne podczas prowadzenia badań geologicznych.



Geologiczne uwarunkowania rozwoju form osuwiskowych w Sudetach: przykład osuwisk w środkowej części Obniżenia Noworudzkiego

ALEKSANDER KOWALSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI, WROCLAW

Słowa kluczowe: ruchy masowe, strukturalne uwarunkowania rozwoju osuwisk, osuwiska w skałach osadowych, analiza strukturalna, LiDAR, synklinorium śródsudeckie

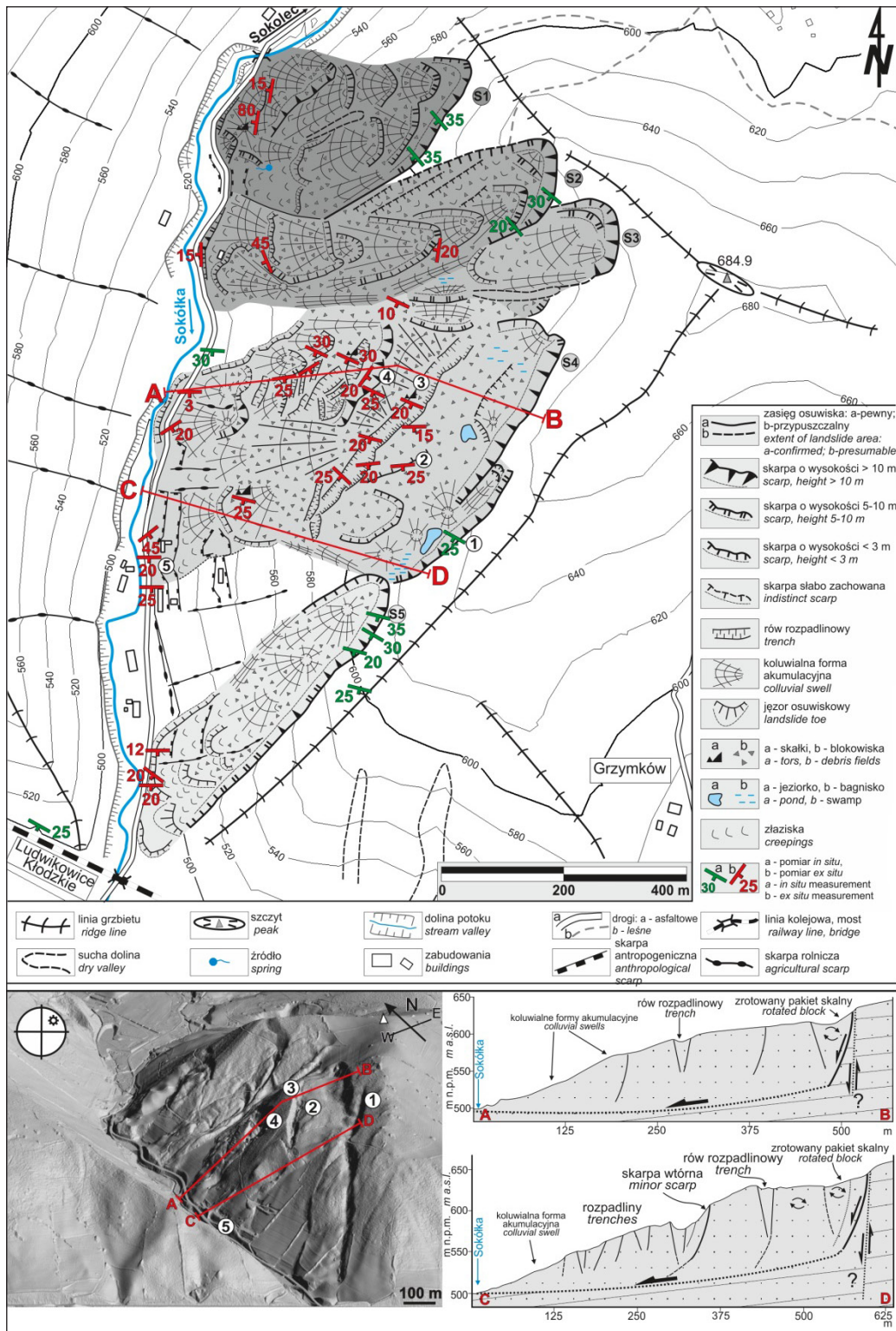
Autor przedstawia wyniki kartograficznych badań terenowych połączonych z geomorfometrycznymi analizami NMT LiDAR, przeprowadzonych na obszarze Obniżenia Noworudzkiego (Sudety Środkowe), w obrębie zboczy przetłomowej doliny rzeki Włodzicy i jej dopływów, w okolicach miejscowości Ludwikowice Kłodzkie (Kowalski, 2021). Dzięki przeprowadzonym pracom wyznaczono zasięgi nieznanych dotąd osuwisk i ich parametry morfometryczne, a także wyciągnięto wnioski o genezie i typach przemieszczeń grawitacyjnych w obrębie zinwentaryzowanych form. Stwierdzono występowanie dziewięciu osuwisk, w tym jednego z większych rozpoznanych jak dotąd kompleksów osuwiskowych w Sudetach (kompleks osuwisk w dolinie potoku Sokółka o łącznej powierzchni 49,7 ha; ryc. 1). Zbadane formy obejmują (i) skalne osuwiska rotacyjne (Sokółka 1–3 i 5); (ii) osuwiska translacyjne (Miłków 1–3); (iii) głębokie, złożone osuwiska (typu *compound*, Sokółka 4), a także (iv) głęboko zakorzenione formy typu przechyłu (*topple*) (Sławosz). Szczególną uwagę zwrócono na sposób transformacji poszczególnych elementów strukturalnych masywu skalnego (powierzchnie uławicenia, spękań i uskoku) przez ruchy masowe.

Współwystępowanie różnych typów ruchów masowych na obszarze o niewielkiej powierzchni jest wynikiem budowy geologicznej (struktura monoklinalna zbudowana z odmiennych typów litologicznych skał osadowych), kruchej tektoniki uskoku, a także wyjątkowo urozmaiconej rzeźby. Jak wykazały badania prowadzone przez autora, właściwe, szczegółowe rozpoznanie fragmentów stoków objętych ruchami masowymi ma duży wpływ na interpretację budowy geologicznej wybranych obszarów górskich. Potwierdza to pilną potrzebę rewizji istniejących szczegółowych map geologicznych obszaru sudeckiego (por. Cymerman, 2016), m.in. pod kątem występowania ruchów masowych, z uwzględnieniem nowych obserwacji geologicznych i analiz wysokorozdzielczych danych wysokościowych LiDAR.

LITERATURA

CYMERMAN Z., 2016 – O konieczności wykonania drugiej edycji „Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów” w skali 1:25 000 – analiza dotychczasowego stanu i założenia kompleksowej realizacji. *Przegląd Geologiczny*, 64 (9): 604–610.
KOWALSKI A., 2021 – Geneza i geologiczne uwarunkowania rozwoju form osuwiskowych w środkowej części Obniżenia Noworudzkiego w Sudetach. *Przegląd Geologiczny*, 65 (10): 629–641.





Ryc. 1. Rzeźba kompleksu osuwisk na zboczach doliny Sokółki (wg Kowalskiego, 2021)

W jaki sposób struktura podłoża warunkuje rozwój osuwiska translacyjnego? Przykład osuwiska we Włodowicach w Obniżeniu Noworudzkim (Sudety Środkowe)

ALEKSANDER KOWALSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI, WROCŁAW

Słowa kluczowe: ruchy masowe, osuwisko translacyjne, zsuw translacyjny, strukturalne uwarunkowania rozwoju osuwisk, analiza strukturalna, LiDAR, synklinorium śródsudeckie

Analiza strukturalna, jako jedna z metod badawczych stosowanych w obrębie szeroko pojętej tektoniki, odgrywa szczególną rolę w badaniach osuwisk, w tym przede wszystkim w określaniu stopnia wpływu budowy geologicznej i anizotropii ośrodka skalnego na rozwój ruchów masowych. Badania przebiegu i orientacji nieciągłych struktur tektonicznych (uławicenia lub foliacji, a także spękań i uskoków), w różnych typach genetycznych skał odstawiających się zarówno w obrębie skał podłoża osuwisk (*in situ*), jak również w pozycji przemieszczonej (*ex situ*), pozwalają na określenie typów ruchów grawitacyjnych i stopnia transformacji poszczególnych elementów struktury podłoża przez ruchy masowe. W szerszym ujęciu wymienione metody badań pozwalają zatem na określenie pośrednich przyczyn i przebiegu procesu osuwiskowych.

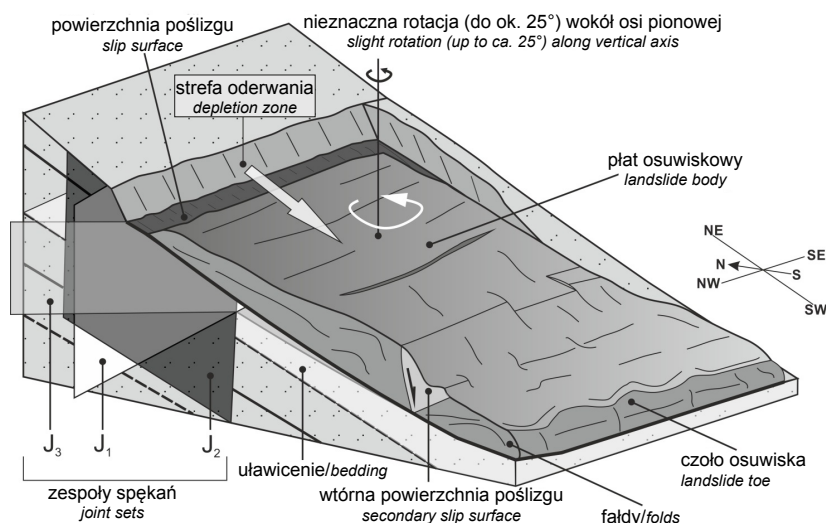
Autor przedstawia wyniki szczegółowych badań nieznanego dotąd osuwiska o powierzchni 12,44 ha, położonego w okolicy miejscowości Włodowice, na obszarze Obniżenia Noworudzkiego (Sudety Środkowe). Analizy położenia płaszczyzn strukturalnych w odstępniach *in situ* i w obrębie kolumium osuwiska wykazały, że dominującym typem przemieszczeń grawitacyjnych był ześlizg translacyjny, zachodzący konsekwentnie wzdłuż powierzchni uławicenia permskich skał osadowych,

zgodnie z orientacją stoku. Podział masywu skalnego w inicjalnej fazie procesu osuwania następował prawdopodobnie z udziałem szczelin ekstensyjnych rozwijanych wzdłuż stromo nachylonych zespołów spękań. Powstaniu osuwiska sprzyjała obecność licznych, nieciągłych przewarstwień mułowców i drobnoziarnistych piaskowców występujących wśród gruboziarnistych utworów formacji ze Słupca (perm dolny). Utwory te nachylone są pod niewielkimi kątami (10–25°) w kierunku ku SW. Osuwisko na stokach Sokolego Garbu należy zatem określić jako typowe osuwisko strukturalne, konsekwentno-ześlizgowe, rozwinięte wzdłuż płaskiej powierzchni poślizgu lub kombinacji kilku takich powierzchni (ryc. 1).

Zbadaną formę, z uwagi na częściowe odstępnięcie powierzchni poślizgu w górnej części osuwiska, a także odstępniętą strefę intensywnych deformacji o charakterze ciągłym w strefie czołowej, należy zaliczyć do niezwykle interesujących przykładów ruchów masowych na tle rozpoznanych dotychczas osuwisk sudeckich.

LITERATURA

KOWALSKI A., 2022 – W jaki sposób struktura podłoża warunkuje rozwój osuwiska translacyjnego? Przykład osuwiska we Włodowicach w Obniżeniu Noworudzkim (Sudety Środkowe). *Przeгляд Geologiczny*, 70 (9): 722–732.



Ryc. 1. Model strukturalny rozwoju osuwiska translacyjnego na przykładzie osuwiska we Włodowicach

W skałach podłoża osuwiska zaznaczono powierzchnie nieciągłości strukturalnych wpływających na rozwój osuwiska: powierzchnie uławicenia oraz 3 wydzielone zespoły ciosu (J₁–J₃); dalsze, szczegółowe objaśnienia znajdują się w pracy: Kowalski, 2022

Procedura obserwacji terenów, na których występują ruchy masowe w obszarze nizinnym metodą wizji w terenie na przykładzie powiatu wrzesińskiego

DOROTA KRAWCZYK^{1, 2}, MICHALINA FLIEGER-SZYMAŃSKA¹, TOMASZ JEŻ¹, KATARZYNA MACHOWIAK¹

¹ POLITECHNIKA POZNAŃSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I TRANSPORTU, POZNAŃ;
dorota.krawczyk@put.poznan.pl, michalina.flieger-szymanska@put.poznan.pl, tomasz.jez@put.poznan.pl, katarzyna.machowiak@put.poznan.pl

² STAROSTWO POWIATOWE WE WRZEŚNI

Słowa kluczowe: ruchy masowe, obserwacja terenów ruchów masowych, metoda wizji terenowej

Prawo ochrony środowiska (ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz.U. 2020 poz. 1219 z późn. zm.) nakłada na starostów obowiązek prowadzenia obserwacji terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi z dnia 4 grudnia 2020 r. (Dz.U. 2020 poz. 2270) wprowadza mniej wymagającą metodę obserwacji, którą jest tzw. metoda wizji w terenie (§3 ust. 1). W ramach niniejszego artykułu stworzona została szczegółowa procedura inspekcji ruchów masowych. Może być ona powszechnie stosowana

w ramach zadań geologii samorządowej na obszarach nizinnych. Wynikiem prac nad wspomnianą procedurą jest „Protokół obserwacji ruchów masowych (metoda wizji w terenie)”, który został przetestowany na przykładzie ruchów masowych zarejestrowanych w obrębie powiatu wrzesińskiego (ryc. 1).

LITERATURA

ROZPORZĄDZENIE Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi z dnia 4 grudnia 2020 r. (Dz.U. 2020 poz. 2270).

USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2020 poz. 1219 z późn. zm.).

PROTOKÓŁ OBSERWACJI RUCHÓW MASOWYCH (metoda wizji w terenie)				
Numer ewidencyjny osuwiska (z bazy SOPO): <u>30 - 30 - 055 - 077347</u>				
Data przeprowadzenia wizji terenowej: <u>05 . 05 . 2022</u> r.				
Charakter terenu ruchów masowych:				
szata roślinna <u>naturalne zbocze doliny rzecznej, umocnione drzewostanem</u>				
teren niezabudowany, z dala od zabudowy,				
zabudowa i infrastruktura <u>bez infrastruktury komunikacyjnej czy przesyłowej (Fot. nr 1)</u>				
Występowanie zjawisk świadczących o aktywności ruchów masowych lub mogących jej sprzyjać:				
	TAK	NIE	UWAGI + dokumentacja fotograficzna	
POWIERZCHNIA	- wybrzuszenia, ugięcia, sfalowania powierzchni terenu		✓	
	- progi akumulacyjne		✓	
	- szczeliny, pęknięcia w gruncie		✓	
	- zerwania darni, półki darniowe		✓	
	- osunięcia gruntu		✓	
- osuwanie się gruntu spod korzeni drzew, tzw. „pustki korzeniowe”	✓		Fot. nr 2	
ROŚLINNOŚĆ	- roślinność wodolubna lub bagienna	✓	Fot. nr 3	
	- świeże wycinki drzew		✓	
	- inne zniszczenia szaty roślinnej (np. wypalenie, usunięcie darni)		✓	
	- pochylone drzewa, tzw. „pijany las”		✓	
	- drzewa wygięte w kształt litery „J”	✓		Fot. nr 4
- drzewa osłabione, podatne na przechył (np. porośnięte jemiolą)		✓		
WODA	- wpływy, wycieki wód gruntowych		✓	
	- zaglebienia bezodpływowe, małe zbiorniki		✓	
	- podcinanie zbocza przez ciek wodny	✓		u podnóża zbocza rzeka Wrześnica o dość wartkim nurcie (Fot. nr 5)
	- woda utrzymująca się w szczelinach powyżej zbocza		✓	
	- samoistne spływy wód opadowych	✓		możliwe spływy z pół uprawnych
- ogólna podmokłość terenu, grząski grunt		✓		
INFRASTRUKTURA	- spękania budynków		✓	
	- zerwanie ciągłości powierzchni asfaltowych		✓	
	- deformacje ciągłe powierzchni asfaltowych		✓	
	- pochYLENIE chodników zgodne ze spadkiem		✓	
	- przechYLENIE elementów pionowych		✓	
	- przesunięcia kręgów w studniach kopanych		✓	
	- nieodpowiednie odprowadzanie wód opadowych		✓	
	ROBOTY	- roboty ziemne wykonywane w dolnej części zbocza, podkopanie		✓
		- osunięcia gruntu powodowane robotami ziemnymi		✓
		- nowe inwestycje budowlane obciążające koronę zbocza		✓
POGODA	- dzikie wysypiska, składowiska obciążające koronę zbocza		✓	
	- duża intensywność opadów		✓	
WYWIAD	- duża intensywność roztopów		✓	
	- wysokie stany wód w ciekach wodnych		✓	
	- przemarzanie i odmrażanie gruntu		✓	
WNIOSEK:	- zmiany w morfologii terenu		brak wywiadu	
	- zanikanie niewielkich zbiorników wodnych		brak wywiadu	
	- spękania budynków		brak zabudowań	
	- działalność antropogeniczna na zboczach		nie stwierdzono	
	stopień aktywności terenu ruchów masowych		teren może wykazywać okresową aktywność	
	zagrożenie dla życia, zdrowia lub mienia ludzi		brak	
	zasadność monitoringu powierzchniowego/węglębnego		nie	
	zalecenia dotyczące zagospodarowania terenu		teren powinien być wyłączony z zabudowy	
	data przeprowadzenia kolejnej obserwacji		rok 2025	
	konieczność aktualizacji danych w bazie SOPO		nie	
Sporządzający protokół obserwacji (imię i nazwisko/imiiona i nazwiska): dr Dorota Krawczyk ^{1, 2} , dr hab. Katarzyna Machowiak, prof. PPT, dr Michalina Flieger-Szymańska ² , dr inż. Tomasz Jeż ² Instytucja reprezentowana przez sporządzającego/sporządzających protokół obserwacji: ¹ Starostwo Powiatowe we Wrześni ² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Zakład Geotechniki, Geologii Inżynierskiej i Geodezji				

Ryc. 1. Przykładowy protokół obserwacji ruchów masowych metodą wizji w terenie, wypełniony dla terenu ruchów masowych nr 30-30-055-077347 (Gozdowo)



Hong Kong's slope safety management system

ANDREW MALONE

UNIVERSITY OF HONG KONG, DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES

Hong Kong, with its steep terrain and tropical rainfall, suffered severe landslide impacts during its rapid urbanisation in the latter part of the twentieth century. In response to a series of disasters, the government began slope safety interventions in the 1970s. The landslide death toll has since fallen dramati-

cally, though population continued to increase. This fall came about with the introduction of a slope safety management system, which evolved step-wise over a 30-year period, as will be explained in the talk.



Czynniki sprawcze ruchów masowych w dolinach rzecznych obszarów młodoglacjalnych, na przykładzie doliny środkowej Raduni

ANNA MAŁKA¹, LESŁAW ZABUSKI², FRIEDER ENZMANN³,
ARKADIUSZ KRAWIEC⁴, JERZY FRYDEL¹

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ GEOLOGII MORZA, GDAŃSK, POLSKA; amalk@pgi.gov.pl

² INSTYTUT BUDOWNICTWA WODNEGO PAN, GDAŃSK, POLSKA

³ JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT MAINZ, INSTITUT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN, NIEMCY

⁴ UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA W TORUNIU, WYDZIAŁ NAUK O ZIEMI I GOSPODARKI PRZESTRZENNEJ, POLSKA

Osuwiska na zboczach dolin rzecznych na terenie Nizy Polskiego były dotychczas przedmiotem badań głównie w rejonie Wisły, osuwiska w dolinie Raduni nie były dotąd szczegółowo analizowane. Obszar badań znajduje się w zasięgu łądolodu zlodowacenia Wisły i obejmuje zbocza doliny środkowej Raduni na długości ok. 14 km, pomiędzy miejscowościami Leżno i Trątkownica. Rzeka Radunia ma charakter meandrujący, typowy dla obszarów równinnych. Celem obecnie prowadzonych badań jest określenie mechanizmów oraz opisanie czynników predysponujących do płytkich osuwisk ziemnych w dolinie rzecznej położonej na terenie młodoglacjalnym i wyzwalających je.

W ramach przeprowadzonych prac wykorzystano metody multidyscyplinarne. W przypadku osuwiska w Rutkach zastosowano analizę materiałów archiwalnych (w tym dawne pruskie i polskie mapy topograficzne, współczesne dokumentacje geotechniczne), badania terenowe, monitoring inklinometryczny i piezometryczny (sieć obserwacyjna), skaning laserowy (lotniczy – ALS, naziemny – TLS), wiercenia geologiczne, przekrój hydrogeologiczny, badanie uziarnienia gruntu, a także modelowanie GIS i modelowanie numeryczne z wykorzystaniem metody różnic skończonych (oprogramowanie FLAC2D). W ramach wizualizacji i modelowania GIS przedstawiono ogólną analizę występowania osuwisk i ocenę roli czynników biernych w dolinie środkowej Raduni (analizy GIS, C&RT) oraz badanie podatności osuwiskowej metodą regresji logistycznej. Dla oceny podatności wykonano na podstawie zdjęć satelitarnych Sentinel-2 warstwę „znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji” (*normalized difference vegetation index*, NDVI) i obliczono 22 atrybuty topograficzne, które obliczono bezpośrednio z wysokiej rozdzielczości numerycznego modelu terenu (NMT) pochodzącego z lotniczego skanowania laserowego z 2012 r. W celu lepszego opisanie wpływu zagospodarowania terenu na powstawanie osuwisk w analizie zastosowano również zmodyfikowany NMT uwzględniający zabudowę. Dodatkowo opracowano mapę użytkowania terenu na podstawie BDOT 10k, NMT i zdjęć lotniczych oraz zaktualizowano interpretację budowy

geologicznej opierając się na wektorowej warstwie SMGP (Pikies, 2003; Petelski, Staszek, 2007), danych wiertniczych, własnych badaniach terenowych i NMT (z ISOKa).

Na obszarze badań rozpoznano 103 formy osuwiskowe, zajmujące powierzchnię ok. 43 ha, z czego sześć zostało zabezpieczonych ze względu na zagrożenie dla infrastruktury drogowej i kolejowej. Rozmieszczenie obiektów jest nieregularne i wykazuje wyraźną koncentrację w pewnych odcinkach doliny. Taki odcinek znajduje się przede wszystkim pomiędzy Babim Dołem a Borkowem. Charakteryzuje się on najwyższymi spadkami rzeki, dochodzącymi do 6,8‰, znacznym nachyleniem terenu (25–40°) i dużą energią rzeźby (25–35 m). Większość z osuwisk występuje w strefach zewnętrznych brzegów zakoli, co można powiązać z obecnością prądów wtórnych (*secondary flow*), erozją boczną i zwiększoną prędkością nurtu rzeki. Na obszarze badań występują niewielkie osuwiska ziemne (zsuwy, spływy i osuwiska złożone), które szybko „zanikają”, co związane jest z ich niewielką głębokością, efemerycznym pojawianiem się i wykonanymi pracami stabilizującymi zbocza. Na początku XXI w. doszło kilkakrotnie do uaktywnienia osuwisk w tym rejonie: w marcu 2007 r., kwietniu 2010 r., kwietniu 2013 r., sierpniu 2013 r., styczniu 2019 r. Spowodowało to znaczne szkody materialne (m.in. zniszczenie drogi wojewódzkiej oraz gminnej, przerwy i zakłócenia w pracy Elektrowni Wodnej w Rutkach, zasypywanie zbiornika wodnego przy elektrowni).

Ocena podatności, analiza stateczności zboczy i procesów hydrogeologicznych oraz prowadzony monitoring powierzchniowy i podziemny pozwoliły na wykonanie kompleksowego opisu mechanizmu rozwoju ruchów masowych i określenie roli czynników sprawczych. Najistotniejszy czynnik sprawczy, który wpływa na prawdopodobieństwo wystąpienia osuwisk w dolinie środkowej Raduni, związany jest z warunkami geomorfologicznymi. Modelowanie numeryczne osuwiska oraz badania terenowe wskazują dodatkowo na istotną rolę obecności wysokiego położenia zwierciadła wód gruntowych i budowy geologicznej. Warunki hydrologiczne w połączeniu



z budową geologiczną mają istotny wpływ na rodzaj i mechanizm ruchów masowych na badanym obszarze. Ze względu na dominującą rolę osadów sypkich powstają tu głównie spływy oraz osuwiska złożone (w górnej części zsuwy, w dolnej spływy). Osuwiska złożone mogą mieć kilka powierzchni poślizgu, położonych na głębokości ok. 2–3 m, ponad zwierciadłem wód podziemnych.

Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia interdyscyplinarnych badań nad problemami związanymi z osuwi-

skami. Ze względu na duże nagromadzenie obiektów infrastrukturalnych w dolinie Raduni, w tym obecność elektrowni wodnej, konieczny jest stały monitoring instrumentalny.

LITERATURA

- PETELSKI K., STASZEK W., 2007 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Dzierżąžno (54). PIG, Warszawa.
PIKIES R., 2003 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Żukowo (26). PIG, Warszawa.



Geozagrożenia terenów dawnego wydobycia gipsów i soli kamiennej w miejscowości Wapno

ZBIGNIEW PERSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Miejscowość Wapno w powiecie wągrowieckim od czasu katastrofalnego zalania wyrobisk podziemnej kopalni soli w 1977 r. podlega stałym obniżeniom o średnich wartościach do 2,5 mm/rok. Na terenie objętym przez dawny lej sufozyjny, wytworzony w 1977 r., oraz w otoczeniu dawnego wyrobiska odkrywkowego stale utrzymuje się zagrożenie de-

formacjami nieciągłymi. Przejawia się ono występowaniem zapadlisk. Centrum Geozagrożeń Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego prowadzi monitoring deformacji powierzchni terenu rejonu Wapna od lata 2014 r. W referacie zostaną przedstawione najnowsze wyniki tych prac.



Monitoring dynamiki ruchów osuwisk z wykorzystaniem reflektorów radarowych

ZBIGNIEW PERSKI, TOMASZ WOJCIECHOWSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Głównym celem przedstawionej analizy było zbadanie na ile drobne nawet zmiany w środowisku hydrologicznym i hydrogeologicznym wpływają na zmiany dynamiki przemieszczeń powierzchni osuwisk. Badania przeprowadzono na wybranych monitorowanych osuwiskach, które oprócz urządzeń do monitoringu w głębinie wyposażono w reflektory umożliwia-

jące pomiary metodą satelitarnej interferometrii radarowej. Wysoka rozdzielczość czasowa danych interferometrycznych pozwoliła na wykazanie istnienia zależności pomiędzy prędkością ruchów powierzchniowych a niewielkimi zmianami głębokości zwierciadła wód podziemnych.



Badania spektralne – nowa jakość w dokumentowaniu geologicznym

PAWEŁ PIETRZYKOWSKI¹, JAROSŁAW KOS², ROMAN PRYKHODCHENKO¹

¹ WIDMO SPECTRAL TECHNOLOGIES SP. Z O.O., KRAKÓW; p.pietrzykowski@widmo.tech

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; jkos@pgi.gov.pl

Z uwagi na prototypową metodę zastosowania analizy spektralnej w gruncie, podjęto próbę zastosowania technologii *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) do badań terenów osuwiskowych. Na wybranych przykładach lokalizacyjnych, za pomocą płynnie przestrajanej fali elektromagnetycznej w zakresie częstotliwości 150–800 MHz, przeprowadzono sondowania georadarem spektralnym SGPR (*spectral ground penetrating radar*). Interpretację anomalii obserwowanych w uzyskanych widmach mocowych i interpretacjach geofizycznych zestawiono z modelami geologicznymi przygotowanymi na podstawie rozpoznania otworowego i geotechnicznego. Preferowane przedziały częstotliwości obrazują granice warstw tożsame z warstwami geologicznymi dokumentowanymi archiwalnie. Poza wyraźnym wydzieleniem

gruntów antropogenicznych, na wybranych przykładach niespodziewanie rozpoznano jednocześnie anomalie interpretowane jako granice warstw litologicznych, w tym miąższości koluwiów oraz przede wszystkim anomalie, które odpowiadają w przybliżeniu strefom (powierzchniom) poślizgu.

Pomijając prototypowy charakter urządzenia pomiarowego, zastosowaną metodę uznano za pierwszą w historii badań geofizycznych przydatną do bezpośredniego wydzielenia warstw litologicznych. Bezpośrednie pomiary sięgają głębokości od ok. 30 do ok. 60 m p.p.t., a dotychczas niedostępna przenikalność przez grunty spoiste, nawodnione grunty sypkie czy ośrodek szczelinowaty, nie stanowi przeszkody pomiarowej.



Datowanie osuwiska Klaklowo (Beskid Makowski, Karpaty Zachodnie) na podstawie wyników metody radiowęglowej oraz analiz: palinologicznej i makroszczątków osadów torfowisk występujących w jego obrębie

JOLANTA PILCH¹, WŁODZIMIERZ MARGIELEWSKI¹,
RENATA STACHOWICZ-RYBKA², KRZYSZTOF BUCZEK¹,
VALENTINA ZERNITSKAYA³

¹ INSTYTUT OCHRONY PRZYRODY PAN, KRAKÓW, POLSKA

² INSTYTUT BOTANIKI IM. WŁADYSŁAWA SZAFERA PAN, KRAKÓW, POLSKA

³ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS, INSTITUTE FOR NATURE MANAGEMENT, MIŃSK, BIAŁORUŚ

Słowa kluczowe: torfowisko osuwiskowe (*landslide fen*), późny glacjał–holocen, datowania radiowęglowe, analizy wielowskaznikowe, Karpaty zewnętrzne

Osuwisko Klaklowo znajduje się na północnym stoku góry Pękalówka (839 m n.p.m.), w masywie Kotonia w Beskidzie Makowskim, na wysokości 472 m n.p.m. Jego koluwium schodzi do doliny jednego z dopływów Raby, zaś osuwisko przecina kilka formacji geologicznych fliszu karpackiego. Występowanie skarpi wtórnych i rowów rozpadlinowych w obrębie płata osuwiskowego wskazuje na kilkukrotne przekształcenie obszaru osuwiska przez młodsze generacje ruchów masowych. Potwierdzają to datowania radiowęglowe osadów organicznych wypełniających trzy różnowiekowe zagłębienia występujące w obrębie różnych partii osuwiska (torfowiska osuwiskowe). Ze względu na charakter przemieszczeń oraz rozpoznane fazy odmłodzeń, osuwisko można zaklasyfikować jako wielokrotne osuwisko rotacyjne. Wraz z zespołem innych osuwisk rozwiniętych na zboczach doliny Raby pomiędzy Stróżą i Pcimiem: Kotoń, Siódmowo oraz Hajduki, osuwisko Klaklowo stanowi jedną z najstarszych stref osuwiskowych rozpoznanych w tej części Beskidów Zachodnich, z unikatowym zapisem osadów późnego glacjału, które wypełniają zagłębienia osuwiskowe (torfowiska) (Margielewski, 2001; Margielewski i in., 2022).

Największe zagłębienie, w którym wykształciło się torfowisko niskie, ma długość 200 m, szerokość 60 m i powstało u podnóża skarpy głównej podczas najstarszego (głównego) etapu rozwoju strefy osuwiskowej Klaklowo. Współcześnie jest ono wypełnione osadami organiczno-mineralnymi o miąższości do 3,7 m, przy czym miąższość osadów zdeponowanych w późnym glacjał wynosi tu aż 2,5 m. Podczas wcześniejszych badań z różnych części torfowiska zostały pobrane 3 rdzenie osadów, dla których przeprowadzono analizy palinologiczne, straty prażenia, analizę uziarnienia, analizę tkankową (określenie typu torfu) oraz 17 datowań radiowęglowych (Margielewski, 2001; Margielewski i in., 2022). W 2021 r. pobrano kolejne dwa rdzenie, w których w odcinkach spągowych przeprowadzono bardziej precyzyjne datowania radiowęglowe metodą AMS oraz analizy *multi-proxy* o wysokiej rozdzielczości.

Dotychczasowe analizy palinologiczne i datowania radiowęglowe wskazują, że sedymentacja osadów w zagłębieniu powstałym pod skarpią główną osuwiska rozpoczęła się podczas ocieplenia interstadialnego *bølling*, jakkolwiek daty radiowęglowe uzyskane dla najgłębszych partii osadów torfowiska wydają się być przeszacowane (16,3–15,2 ka cal. BP) (Margielewski i in., 2022). Najnowsze datowania radiowęglowe metodą AMS fragmentów roślinnych wyseparowanych podczas analizy makroszczątków, pozwoliły doprecyzować wiek osadów: wyniki datowań najstarszych poziomów torfu w profilu torfowiska wskazują na wiek 14,896–14,277 ka cal. BP oraz 14,309–14,059 ka cal. BP. Wyniki analizy makroszczątków dokumentują lokalne zmiany roślinności i warunków hydrogeologicznych w basenie sedymentacyjnym torfowiska w późnym glacjał. Podczas ocieplenia interstadialnego *bølling* w zbiorniku sedymentacyjnym okresowo pojawiała się woda, zaś w czasie ochłodzenia starszego dryasu zbiornik wodny występował tu stale. Wskazują na to liczne makroszczałki roślin wodnych, takich jak oospory ramienic (*Characeae*), sugerujące obecność łęg ramienicowych oraz owoce *Batrachium* sp., *Potamogeton* sp., *Myriophyllum verticillatum* i *Hippuris vulgaris*. W otoczeniu zbiornika na obszarze osuwiska występowały również sucholubne rośliny zielne (*Asteraceae*, *Dianthus* sp., *Dryas octopetala*), zaś na wilgotniejszym podłożu brzozy krzewiaste (*Betula nana*, *Betula humilis*). Obserwacja ta jest zgodna z wynikami dotychczasowych analiz palinologicznych, wskazujących na występowanie krzewinkowej stepo-tundry w otoczeniu zbiornika. Pod koniec starszego dryasu zbiornik stopniowo zaczął zarastać przez zbiorowisko mchów i turzyc, zaś z początkiem ocieplenia interstadialnego *allerd* przekształcił się w torfowisko niskie.

Najnowsze badania z 2021/2022 r. zostały przeprowadzone w ramach realizacji projektu badawczego PRELUDIUM–Bis 2 nr 2020/39/O/ST10/03504 (2021–2025) finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.



LITERATURA

MARGIELEWSKI W., 2001 – Late Glacial and Holocene climatic changes registered in forms and deposits of the Klaklowo landslide (Beskid Średni Range, Outer Carpathians). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 35: 63–79.

MARGIELEWSKI W., OBIDOWICZ A., ZERNITSKAYA V., KORZEŃ K., 2022 – Late Glacial and Holocene palaeoenvironmental changes recorded in landslide fens deposits in the Polish Outer Western Carpathians (Southern Poland). *Quaternary International*, 616: 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.11.001>.



Opady atmosferyczne a aktywność osuwiskowa w Karpatach

MARIA PRZYŁUCKA, KAMILA KARKOWSKA

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA

Słowa kluczowe: proggi opadowe, osuwiska, próg intensywności–czas trwania, zdarzenie opadowe

Badania zawierają analizę danych opadowych z okresu 1996–2020 w kontekście uruchamiania osuwisk w rejonie Karpat. Celem pracy było wyznaczenie wzoru określającego zależność średniej intensywności opadu atmosferycznego mogącego spowodować uruchomienie osuwisk od czasu jego trwania (próg intensywności–czas trwania, *intensity–duration threshold*) oraz podobnie zależność sumarycznego opadu mogącego spowodować osuwisko od czasu jego trwania (próg opad–czas trwania, *rainfall event–duration threshold*). W pracy wykorzystano dzienne dane opadowe z lat 1996–2020 pochodzące z 289 stacji meteorologicznych IMGW rozmieszczonych w rejonie Karpat oraz dane o lokalizacji i dacie aktywacji 481 osuwisk. Zbiór osuwisk powiększono o 845 zdarzeń, dla których był znany rok i miesiąc aktywacji, powiększając zbiór zdarzeń osuwiskowych do 1326. W celu wyznaczenia progów opadowych każdemu osuwisku przypisano najbliższą stację meteorologiczną (względem centroidy osuwiska) i dane opadowe z tej stacji przyjęto jako opad na osuwisku. Następnie w przypadku osuwisk z niepełną datą aktywacji przyjęto jako najbardziej prawdopodobną datę aktywacji dzień po największym opadzie w miesiącu, w którym osuwisko się aktywowało. W celu obliczenia sumarycznego deszczu oraz czasu trwania każdego zdarzenia opadowego przyjęto następującą jego definicję: zdarzenie opadowe jest to ciąg opadów, poprzedzony i zakończony 6 dniami „suchymi”, w których suma deszczu była nie większa niż 6 mm, z tym że za datę końcową zdarzenia opadowego, które wywołało osuwisko przyjmowano datę aktywacji osuwiska. Na podstawie dobowych danych opadowych obliczono 115 637 wszystkich zdarzeń opadowych jakie miały miejsce w rejonie Karpat w latach 1996–2020. Każdemu zdarzeniu przypisano wartość E (sumaryczny opad), D (czas trwania), oraz I (średnią intensywność opadu). Tabelę zdarzeń opadowych powiększono o 1326 zdarzenia, które wywołały osuwisko. Następnie z tabeli zdarzeń opadowych,

które wywołały osuwisko odrzucono zdarzenia, które znalazły się poniżej 80 percentyla wszystkich zdarzeń opadowych (brano pod uwagę wartości intensywności w zależności od czasu trwania oraz wartość sumy opadów w zależności od czasu trwania), ale trwały krócej niż 10 dni. Pozostałe zdarzenia opadowe, które wywołały osuwisko posłużyły do wyznaczenia dopasowanego (metodą najmniejszych kwadratów) równania liniowego (wzory [1] i [2]):

$$\log I = \log \alpha_1 - \beta_1 \log D \quad [1]$$

oraz

$$E = \alpha_E - \beta_E D \quad [2]$$

gdzie:

I – średnia intensywność opadów w mm/godzinę;

D – czas trwania opadu w godzinach;

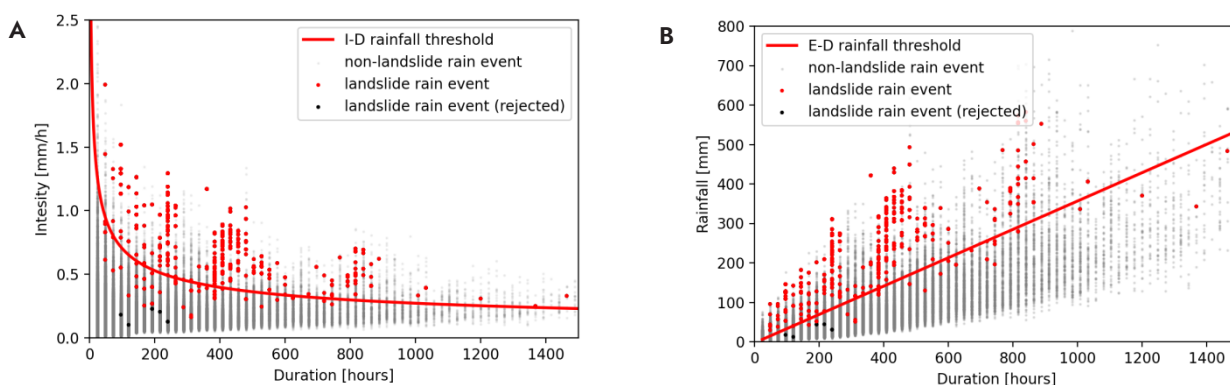
E – sumaryczny opad w mm, α i β parametry krzywych regresji.

Krzywe regresji zostały następnie przesunięte równolegle, tak aby zawierały 95% rozkładu zdarzeń opadowych wywołujących osuwisko. Otrzymane w ten sposób parametry zostały przeliczone na następujące wzory progów opadowych (wzory [3] i [4], ryc. 1):

$$I = 4,70D^{-0,41} \quad [3]$$

$$E = -2,79 + 0,36D \quad [4]$$

Przedstawiona metodologia stanowi pierwsze podejście do wyznaczenia progów opadowych dla osuwisk w Karpatach na opisanym zbiorze danych. Dalsze badania będą skupiały się na zastosowaniu innych możliwych podejść w celu określenia najbardziej optymalnych wzorów ilustrujących parametry zdarzenia opadowego, które może wywołać uruchomienie osuwisk.



Ryc. 1. Otrzymane proggi opadowe na tle zdarzeń opadowych, które wywołały osuwisko (na czerwono) i tych, które nie wywołały osuwiska (na szaro)

Kolorem czarnym zaznaczono zdarzenia, które wywołały osuwisko, ale zostały odrzucone w analizie; A – *intensity–duration threshold*, próg opadowy intensywność–czas trwania; B – *rainfall event–duration threshold*, próg opadowy opad–czas trwania



Rola struktury podłoża w powstawaniu osuwisk w brzeżnej części płaszczowiny dukielskiej w rejonie góry Chryszczata (Karpaty zewnętrzne)

JACEK RUBINKIEWICZ¹, ANNA GŁOWACKA²

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA; jrub@pgi.gov.pl

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ZAKŁAD KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ, WARSZAWA; aglo@pgi.gov.pl

Badaniami objęto fragment łuski Chryszczatej–Wołosania–Wielkiej Rawki (Ślącza, 1971; Rubinkiewicz, Tomaszczyk, 2016), budującej brzeżną część płaszczowiny dukielskiej w rejonie góry Chryszczata (ryc. 1). Podstawą opracowania były dane terenowe (inventaryzacja osuwisk w ramach SOPO), które uzupełniono o dane pozyskane z wysokorozdzielczego numerycznego modelu terenu (NMT): szczegółowy zasięg i rzeźba osuwisk, przebieg stref uskokowych i stref nasunięć, położenia warstw. Do opracowania wykorzystano także dane z SMGP (Jankowski, 2017; Malata, 2018) i prac magisterskich (Ploch, 2018).

Na badanym terenie (ryc. 1) stwierdzono występowanie dużej populacji osuwisk o zróżnicowanej geometrii i zmiennym rozprzestrzenieniu, rozwiniętych na podłożu o różnym stopniu skomplikowania budowy geologicznej. Opracowywany obszar podzielono na trzy domeny. Granice domen określono na podstawie przebiegu elementów strukturalnych i/lub zasięgu wydzieleni litostratygraficznych. Analizie poddano osuwiska występujące w obrębie warstw hieroglifowych i ciśniańskich. Zinventaryzowano 375 osuwisk o łącznej powierzchni 1809,5 ha.

Główne rysy strukturalne w domenie I mają orientację NW–SE. Dominują w niej warstwy w położeniu 210/39, występują nieliczne uskoki (ryc. 1). Stwierdzono tu 41 stosunkowo niewielkich osuwisk o średniej powierzchni 1,2 ha, z których większość powstała na zluźnionych skałach strefy nasunięcia dukielskiego. W pozostałej części domeny osuwiska notowano sporadycznie. Wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej (WOP) dla tej domeny wynosi 5,4%.

Domena II (ryc. 1) wyróżnia się skomplikowaną budową geologiczną. Struktury przyjmują orientację N–S z dominującymi, relatywnie połogimi położeniami warstw – 237/39 i 248/29. Obszar domeny pocięty jest licznymi uskokami, a duża szerokość wychodni warstw hieroglifowych spowodowana jest powtórzeniami tektonicznymi ponasuwanych na siebie sekwencji warstw hieroglifowych i ciśniańskich (Ploch, 2018). W domenie II zinventaryzowano 274 osuwiska o średniej powierzchni 6,0 ha, WOP wynosi w tym przypadku 40,4%.

W domenie III (ryc. 1) kierunki strukturalne ponownie przyjmują orientację NW–SE. Dominują warstwy o położeniu 223/65 i 219/50, występują nieliczne uskoki. Stwierdzono tu 60 osuwisk,

których średnia powierzchnia wynosi 1,8 ha, a WOP – 3,3%. Osuwiska koncentrują się niemal wyłącznie w pobliżu strefy nasunięcia dukielskiego, gdzie upady warstw nie przekraczają 60°. W pozostałej części domeny przeważają warstwy o stromych upadach (65–90°), a osuwiska są sporadyczne.

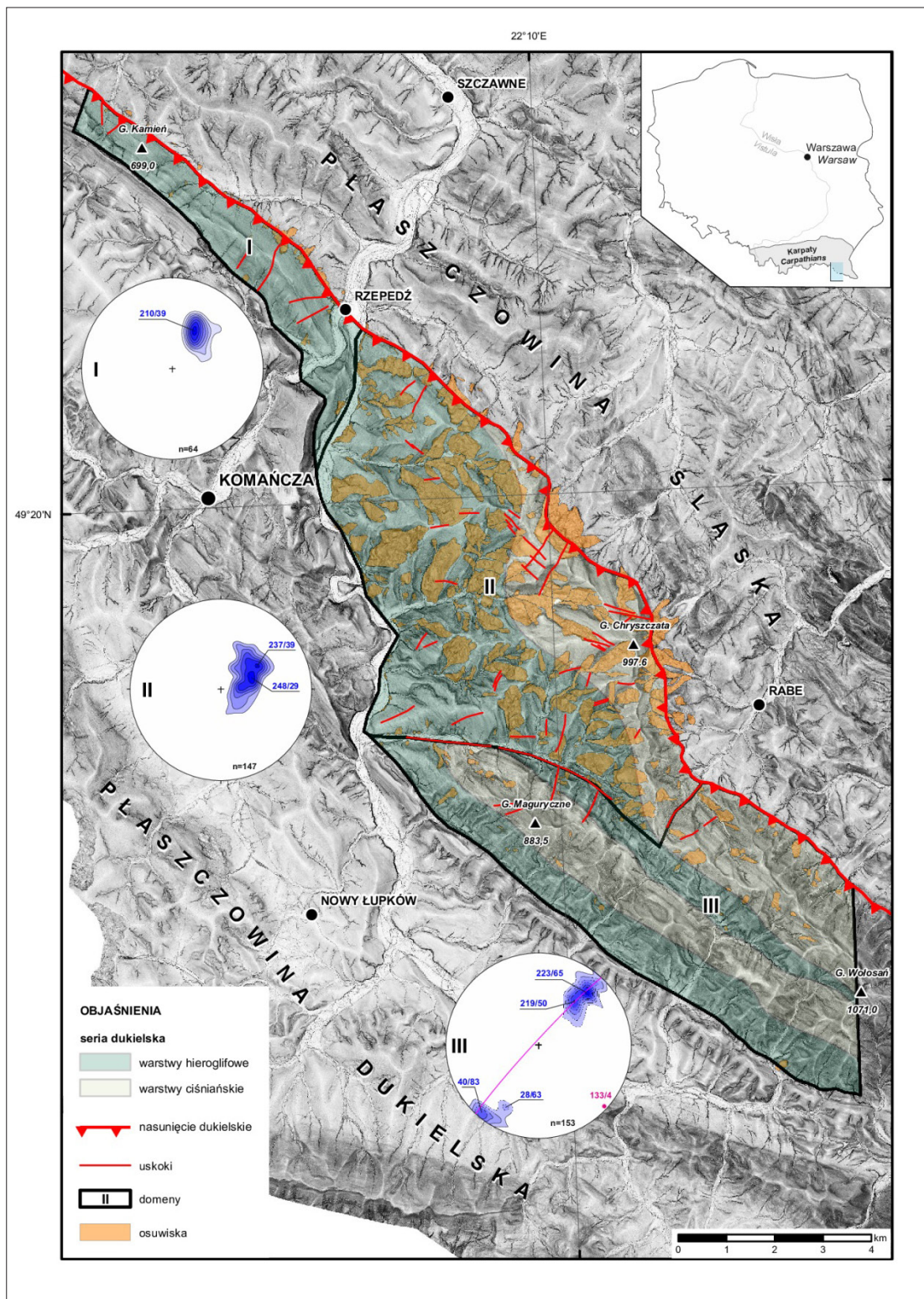
Przeprowadzone badania dowodzą, że zróżnicowanie budowy geologicznej podłoża i wartości upadów wpływają na powstawanie, liczbę i wielkość osuwisk. W rejonie Chryszczatej, wskutek lokalnej przebudowy strukturalnej płaszczowiny dukielskiej, występuje większa liczba struktur nieciągłych (strefy uskokowe i strefy nasunięć), niż w pozostałych domenach (ryc. 1). Znajdujące się w strefach nieciągłości zluźnione skały charakteryzują się wzmożoną podatnością na ruchy masowe, co znajduje odzwierciedlenie w liczbie i wielkości osuwisk. W pozostałych domenach obserwowano mniej osuwisk o mniejszym zasięgu powierzchniowym, przywiązanych głównie do strefy nasunięcia dukielskiego. Istnieje także zależność między występowaniem osuwisk a kątem zapadania warstw. Na obszarach, gdzie warstwy są strome lub pionowe (65–90° – domena III) osuwiska notowano rzadko lub wcale. Przy upadach 35–65° osuwiska rozpoznawano częściej, ale wciąż sporadycznie. W przypadku terenów charakteryzujących się połogim (10–35°) nachyleniem warstw liczba osuwisk wyraźnie wzrastała.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że chociaż obszar badań zbudowany jest w przewadze z uznawanych za podatne na ruchy masowe warstw hieroglifowych, to strefowość występowania osuwisk wyraźnie koresponduje z charakterystyką strukturalną podłoża. Opisane czynniki strukturalne powinny zatem być uwzględniane przy konstruowaniu map podatności osuwiskowej.

LITERATURA

- JANKOWSKI L., 2017 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Medzilaborce (1063), Łupków (1064), Łupków S. (1065). PIG-PIB, Warszawa.
- MALATA T., 2018 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Bukowsko (1057). PIG-PIB, Warszawa.
- PLOCH P., 2018 – Związek powstawania osuwisk ze strukturami tektonicznymi na przykładzie wybranego stanowiska z Karpat. Archiwum Wydz. Geol. UW, Warszawa.
- RUBINKIEWICZ J., TOMASZCZYK M., 2016 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Wetlina (1067). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- ŚLĄCZKA A., 1971 – Geologia jednostki dukielskiej. Prace Instytutu Geologicznego, 63.





Ryc. 1. Rozmieszczenie osuwisk na tle budowy geologicznej płaszczowiny dukielskiej w rejonie góry Chryszczata (Bieszczady). Podkład mapy: cieniowanie nachylenia NMT

Post-sztormowe ruchy masowe na obszarach eolicznych wybrzeża Bałtyku w rejonie Łeby

JACEK RUBINKIEWICZ, DARIUSZ GRABOWSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA;
jrub@pgi.gov.pl, dgra@pgi.gov.pl

Słowa kluczowe: ruchy masowe, wybrzeże wydmore, Łeba

Obszar badań jest położony na wybrzeżu Bałtyku w okolicach Łeby. Jest to wybrzeże piaszczyste zbudowane głównie z osadów eolicznych, tworzących znacznych rozmiarów formy wydmore (największe z nich znajdują się w Słowińskim Parku Narodowym).

Pod koniec stycznia 2022 r. obszar badań został dotknięty serią kilku sztormów (nazwanych „Maria” i „Nadia”). Spowodowały one znaczne zniszczenia wzdłuż linii brzegowej między Ustką a Białogórą – między innymi infrastruktury, ale przede wszystkim wybrzeża wydmorego. Szczególnie negatywne skutki spowodował sztorm „Nadia” w dniach 29–30 stycznia. Obserwacje terenowe (w tym wykonane zdjęcia) prowadzono od pierwszego dnia po sztormie (31 stycznia) przez tydzień.

Efektom sztormów były liczne odnowienia istniejących osuwisk oraz powstanie nowych form na wybrzeżu klifowym, położonym na zachód i wschód od badanego obszaru. W granicach obszaru badań wystąpiły liczne ruchy masowe na formach wydmore, a wybrzeże wydmore uległo cofnięciu nawet do 50 m. Przejawiały się one jako lawiny piaskowe (*sand avalanche*), różnego rodzaju sływy piaskowe (*dry sand flow*, *wet sand flow*) oraz osuwiska. Te ostatnie mają wyraźne powierzchnie (ryc. 1), wzdłuż których doszło do przemieszczeń osadów wydmore w postaci skonsolidowanych bloków, które ulegały niewielkiej rotacji. Powierzchnie te mają najczęściej kształt lekko zakrzywiony – cylindryczny, typowy dla powierzchni poślizgu klasycznych osuwisk (ryc. 1). Często występują serie połączonych

zsuwów o charakterze „schodowym”. W poszczególnych blokach powstały serie spękań podobnych do spękań ciosowych w piaskowcach. Tego typu formy ciągną się na długości kilkuset metrów wybrzeża.

Powstanie tych epizodycznych osuwisk w osadach eolicznych było możliwe przy spełnieniu kilku warunków jednocześnie:

- czynniki zewnętrzne w postaci bardzo silnego sztormu (6–8 stopni w skali Beauforta) o uprzywilejowanym kierunku (z W i WNW na E i ESE) i sile wiatru (90–120 km/h wzdłuż wybrzeża) oraz kierunku falowania w stosunku do linii wybrzeża;
- czynniki wewnętrzne w postaci właściwej kohezji materiału piaszczystego, pozwalającej na tworzenie się zwartych bloków i spękań.

Prawdopodobnie ważnym czynnikiem kohezji materiału piaszczystego jest jego zasolenie będące efektem wieloletniej działalności wód morskich i wiatru jako bryzy. Dodatkowo w przypowierzchniowej części tych form kohezja jest spowodowana systemem korzeniowym roślin porastających wydmy. Nie można także wykluczyć, że fragmenty piasków wydmore były częściowo zmrożone (temperatura w ostatnich dniach stycznia wynosiła 0–7°C, a nocą spadała nawet do –2°C).

Prezentowane formy mają charakter krótkotrwały i po pewnym czasie zanikają w wyniku rozmywania i wysychania piasku. W związku z tym możliwość ich obserwacji jest silnie ograniczona czasowo.



Ryc. 1. Osuwisko w piaskach wydmore wybrzeża na Mierzei Sarbskiej, powstałe wskutek sztormu „Nadia”



Analiza geostatystyczna osuwisk w obrębie płaszczowiny dukielskiej względem budowy geologicznej

JACEK RUBINKIEWICZ, MATEUSZ PARAFINIUK

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA;
jrub@pgi.gov.pl, mpar@pgi.gov.pl

Badany obszar obejmuje fragment płaszczowiny dukielskiej położonej w obrębie granic administracyjnych Polski. W ramach wykonywania mapy osuwisk i terenów zagrożonych (MOTZ) udokumentowano ok. 2500 osuwisk, co pozwala na przeprowadzenie analizy geostatystycznej, uwzględniającej m.in. wpływ budowy geologicznej ich podłoża.

Pierwsze opracowanie geostatystyczne dla jednostki dukielskiej wykonał Bober (1984). Do analizy osuwiskowości posłużyło mu 51 obiektów pochodzących z badań własnych oraz archiwalnych prac innych badaczy, m.in. Teisseyre'a (1936). Największą liczbę osuwisk Bober (1984) stwierdził w warstwach hieroglifowych, najmniejszą zaś w obrębie warstw z Majdanu. Koreluje to z obserwacjami autorów niniejszego opracowania.

Do analizy posłużyły obiekty wektorowe (SHP) reprezentujące powierzchnie osuwisk pochodzące z bazy danych SOPO (z reinterpretacją zasięgów na podstawie danych numerycznych modeli terenu – NMT), materiałów autorskich aktualnie opracowywanych gmin (Komańcza, Baligród, Cisna) oraz własnej interpretacji NMT (głównie dla obszaru Bieszczadzkiego Parku Narodowego).

Obszar badań podzielono na domeny zgodne z zasięgiem zgeneralizowanych wydzieleni litostratygraficznych oraz przebiegiem nasunięcia dukielskiego (dane pozyskano z 8 arkuszy Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski [SMGP] 1:50 000: Tylawa, Nowy Żmigród, Jaśliśka, Bukowsko, Łup-

ków, Jabłonki, Wetlina, Ustrzyki Górne). Wykonano obliczenia osuwiskowości, odchylenia standardowego powierzchni osuwisk oraz histogramy rozkładu powierzchni dla poszczególnych domen (tab. 1). Na podstawie położenia warstw z SMGP w programie ArcMap dokonano interpolacji punktów pomiarowych (metodami: Spline, Krigging, IDW, Naturalnego Sąsiedztwa) mapy izolinii reprezentujących wartości upadów warstw. Umożliwiło to korelację między występowaniem osuwisk a wartością upadów.

Analiza wykazała, że koncentracja form osuwiskowych jest w głównej mierze zależna od tektoniki obszaru. Szczególnie wysoki wskaźnik osuwiskowości wykazują obszary występowania intensywnej tektoniki nieciągłej. Zauważono, że wskaźnik osuwiskowości jest bardzo zróżnicowany w obrębie poszczególnych domen, co ma związek z wartością upadu warstw. Obszary charakteryzujące się wyższymi wartościami kąta zapadania warstw charakteryzuje zarówno obecność mniejszych form osuwiskowych, jak i ich rzadsze występowanie. Z kolei duże osuwiska koncentrują się w warstwach, których kąt zapadania mieści się w przedziale 20–40°.

LITERATURA

BOBER L., 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. Biuletyn Instytutu Geologicznego, 340: 115–161.
TEISSEYRE H., 1936 – Materiały do znajomości osuwisk w niektórych okolicach Karpat i Podkarpacia. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 12: 135–192.

Tab. 1. Wyniki obliczeń wykonanych za pomocą programu ArcMap z zastosowaniem narzędzi geoprzetwarzania i statystycznych

Nazwa wydzielenia	Powierzchnia domeny [ha]	Suma pow. osuwisk [ha]	Liczba osuwisk	Odchylenie standardowe	Maks. pow. osuwiska [ha]	Osuwiskowość [%]
Warstwy krośnieńskie dolne	12235,60	372,38	333	2,54	34,41	3,04
Warstwy przejściowe	2429,02	95,62	103	1,38	7,37	3,94
Warstwy menilitowe (w tym cergowskie i podcergowskie)	11487,12	724,30	609	2,24	17,92	6,31
Piaskowce z Mszanki	1674,01	293,38	120	2,89	18,17	17,53
Warstwy hieroglifowe (w tym łupki pstre)	19827,39	2476,90	885	3,92	73,16	12,49
Warstwy z Majdanu	288,14	0,74	4	0,17	0,46	0,26
Warstwy łupkowskie	4365,68	160,40	165	1,79	12,82	3,67
Warstwy inoceramowe	3958,82	617,13	220	4,86	27,90	15,59
Piaskowce ciśnieńskie	16994,05	1178,29	488	4,45	41,00	6,93
Razem	73565,16	5928,74	2523	5,13	73,16	8,06



Osuwiska w rejonie Sanoka w zachodniej części Gór Słonnych

EDYTA RYCIO

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Słowa kluczowe: bufory wokół osuwisk, *Frequency Ratio Model*, podatność osuwiskowa

W niniejszym referacie zostaną przedstawione właściwości podłoża, które predysponują stoki do powstania osuwisk, rozumiane jako podatność osuwiskowa, w zachodniej części Gór Słonnych w rejonie Sanoka. Na rozwój osuwisk wpływa wzajemne oddziaływanie czynników biernych, związanych z właściwościami podłoża, i czynników aktywnych, które są wyzwalaczem ruchów masowych, ponieważ powodują zachwianie równowagi statycznej na zboczu. W efekcie powoduje to osunięcie się materiału skalnego pod wpływem siły grawitacji.

Badany teren jest położony na obszarze o skomplikowanej budowie tektonicznej: w strefie nasunięcia jednostki śląskiej i podśląskiej na jednostkę skolską. Seria skolska jest reprezentowana przez mioceńskie warstwy krośnieńskie górne. Natomiast ze względu na wspólne wydzielenia, silne podobieństwo profili i ząbienie się osadów serii śląskiej i podśląskiej, autorzy Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 (Malata, Zimnal, 2013, 2014) nie rozdzielili tych osadów na odrębne jednostki. Są one reprezentowane przez warstwy: wierzowskie, lgockie dolne, gezowe górne, łupki pstre godulskie i radiolariowe, margle węglowieckie, piaskowce istebniańskie, łupki pstre, warstwy menilitowe i krośnieńskie dolne. W profilu stratygraficznym wydzielenia te obejmują utwory od kredy dolnej po miocen dolny.

Podczas terenowych prac geologicznych na badanym obszarze, zajmującym powierzchnię 55,38 km² (5538,7 ha), udokumentowano 321 osuwisk o łącznej powierzchni 5,21 km² (521,15 ha). Najmniejsza forma ma powierzchnię 0,025 ha, a największa – 26,11 ha. Osuwiskowość powierzchniowa (*Op*) i gęstość osuwisk (*G*) zdefiniowana i obliczona wg wzoru zaproponowanego przez Bobera (1984) dla całego terenu badań wynosi odpowiednio: 10,25%, i 5,2 osuwiska/km². W omawianym terenie dominują zsuwy (*slide*) stanowiące łącznie 57% wszystkich form. Następnie formy mieszane (*complex*), będące kombinacją różnych typów ruchu, które stanowią 26% oraz spływy (*flow*) stanowiące 17% form. W grupie zsuwów dominują zsuwy translacyjne (*translational slide*) (26%) nad zsuwami rotacyjnymi (*rotational slide*) (24%), a zsuwy złożone, nierotacyjne (*compound*) stanowią 7% wszystkich form (Margielewski, 2009).

Do obliczenia podatności w rejonie Sanoka została wykorzystana jedna ze statystycznych metod dwuwymiarowych, często stosowana w literaturze światowej, a dotąd nie stosowana

w Polsce: *Frequency Ratio Model* (FR) (Lee, Pradhan, 2007; Huang i in., 2015; Ramesh, Anbazhagan, 2015). Stosując ją, wskazujemy przede wszystkim na relacje przestrzenne między częstotliwością występowania osuwisk a występowaniem poszczególnych klas czynników biernych. Czynniki bierne wykorzystane do analizy zostały przedstawione na 10 mapach tematycznych opisujących: budowę geologiczną, typ fliszu, układ geologiczny, ekspozycję zboczy, nachylenie stoków i tektonikę, rozumianą jako rozmieszczenie i odległość od takich elementów tektonicznych jak: nasunięcia, uskoki i osie fałdów. Wyjątkowo do analizy predysponowanych właściwości stoku wykorzystano bufory wokół osuwisk, a nie same osuwiska. Zrobiono to w myśl idei, że osuwiska w swoich granicach zaburzają wszystkie parametry fizyczno-chemiczne i mechaniczne zbocza, a w obrębie bufora zbocze zachowuje swoje pierwotne cechy i właściwości, które chcemy rozpoznać. Przygotowana warstwa buforowa obejmuje stoki o nie naruszonej strukturze o łącznej powierzchni 304 ha.

Z analizy wynika, że najbardziej osuwiskowe są stoki zbudowane z warstw menilitowych, pstrych łupków godulskich i radiolariowych oraz warstw gezowych górnych, nachylone pod kątem 15–26° i ekspozycji N, NE, SE. Stoki konsekwentne są dwa razy bardziej podatne na osuwanie niż stoki obsekwentne. Litologia warstw, a zwłaszcza kąt ich nachylenia i układ geologiczny zboczy, odgrywa większą rolę niż tektonika podłoża. W sąsiedztwie uskoków oraz w odległości 150–250 m od osi antyklinal rozwinęło się najwięcej osuwisk.

LITERATURA

- BOBER L., 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 340: 115–161.
- HUANG J., ZHOU Q., WANG F., 2015 – Mapping the landslide susceptibility in Lantau Island, Hong Kong, by frequency ratio and logistic regression model. *Annals of GIS*, 21 (3): 191–208.
- LEE S., PRADHAN B., 2007 – Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. *Landslides*, 4: 33–41. doi:10.1007/s10346-006-0047-y.
- MALATA T., ZIMNAL Z., 2013 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Sanok (1041). PIG-PIB, Warszawa.
- MALATA T., ZIMNAL Z., 2014 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000 ark. Sanok (1041). PIG-PIB, Warszawa.
- MARGIELEWSKI W., 2009 – Problematyka osuwisk strukturalnych w Karpatach fliszowych w świetle zunifikowanych kryteriów klasyfikacji ruchów masowych – przegląd krytyczny. *Przegląd Geologiczny*, 57 (10): 905–917.
- RAMESH V., ANBAZHAGAN S., 2015 – Landslide susceptibility mapping along Kolli hills Ghat road section (India) using frequency ratio, relative effect and fuzzy logic models. *Environmental Earth Sciences*, 73: 8009–8021. doi:10.1007/s12665-014-3954-6.



Struktury szufladowe – strukturalna klasyfikacja osuwisk w anizotropowym ośrodku skalnym

RAFAŁ SIKORA

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

Słowa kluczowe: struktury szufladowe, zsuw, flisz, analiza strukturalna, klasyfikacja osuwisk, Karpaty

Istnieje ścisła zależność rozwoju osuwisk od uwarunkowań strukturalnych podłoża skalnego. Z tego powodu zrozumienie procesów prowadzących do deformacji zboczy wymaga badań nad geometrią i kinematyką zsuwów kontrolowanych tektoniką podłoża oraz ich odpowiedniego usystematyzowania i klasyfikacji. Szczególnie jest to ważne w anizotropowym ośrodku skalnym, takim jak flisz karpacki.

Termin „struktury szufladowe” odnosi się do osuniętych fragmentów zboczy górskich, które w obrazie kartograficznym charakteryzują się prostoliniowym przebiegiem głównych i bocznych skarp osuwiskowych. W rzeźbie stoków karpaccich tego typu formy wykazują charakterystyczną geometrię, regularnością zbliżoną do brył. Badania nad tym zagadnieniem oparte na analizie wysokorozdzielczej modelu terenu z danych LiDAR i badania strukturalne w odświeżeniach skalnych pozwoliły na stwierdzenie, że geometria i kinematyka tego typu form jest warunkowana układem nieciągłości tektonicznych (spękań i uskoków) istniejących w masywie skalnym.

W badanych przypadkach struktury szufladowe są najczęściej ograniczone przez ortogonalny układ spękań ciosowych: podłużnych (L) i poprzecznych (T), które narzucają geometrię „skrzynkową” osuniętym masom skalnym. Powierzchnie lub strefy oderwania na stokach rozwijają się wzdłuż skarp i często zaznaczają się w rzeźbie otwartymi szczelinami ekstensyjnymi. W strefie tej dominuje kinematyka przemieszczeń typowa dla uskoków normalnych, natomiast wzdłuż skarp bocznych zachodzą głównie przemieszczenia przesuwcze. W strefie akumulacji występują deformacje fałdowe i nasuwcze, charakterystyczne dla stref kompresji. W wyniku badań potwierdzono, że przemieszczenia grawitacyjne oderwanych płatów osuwiskowych odbywają się zazwyczaj wzdłuż nieciągłości rozwiniętych na powierzchniach utawienia.

Na podstawie analizy strukturalnej wyróżniono trzy podstawowe typy zsuwów:

A – pojedynczy, ograniczone do jednej powierzchni poślizgu;

B – wielokrotny z kilkoma dyskretnymi powierzchniami poślizgowymi;

C – wielokrotny z rampowym połączeniem pomiędzy powierzchniami ślizgowymi.

Z przeprowadzonych badań wynika, że struktury szufladowe są charakterystyczne dla osuwisk rozwiniętych w utworach fliszu gruboławicowego lub z jego znacznym udziałem w profilu stoku. Pakiety osuwiskowe w tego typu skałach zachowują względną spójność podczas zsuwu. Struktury szufladowe występują na stokach konsekwentnych i insekwentnych względem układu warstw i dlatego są one typowe dla zgodnoławicowych stoków grzbietów izoklinalnych. W przypadku sfałdowanego podłoża struktury tego typu mogą występować na obu skrzydłach fałdów stojących, a w przypadku fałdów pochylonych – na ich skrzydłach grzbietowych. Struktury szufladowe mogą stanowić samodzielną formę lub być częścią większego osuwiska.

W zależności od położenia „szuflady” na zboczu przed i po przemieszczeniu, „wysunięcie szuflady” może być rezultatem różnego typu deformacji:

Przypadek A – zachodzi, gdy pojedyncza „szuflada” zakrywa cały stok lub jego dolną część i wysuwa się bez nacisku wywieranego od tyłu. W tym przypadku zachodzi zsuw swobodny.

Przypadek B – występuje, gdy struktura szufladowa rozwija się w górnej części stoku. Proces zsuwania powoduje kompresję w obrębie niżej położonych pakietów i masy skalnej. Wynikiem tego procesu mogą być:

1 – powstanie grzbietu poprzecznego do kierunku zsuwu;

2 – fałdowanie i nasuwanie się zsuniętych pakietów skalnych;

3 – zmiana rodzaju ruchu z translacyjnego w górnej części stoku na rotacyjny w części dolnej.



Strukturalne uwarunkowania rozwoju jaskiń i obrywów w dolinie Khurtul Usnug Agui w masywie Bogdyn Nuruu (Ałtaj Gobijski, Mongolia)

RAFAŁ SIKORA¹, ANTONI WÓJCIK¹, ANDRZEJ GAŁAŚ²,
MIROŚLAW MASOJC³, GRZEGORZ MICHALEC³,
MARCIN SZMIT⁴, JÓZEF SZYKULSKI³,
BYAMBA GUNCHINSUREN⁵

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROZEŃ, KRAKÓW, POLSKA

² INTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI I ENERGIĄ PAN, KRAKÓW, POLSKA

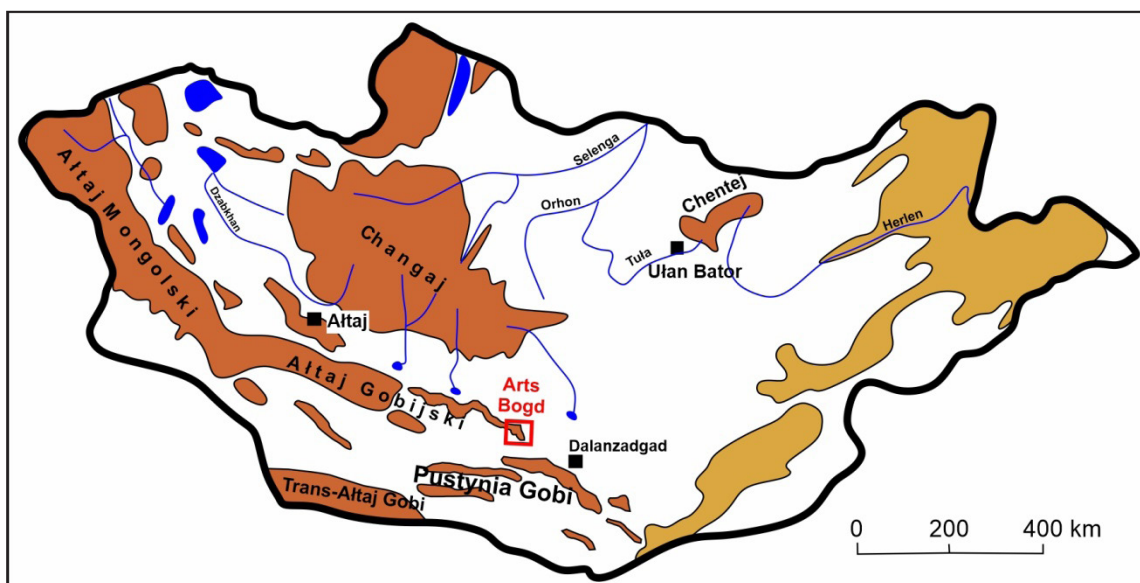
³ UNIWERSYTET WROCŁAWSKI, INSTYTUT ARCHEOLOGII, WROCŁAW, POLSKA

⁴ MUZEUM ARCHEOLOGICZNE W GDAŃSKU, GDAŃSK, POLSKA

⁵ MONGOLIAN ACADEMY OF SCIENCES, INSTITUTE OF ARCHEOLOGY, UŁAN BATOR, MONGOLIA

Prace polsko-mongolskiej ekspedycji archeologicznej w masywie górskim Bogdyn Nuruu (Arts Bogd; wschodnia część Ałtaju Gobijskiego w południowej Mongolii) i jego otoczeniu były okazją do przeprowadzenia szerokiego zakresu badań geologicznych (ryc. 1). Szczegółowe prace w celu określenia genezy prowadzono w małym kompleksie jaskiń, w których odkryto stanowiska społeczności łowiecko-zbierackich paleolitu. Zlokalizowane są one w dolinie Khurtul Usnug Agui we wschodniej części badanego masywu. Badane jaskinie rozwinęły się w utworach wulkanicznych (trachybazaltach, trachyandezytach) związanych z jurajsko-dolnokredowym ryfem gobiałtajskim (m.in. Cunningham, 2010).

Analiza strukturalna wykazała, że największa z nich jest jaskinią szczelinową rozwiniętą wzdłuż lokalnego zespołu stromych, penetratywnych spękań o kierunku NNW–SSE. Wejście do jaskini przegradza częściowo zawalony strop, a obok niej (na SE) występuje obryw skalny, pod którym utworzyła się kolejna jaskinia szczelinowa. Studium nad spękaniami w pobliżu jaskini pozwoliło udokumentować szereg szczelin z rozciągania potwierdzających dylatację masywu skalnego oraz wskazać potencjalną powierzchnię poślizgu, wzdłuż której postępuje powolny zsuw znacznej części skał budujących analizowany stok.



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań na tle schematycznej mapy Mongolii (wg Sikory i in., 2016, zmienione)

Obserwacje terenowe wskazują, że tempo rozpadu masywu jest ciągłe, lecz zapewne było przyspieszane epizodami związanymi ze zdarzeniami geodynamicznymi. Badany teren znajduje się na obszarze o wysokiej aktywności sejsmicznej, gdzie w czasach współczesnych odnotowano kilkadziesiąt trzęsień ziemi. Należy do nich najintensywniejsze interkontynentalne trzęsienie ziemi odnotowane za pomocą aparatury pomiarowej, znane z licznych publikacji (nazywane Bogd lub Gobi Ałtaj), z dnia 4 grudnia 1957 r. o magnitudzie rzędu 7,8–8,3 (m.in. Ritz i in., 2007). Zasięg deformacji powstałych w wyniku trzęsienia i widocznych w rzeźbie terenu sięgał ponad 260 km. Uruchomionych zostało również wiele osuwisk (Florensov, Solonenko, 1963).

Badania prowadzono w ramach grantu NCN 2019/33/B/HS3/01113 pn. „Wokół Tsakhiurtyń Hondi. Badania epoki kamienia pogramicza Ałtaju i pustyni Gobi w Mongolii”.

LITERATURA

- CUNNINGHAM D., 2010 – Tectonic setting and structural evolution of the Late Cenozoic Gobi Altai orogen. Geological Society, London, Special Publications, 338 (1): 361–387.
- FLORENISOV N.A., SOLOENENKO V.P., (red.), 1963 – The Gobi-Altai Earthquake. Akademiya Nauk USSR, Moscow [in Russian; English translation, 1965, US Department of Commerce, Washington, DC].
- RITZ J., PRENTICE C.S., BRAUCHER R., MARCO S., VASSALLO R., CHAUVET A., RIZZA M., ULZIBAT M., BAATARSUREN G., DEMBEREL S., TODBILEG M., ULZIBAT M., BAYANMUNKH B., SCHWARTZ D., MICHELOT J., MASSAULT M., 2007 – Earthquake Geology of the Bogd Fault, Gobi Altai, Mongolia. American Geophysical Union, Fall Meeting 2007, abstract id. T43B-1362.
- SIKORA R., MADEJ S., WÓJCIK A., NESCIERUK P., 2016 – Deformation structures of the Mesoproterozoic and the Neoproterozoic-Cambrian rocks of the Khasagt Massif (Western Mongolia) in the light of meso- and microstructural analysis. [W:] 3. Polski Kongres Geologiczny „Wyzwania polskiej geologii”. Tom kongresowy (red. J. Wojewoda): 344–345. Wrocław, 14–18.09.2016 r.



Ocena przepływu wody gruntowej w koluwium osuwiska fliszu karpackiego za pomocą wielopunktowego systemu monitorowania w miejscowości Tęgoborze-Just

JACEK STANISZ¹, ZENON PILECKI¹, JANUSZ MIREK²,
MICHAŁ WÓJCIK³, VINCENZZO CACI⁴

¹ INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI I ENERGIĄ PAN, KRAKÓW, POLSKA

² INSTYTUT GEOFIZYKI PAN, KRAKÓW, POLSKA

³ GEOD PRZEDSIĘBIORSTWO WIELOBRANŻOWE MICHAŁ WÓJCIK, KRAKÓW, POLSKA

⁴ SISGEO S.R.L., MASATE, WŁOCHY

Słowa kluczowe: osuwisko, flisz karpacki, system monitorowania, Tęgoborze-Just

Celem badań było opracowanie i uruchomienie wielopunktowego systemu monitorowania do oceny przepływu wody gruntowej. System zainstalowano w obrębie utworów koluwalnych osuwiska w Tęgoborzu-Juście, 15 km na północny zachód od Nowego Sącza. Pomiary w warunkach fliszu karpackiego są zadaniem skomplikowanym ze względu na jego bardzo silne zróżnicowanie właściwości mechanicznych i filtracyjnych koluwium. Dodatkowym czynnikiem są zmienne warunki wodne, silnie związane z czasowo-przestrzennym zróżnicowaniem opadów atmosferycznych.

System składa się z 3 modułów: rejestracji, zasilania i zdalnej transmisji danych. Moduł rejestracji składa się z 8 otworów piezometrycznych, 4 otworów z czujnikami temperatury oraz stacji meteorologicznej. Moduł zasilania składa się z akumu-

latora 12V. Moduł zdalnej transmisji umożliwia przesyłanie danych na zewnętrzny serwer.

Wstępne wyniki pomiarów, przeprowadzonych od 3 marca do 15 czerwca 2021 r., wskazują na wzrost przepływu od 7 do 15 cm słupa wody na głębokościach: 4,0; 10,5 i 15,5 m, w warunkach 5-dniowego opadu atmosferycznego o wartości 70,7 mm. Z kolei wzrost przepływu od 2 do 5 cm słupa wody obserwowano na głębokościach 10,5 i 11,8 m, w warunkach 5-dniowego opadu o wartości 52,6 mm. Wstępne wyniki pomiarów wskazują na występowanie uprzywilejowanych stref przepływu wody gruntowej, w szczególności na głębokości 10,5 m. Wielopunktowy system monitorowania jest użytecznym narzędziem do oceny przepływu wody gruntowej w koluwium zbudowanym z utworów fliszu karpackiego.



Modelowanie numeryczne w analizie stateczności osuwisk i projektowaniu ich zabezpieczeń

ALEKSANDER URBAŃSKI, MICHAŁ GRODECKI

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ, KRAKÓW

W referacie omówiono wykorzystanie modelowania numerycznego z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES) w odniesieniu do zagadnień osuwiskowych. Opisano zasady prowadzenia numerycznych analiz stateczności zboczy (w tym analizy wstecznej ukierunkowanej na oszacowanie parametrów wytrzymałościowych ośrodka gruntowego), analizy tendencji osuwiska do dalszej propagacji oraz modelowania zachowania się konstrukcji zabezpieczenia osuwiska.

Szczególne uwagi poświęcono układom periodycznym pali stabilizujących osuwisko (gdzie zaprezentowano autorską metodę 2D/3D, pozwalającą na uchwycenie istotnych efektów trójwymiarowych w modelu płaskim) oraz konstrukcjom gabionowym (uwzględniono ograniczoną wytrzymałość siatek gabionowych oraz połączeń pomiędzy gabionami). Opisane zagadnienie zilustrowano przykładami pochodzącymi z praktyki inżynierskiej autorów.



Urbanizacja na terenach osuwiskowych na przykładzie miasta Rzeszów

ANNA WALICKA

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; aochm@pgi.gov.pl

Rzeszów jest jednym z najszybciej rozwijających się miast w Polsce. W latach 2006–2021 poszerzył swoje granice o ponad 100% z 53 do 129 km². Liczba ludności wzrosła z 159 tys. w 2005 r. do 198 tys. w roku 2021. Zasięg terytorialny Rzeszowa zwiększa się głównie poprzez wchłanianie sąsiadujących miejscowości. Rozrost miasta wiąże się ze zmianą zagospodarowania terenu, a co za tym idzie, zmianą rzeźby. Tym samym tereny o charakterze wiejskim, zagospodarowanym głównie rolniczo, przekształcają się w tereny zurbanizowane (Sikora, Hrehorowicz-Gaber, 2017). Rozwija się infrastruktura drogowa i przesyłowa. W ramach nowych inwestycji w mieście teren jest niwelowany (wykonywane są: nasypy, wkopy, regulowane koryta rzek itp.), co zaburza pierwotne warunki gruntowe.

W 1951 r. miasto Rzeszów obejmowało przede wszystkim równinny teren doliny Wisłoka. Obecnie w granicach miasta ponad 25% powierzchni stanowi obszar Pogórza Dynowskiego (Kondracki, 2002), obejmującego strefę nasunięcia Karpat fliszowych, charakteryzującą się dużą podatnością na ruchy masowe. Południowo-zachodnią część miasta stanowi Pogórze Rzeszowskie zbudowane głównie z osadów mioceńskich (zatoka rzeszowska) oraz lessów (Marciniec, Zimnal, 2013).

W 2023 r. jest planowane zakończenie prac nad „Mapą osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi” w skali 1:10 000 dla miasta Rzeszów. Na podstawie dotychczasowych obserwacji liczbę osuwisk w Rzeszowie szacuje się na ponad 300, z czego większość znajduje się w południowo-wschodniej części miasta, w obrębie nasunięcia karpackiego (rejon Matysówki, św. Rocha, Białej i Podlesia). Osuwiska występują też w zachodniej części (Przybyszówka), w obrębie osadów zatoki rzeszowskiej oraz w dolinie rzeki Strug. Osuwiskowość Rzeszowa szacuje się na ok. 2%, przy czym w części południowo-wschodniej dochodzi ona do 8%. Tam też obserwuje się obecnie wzrost nowych inwestycji.

W ramach badań przeanalizowano numeryczny model terenu (NMT) z lat 2011, 2017 i 2020 w rozdzielczości 1 × 1 i wykonano analizę porównawczą tych modeli. Dla zobrazowania problemu wybrano obszary, gdzie zaobserwowano wpływ

zmian antropogenicznych związanych z urbanizacją na rzeźbę terenów osuwiskowych. Dodatkowo posłużono się modelami różnicowymi, które pozwalają na szczegółowe analizy numeryczne.

Analizy wskazują na duże tempo zmian w ukształtowaniu terenu. W ciągu niespełna 10 lat wybrane formy uległy często całkowitemu przemodelowaniu, co utrudnia prace kartograficzne i identyfikację form osuwiskowych. Zmiany antropogeniczne mogą przyczyniać się do uaktywnienia istniejących osuwisk lub do rozwoju nowych form. Obserwuje się też działania dążące do likwidacji osuwisk – często w sposób niekontrolowany. W celu sporządzenia wiarygodnego rejestru osuwisk niezbędna jest analiza danych archiwalnych (map, dokumentacji, numerycznych modeli terenu, ortofotomapy) pozwalających na prześledzenie zmian w rzeźbie danego obszaru. Przy planowaniu przestrzennym należy uwzględnić rejon o wysokim wskaźniku osuwiskowości, co pozwoli zredukować ryzyko osuwiskowe (m.in. Laskowicz, Mrozek, 2018; Laskowicz, 2019). Projektowanie inwestycji na terenach osuwiskowych wymaga odpowiedniego, indywidualnego podejścia (Kos, Wójcik, 2021). W celu prawidłowego rozpoznania podłoża niezbędne jest wykonanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dokumentującej powierzchnie poślizgu osuwiska i warunki gruntowe występujące na terenie inwestycji.

LITERATURA

- <https://www.erzeszow.pl/692-rozszerzenie-granic-rzeszowa/13520-jak-roslo-nasze-miasto.html> (dostęp: 9.09.2022).
- KONDRACKI J., 2002 – Geologia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KOS J., WÓJCIK A., 2021 – Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie osuwisk na terenie fliszu karpackiego. *Przeгляд Geologiczny*, 69 (12): 825–834.
- LASKOWICZ I., 2019 – Zagospodarowanie przestrzenne osuwisk – nadal otwarty problem. *Przeгляд Geologiczny*, 67 (5): 303–307.
- LASKOWICZ I., MROZEK T., 2018 – Redukcja ryzyka osuwiskowego w Polsce – działania ad hoc czy strategia? *Prace i Studia Geograficzne*, 63 (3): 33–46.
- MARCINIEC P., ZIMNAL Z., 2013 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Głogów Małopolski (981). PIG-PIB, Warszawa.
- SIKORA A., HREHOROWICZ-GABER H., 2017 – Przekształcenia nowych terytoriów miejskich na przykładzie Rzeszowa. *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, 64 (4/1): 315–322.



On the origin of large ancient landslides in low elevation Daunia Mountains of Apulia, Italy

JANUSZ WASOWSKI¹, VINCENZO DEL GAUDIO²,
LUCA PISANO¹, NUNZIO LUCIANO FAZIO¹,
DANIELA DE LUCIA¹, ANGELO UGENTI¹,
VERONICA ZUMPARO¹, FRANCESCO FILICE¹,
DOMENICO CASARANO¹, FRANCESCA SANTALOIA¹,
SALVATORE GALLICCHIO¹, PIERNICOLA LOLLINO²

¹ CNR-IRPI, NATIONAL RESEARCH COUNCIL – RESEARCH INSTITUTE FOR GEO-HYDROLOGICAL PROTECTION, BARI, WŁOCHY

² UNIVERSITY OF BARI ALDO MORO, BARI, WŁOCHY

Many rainfall-induced damaging slope failures occur each year in the tectonically active Apennine Mountains (Italy), where weak lithologies are widespread. Moreover, several cases of recent moderate magnitude earthquakes and long-term historical records provide evidence for the seismic triggering of landslides and other ground failures. Such evidence is very scarce for the little-studied low elevation SE portion of the Apennines, the Daunia Mountains (Apulia region), which include 25 hilltop towns in an area of ca. 2000 km². Made of clay-rich fossil formations (Late Cretaceous-Miocene) disrupted by the Apennine frontal thrusts, the Daunia Mts. are known to be prone to rainfall-induced landsliding. To investigate the susceptibility to earthquake-induced slope failures, we use the results of our recent, 1:5000 scale multi-temporal landslide inventory map, which revealed the presence of hundreds of ancient (of unknown cause) very large (>2 · 10⁵ m²) landslides in Daunia. They originate at upper slopes and their spatial distribution indicates possible links with the seismotectonics of the region, as the areas with the higher landslide frequency (NW and SE parts of Daunia) are located close to the known seismogenetic sources of M > 6 events. These two areas are lithologically and topographically similar

to the middle part of Daunia having fewer large landslides. To gather additional evidence for the possible seismic origin of the ancient large landslides, we selected two such failures from the NW part of Daunia, where we could benefit from our detailed geological-geomorphological mapping, as well as the geotechnical data needed for slope stability analysis. The location of the failures, within 25 km from the epicenter of the 6.7M 1627 earthquake, facilitated the choice of an appropriate seismic input for dynamic analysis. Numerical modeling indicated that the two slopes are unlikely to fail without earthquake loading even when improbably high groundwater levels are assumed. The dynamic analysis indicated that both slopes would have likely failed (Newmark displacement threshold exceeded) under seismic shaking comparable to that of the 1627 earthquake. The presented evidence is circumstantial, but the origin and age of the large slope failures in Daunia should be clarified within the ongoing Seismic Microzonation of the Apulia region.

Research funded by the Puglia Regional Authority – Civil Protection Service, within a project “Microzonazione Sismica e Condizione Limite di Emergenza, Regione Puglia”.



Wykorzystanie różnicowych modeli terenu w badaniach osuwisk

MARCIN WÓDKA

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; mwod@pgi.gov.pl

Słowa kluczowe: różnicowe modele terenu, litologiczny wskaźnik przemieszczeń, osuwiska

Wykorzystanie numerycznych modeli powierzchni terenu (NMT) wygenerowanych na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) w badaniu osuwisk jest na świecie powszechne od ok. 20 lat (Jaboyedoff i in., 2012). Z biegiem czasu coraz łatwiej o dostępność danych ALS pozyskanych dla tego samego obszaru w różnych okresach czasu. Daje to możliwość tworzenia różnicowych modeli powierzchni terenu (RMT). W prezentacji przedstawiono możliwości wykorzystania RMT w badaniu osuwisk.

Pomimo dokładności RMT obciążonej błędem 25–30 cm, pozwala on na prześledzenie zmian dynamiki rozwoju osuwisk na dużych obszarach. Pomaga również uniknąć subiektywnej oceny aktywności osuwisk, która bywa błędna, zwłaszcza na obszarach, gdzie nie obserwuje się świeżych form osuwiskowych lub uszkodzeń infrastruktury. Wyznaczenie osuwisk bezspornie aktywnych w danym okresie umożliwia prowadzenie analiz

współczesnych przyczyn ich rozwoju. W prezentacji przedstawiono przykłady osuwisk dobrze zaznaczających się na RMT o niemal całkowicie zatartej rzeźbie na przestrzeni ostatnich lat, przez co są trudne do rozpoznania podczas prac terenowych.

W prezentacji zaproponowano wykorzystanie RMT do obliczeń tzw. litologicznego wskaźnika przemieszczeń, który określa ile metrów sześciennych przemieszczonych gruntów przypada na metr kwadratowy danego wydzielenia litologicznego. Litologia odgrywa istotną rolę w rozwoju osuwisk, dlatego wskaźnik ten można uznać za istotny element oceny podatności stoków na osuwanie.

LITERATURA

JABOYEDOFF M., OPPIKOFER T., ABELLÁN A., DERRON M.H., LOYE A., METZGER R., PEDRAZZINI A., 2012 – Use of LiDAR in landslide investigations: a review. *Natural Hazards*, 61: 5–28.





O!SUWISKO '22

STRESZCZENIA POSTERÓW



Osuwiska autostrady A1 pomiędzy Częstochową a Piekarami Śląskimi

WALDEMAR BARDZIŃSKI, RYSZARD CHYBIORZ

UNIWERSYTET ŚLĄSKI W KATOWICACH, WYDZIAŁ NAUK PRZYRODNICZYCH; waldemar.bardzinski@us.edu.pl, ryszard.chybiorz@us.edu.pl

Słowa kluczowe: osuwiska, kajper, autostrada A1, Próg Woźnicki

Inwestycje liniowe (drogi, autostrady, linie kolejowe itp.) ze względu na wymogi techniczne dla terenów urozmaiconych morfologicznie (linie kolejowe i autostrady choćby ze względu na ograniczenia wartości kąta nachylenia powierzchni podjazdu i zjazdu na kierunku ich rozciągłości) wiążą się z koniecznością prowadzenia ich na nasypach i odpowiednio wykonanych wykopach. Autostrada A1 na odcinku od północnych okolic Częstochowy (od 418 km) po Piekary Śląskie przecina poprzecznie kolejno wzniesienia zbudowane z wapieni górnojurajskich, różnych osadów czwartorzędowych, w tym paleokrasowych czwartorzędowych i starszych, południowej części Wyżyny Wieluńskiej oraz wzniesienia Progu Herbskiego z okolic Nierady, Łyśca i Starczy zbudowane z dolnojurajskich piasków i piaskowców łysieckich, środkowo-jurajskich, silnie spękanych piaskowców kościeliskich i różnorodnych osadów czwartorzędowych. Dalej ku południu, po przecięciu Obniżenia Liswarty-Proсны, autostrada, wznosząc się, przecina zbudowany z kajperowego piaskowca trzciniastego i przykrywających go przełamujących się mułowców, iłowców i piaskowców wyraźny Próg Woźnicki, omijając szerokim łukiem Ligołę Woźnicką. Następnie schodzi w podmołkę, zalesione Obniżenie Górnej Małej Panwi i przekraczając pasma wzniesień o rozciągłości wschód–zachód Garbu Tarnogórskiego, zbudowane ze środkowotriasowych wapieni, margli i dolomitów oraz odstawiających się lokalnie w okolicach Sączowa i Dobieszowic mułowców, iłowców i piaskowców kajperu, podchodzi pod Piekary Śląskie.

Podczas wykopów i po ich wykonaniu na Wyżynie Wieluńskiej (obwodnica Częstochowy) i północnej części przyległego Obniżenia Krzepickiego nie było problemu z ruchami osuwiskowymi, jednak po wyrównaniu wykopu kilka odcinków umocniono kotwami i zastrzykami cementowymi. Latem 2022 r. koło Szarlejki, nieopodal Częstochowy, po deszczach powstało kilkumetrowe osuwisko w piaszczysto-gliniasto-pyłastych osadach czwartorzędowych.

W okolicach Nierady na Progu Herbskim z powodu podatności osuwiskowej wzmocniono dwa parusetmetrowe odcinki kilkumetrowej wysokości zachodniej ściany wykopu, a środkową część pomiędzy nimi zabezpieczono odcinkiem gabionowym. Podczas wykonywania wykopu w okolicy Starczy, w jego zachodniej ścianie (ok. 5–7 m wysokości) w piaszczystych, czwartorzędowych osadach podścielonych

czwernożółtawymi słabo przepuszczalnymi osadami na odcinku ponad 1 km masowo występowały osuwiska, ale po jego ukończeniu ściana ta jest stabilna.

Dalej ku południu jezdnie A1 wznoszą się na Próg Woźnicki, gdzie wykopy pod nie wykonane odstąpiły kontakt piaskowców trzciniastego, przechodzących ku górze w kompleks przełamujących się mułowców, iłowców i piaskowców, z także należącymi do kajperu wapieniami woźnickimi. Właśnie zdominowany przez mułowce i iłowce kompleks mułowcowo-iłowcowo-piaskowcowy jest ośrodkiem, w obrębie którego, na 456 kilometrów we wschodniej ścianie wykopu nachylonej pod kątem 33° ku zachodowi, przed wiosną 2018 r. powstało niewielkie osuwisko (ale jak dotąd największe na opisywanym odcinku A1) i nadal, mimo zabezpieczeń, jest z różnym tempem czynne. W głębokim na ok. 1,5 m rowie wykonanym pod różnego rodzaju instalacje u podstawy wschodniej ściany, poniżej spągu betonu jezdni odstawiały się szaroróżowawe piaskowce o miąższości ławic do 30 cm. Ławice piaskowca zalegają poziomo lub są nachylone ku południu. Są spękane pionowo lub bardzo stromo. Istnieją co najmniej dwa systemy spękań, w których oddzielność jednego jest rzędu 20–30 cm, a drugiego 40–60 cm, natomiast ich orientacja wynosi 0–20° i 70–90° i inne. Pomiarów te są niepewne z powodu zmiany ułożenia i kruszenia ławic przez koparkę podczas wykonywania rowu. Osuwisko powstało najprawdopodobniej w północnej części starszego, płytkiego osuwiska, a późniejsze, już zabezpieczone, miało długość 9 m, szerokość ponad 40 m, jego jezor schodził ku WNW, tj. wg azymutu ok. 290°, natomiast skarpa główna przekraczała 1 m. Osuwisko było rotacyjne, a przy skarpie głównej powstał rów. Od 2021 r. w północnej części osuwiska, zabezpieczonego ok. 100 m murem gabionowym, rozwija się niecka nowego osuwiska.

Na Garbie Tarnogórskim, w okolicach Sączowa i Dobieszowic, na ścianach wykopów zbudowanych z mułowcowo-iłasto-piaskowcowych kompleksów rozwinęło się parę niewielkich płytkich translacyjnych osuwisk, z których dwa zabezpieczono kotwami i siatką, a dwa inne od razu narzutem kamiennym o średnicy do kilkunastu centymetrów. Na skutek większych opadów, przemieszczające się osady koluwalne pozrywały siatkę z kotew i sfałdowały się z nimi. Po zdjęciu koluwalium do głębokości nienaruszonej skały, ścianę zabezpieczono narzutem kamiennym.



Historia regionu kluczem do poprawnej interpretacji osuwisk

MARTA BIELAK

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI,
CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; marta.bielak@pgi.gov.pl

W terenach zabudowanych poprawne wyznaczenie zasięgów osuwiska jest często utrudnione i bardzo skomplikowane. Należy pamiętać, że deformacje antropogeniczne mogą zachodzić od setek lat. Dokładniejsze poznanie historii badanego obszaru może w znaczącym stopniu pomóc w poprawnym rozpoznaniu osuwisk oraz wstrzymać autora przed nadinterpretacją. Przykłady:

- skocznia narciarska w Sanoku;
- wioski na obszarach akcji „Wisła”;
- grody w lasach;
- umocnienia wojskowe;
- wydobywanie lub dawne kopalnie.

Część form pochodzenia antropogenicznego jest widoczna na pierwszy rzut oka, jednak formy starsze, znajdujące się na

obszarze bardziej użytkowanym antropogenicznie, mogą być bardzo przekształcone lub całkowicie zatarte. Zagłębienie się w historię badanego obszaru umożliwia autorowi rozpoznanie form antropogenicznych. Wiedza o dawnym wydobyciu surowców na badanym terenie uczyła autora na formy przypominające dawne kopanki lub kamieniołomy. Dawne okopy, gniazda artyleryjskie lub pola ćwiczebne nie zostaną złudnie zaliczane do obniżeń terenu, progów akumulacyjnych lub skarp wtórnych. Nawet w terenach silnie zabudowanych zdarzają się niespodzianki. Występowanie skoczni narciarskiej na obszarze parku miejskiego nie jest powszechną formą antropogeniczną. Baczne studiowanie dawnych zapisków związanych z wydobyciem, zabudowaniami oraz gospodarką jest bardzo ważne w prawidłowej interpretacji osuwisk na modelu NMT oraz w trakcie kartowania terenowego.



Dynamika aktywnego osuwiska w Piotrkowicach Małych

DARIUSZ BUDZIŃSKI¹, JOANNA KOWALCZYK-SZPYT²

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW; dariusz.budzinski@pgi.gov.pl

² PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A., KRAKÓW; j.szpyt@pgsa.krakow.pl

Słowa kluczowe: ruchy masowe, osuwiska, geozagrożenia

Osuwisko w Piotrkowicach Małych (gm. Koniusza, pow. proszowicki, woj. małopolskie) to osuwisko asekwentne. Powstało w wyniku przemieszczenia mas koluwium (lessów, glin lessopodobnych, odkutych skał podłoża) w dół stoku przekształconego antropogenicznie, o nachyleniu 7°, po powierzchni cylindrycznej (zsuw rotacyjny). Swoim zasięgiem objęło obszar ok. 0,3 ha.

Po raz pierwszy uaktywniło się 07.08.2021 r. po intensywnych opadach deszczu, których szczyt przypadł na 05.08.2021 r. W górnej części osuwiska powstała wówczas sieć głębokich szczelin o głębokości ok. 1,5 m, stanowiąca skarpy główną, oraz wyraźne skarpy boczne osuwiska. Droga gminna uległa uszkodzeniu, ujawniając na swej powierzchni wiele płytszych szczelin i spękań, a także głębszych bruzd, zlokalizowanych w poboczu drogi, w miejscu występowania kanalizacji sanitarnej. Zniszczeniu uległy również budynki: gospodarczy i mieszkalny oraz ogrodzenie posesji prywatnej. Materiał koluwalny został zdeponowany poniżej skarpy drogowej, przechodząc ku dołowi w jęzor osuwiskowy. Czoło osuwiska wyraźnie zarysowało się jedynie po stronie zachodniej, gdzie jego maksymalna wysokość wyniosła ok. 1,0 m (Laskowicz, 2021).

Dalszą aktywność osuwiska w Piotrkowicach Małych zanotowano podczas dwóch kolejnych wizji terenowych, tj. we wrześniu 2021 r. oraz w marcu 2022 r. Dynamika osuwiska z upływem czasu uwidoczniła się szczególnie w znacznym

pogłębianiu się istniejących zniszczeń terenu, drogi gminnej oraz zabudowań prywatnych, grożąc kolejnymi zniszczeniami w granicach aktywnego osuwiska, a także w jego sąsiedztwie (Dokumentacja geologiczno-inżynierska...).

Czynnikiem katalizującym procesy osuwiskowe w tym rejonie jest infiltracja wód opadowych w podłożu o właściwościach silnie tiksotropowych (lessy i utwory lessopodobne; Boratyn, Brud, 1993). Ich obecność w podłożu może sprzyjać powstawaniu osunięć gruntu na stokach o nachyleniu mniejszym niż większość typowych, karpackich osuwisk skalno-zwietrzelinowych (Wójcik, Zimnal, 1996; Wódka, 2022).

LITERATURA

BORATYN J., BRUD J., 1993 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Słomniki (947). PIG, Warszawa.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA w ramach zadania pn.: Stabilizacja i zabezpieczenie osuwiska nr 122067 wraz z odbudową drogi gminnej nr 160530K – Do „Akacyjek” w miejscowości Piotrkowice Małe w km 0+190 do km 0+310 i odbudową sieci grawitacyjnej kanalizacji sanitarnej km od 0+190 do 0+310.

LASKOWICZ I., 2021 – Karta rejestracyjna osuwiska nr 12-14-012-122067. PIG-PIB, Kraków.

WÓDKA M., 2022 – Conditions of landslide development during the last decade in the Rożnów Dam-Lake region (Southern Poland) based on Airborne Laser Scanning (ALS) data analysis. *Geological Quarterly*, 66 (4): 1–23.

WÓJCIK A., ZIMNAL Z., 1996 – Osuwiska wzdłuż doliny Sanu między Bachórczem a Reczpołem (Karpaty, Pogórze Karpackie). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 374: 77–91.



Wpływ dostawy koluwiów na zmianę składu frakcjonalnego aluwiów i morfologii koryt w sąsiedztwie aktywnych osuwisk

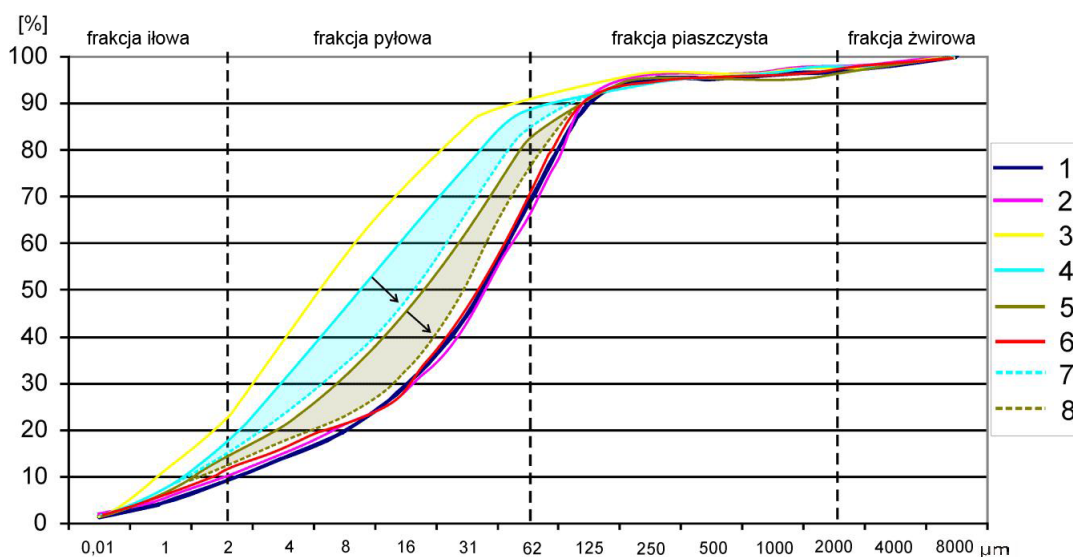
JAROSŁAW CEBULSKI

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA PAN, KRAKÓW

Słowa kluczowe: osuwiska, koryta potoków, aluvia, morfometria koryt, polskie Karpaty fliszowe

Rzeźba polskich Karpat fliszowych jest silnie przemodelowana przez ruchy masowe, szczególnie osuwiska. Na obszarze powyżej 19 600 km² występuje ponad 60 000 osuwisk i ponad 5000 obszarów zagrożonych osuwaniem, co stanowi więcej niż 9% powierzchni Karpat (Marciniak i in., 2019). Duża część osuwisk karpacczych ma bezpośredni kontakt z korytami rzek i potoków, przez co są określane jako osuwiska przykorytowe. Uaktywnienie takich form istotnie wpływa na funkcjonowanie systemu fluwialnego, poprzez ingerencje w morfometrię koryt, zmianę składu aluwiów i materiału niesionego przez wodę. Głównym celem badań było określenie skali i zasięgu oddziaływania aktywnych osuwisk na koryta potoków z uwzględnieniem warunków hydrometeorologicznych i zróżnicowania rzeźby obszaru badań. Wybrane do badań koryta potoków oraz osuwiska były zlokalizowane w beskidzkiej (Bartnianka, Sękówka) oraz pogórskiej części Karpat (Potok Szczepanowicki, Potok Leszczyński). Do określenia ilości dostarczanych do koryt koluwiów użyto metodę lotniczego i naziemnego skaningu laserowego oraz GPS RTK. Wpływ aktywności osuwisk na zmianę składu frakcjonalnego aluwiów określano metodą dyfrakcji laserowej. Wpływ aktywnych osuwisk na zmianę składu frakcjonalnego

aluwiów określono porównując strukturę materiału pobranego z koryta powyżej osuwiska, z osuwiska i z kilku miejsc poniżej osuwiska. Pobór próbek materiału wykonano dwukrotnie. Pierwszy raz w czerwcu 2014 r., bezpośrednio po wezbraniu, kolejny – rok później. Uzyskane w ten sposób wyniki pozwoliły stwierdzić, iż w każdym z badanych koryt dochodziło do zwiększenia udziału frakcji iłowej i pyłowej w aluviach bezpośrednio poniżej osuwisk, a wraz ze wzrostem odległości udział ten się zmniejszał (ryc. 1 – próbki 4, 5). W 2014 r. wzrost ten był większy niż rok później, co było również konsekwencją mniejszej dostawy koluwiów do koryt w 2015 r. (ryc. 1 – próbki 7, 8). Wpływ osuwisk na zmianę składu frakcjonalnego zanika w odległości 200–450 m poniżej osuwisk. Osuwiska przykorytowe wpływają na koryta potoków również przez zmianę szerokości koryt w miejscu ich kontaktu z osuwiskiem. W przypadku potoków beskidzkich dochodzi do dwukierunkowej zmiany szerokości koryt, polegającej na zwiększaniu szerokości w okresach bezwezbaniowych oraz jej zmniejszaniu w czasie wezbrań. Natomiast szerokość i głębokość koryt pogórskich ulega stalemu wzrostowi, niezależnie od warunków hydrometeorologicznych.



Ryc. 1. Model zmiany składu frakcjonalnego aluwiów w potokach górskich pod wpływem dostawy koluwiów

1, 2 – próbki pobrane z koryt powyżej osuwisk; 3 – próbki pobrane z czoł osuwisk; 4, 5, 6 – próbki pobrane z koryt poniżej osuwisk w 2014 r.; 7, 8 – próbki pobrane z koryt poniżej osuwisk w 2015 r.

Zastosowanie metod teledetekcyjnych do monitoringu powierzchniowego ruchów masowych na przykładzie osuwisk w Gdańsku (w latach 2014–2022)

**JERZY FRYDEL¹, LESŁAW MIL¹, LESZEK JURYS¹,
LUCYNA TOBOJKO¹, PIOTR MACIASZEK¹,
KRZYSZTOF KARWACKI²**

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ GEOLOGII MORZA, GDAŃSK

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, WARSZAWA

Ruchy masowe ziemi (w tym osuwiska) należą do zjawisk powszechnie rozpoznawalnych w Europie i na świecie. W Polsce osuwiska najczęściej występują na zboczach dolin o różnej genezie oraz w skarpach i klifach zbiorników wodnych, na obszarze Karpat i Sudetów. Część osuwisk z uwagi na to, że stwarza realne zagrożenie dla ludności, zabudowy i infrastruktury komunikacyjnej lub technicznej, podlega systematycznym obserwacjom makroskopowym i/lub instrumentalnym. Pomiar i obserwacje są prowadzone w celu określenia zagrożeń dla mieszkańców i infrastruktury na podstawie weryfikacji stanu aktywności, wyznaczenia zasięgów obszarów objętych ruchami masowymi oraz rozpoznania dynamiki procesu osuwania. Obserwacje są prowadzone z należytą starannością, zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, z uwzględnieniem przepisów prawa (Dz.U. 2020 poz. 2270) i opracowań poświęconych ruchom masowym, m.in. występującym na obszarze miasta Gdańska.

Oddział Geologii Morza PIG-PIB od 2014 r. stosuje metodę monitoringu powierzchniowego 3 wybranych osuwisk w Gdańsku (nr SOPO: 28035, 28136, 28154). Metoda polega na cyklicznej dokumentacji rzeźby terenu i zagrożonej infrastruktury z użyciem technologii skaningu laserowego (LiDAR, TLS – naziemny, ALS – lotniczy), wizji w terenie i pomiarów manualnych występujących w zabudowie spękań. Od 2021 r. szczegółowe zobrazowania są pozyskiwane również przez zastosowanie fotogrametrii niskiego pułapu, realizowanej przy użyciu bezzałogowego statku powietrznego (UAV; tj. drona). Pozycja jest wyznaczana na podstawie stałych punktów pomiarowych (reperów), punktów kontrolnych lub/i pomiarów kinematycznych, lub sieciowych (RTK/RTN), przy zastosowaniu poprawek czasu rzeczywistego dostarczanych przez GPRS z Aktywnej Sieci Geodezyjnej EUPOS (ASG-EUPOS).

Pomiary teledetekcyjne i ich wyniki charakteryzują się wysoką precyzją i dokładnością, która pozwala na szczegółowe obrazowanie obszarów podlegających negatywnym przekształceniom wskutek działalności ruchów masowych. Surowe dane pomiarowe, dzięki wielostopniowej filtracji i modelowaniu, umożliwiają wizualizację za pomocą chmur punktów i modeli o zmiennej rozdzielczości. Rozdzielczość w danym rejonie jest warunkowana dostępnością punktów pomiarowych TLS/

ALS/UAV, która zależy od trybu pomiarów, stopnia pokrycia terenu roślinnością oraz obecności obiektów infrastrukturalnych mogących powodować maskowanie rzeźby terenu. W przypadku obiektów podlegających degradacji, takich jak mury oporowe czy ściany budynków, nacisk położono na stworzenie szczegółowych modeli o rozdzielczości 0,01 m oraz dokładności pomiaru ok. 0,005 m (na podstawie pomiarów TLS).

W 2022 r. na zamówienie zleceniodawcy (Urząd Miasta w Gdańsku) zakres obserwacji zwiększono o kolejne 31 osuwiska wytypowane do monitoringu metodą wizji w terenie z uwagi na potencjalne zagrożenie, które stanowią dla życia ludzi oraz infrastruktury.

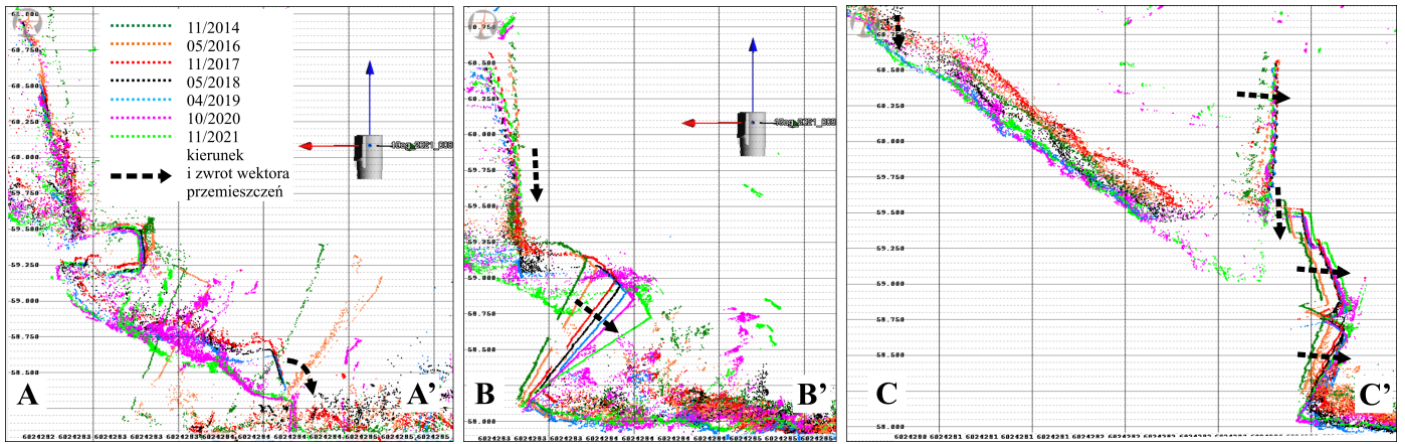
Wyniki monitoringu osuwisk z poszczególnych lat opracowano w formie raportów i protokołów zawierających lokalizacje i zasięgi osuwisk wykreślone na tle map topograficznych w skali 1:10 000, map sytuacyjno-wysokościowych w skali 1:1000, numerycznych modeli terenu (NMT), map spadków terenu i zdjęć lotniczych. Sporządzone opracowania zawierają profile stoków, modele różnicowe, rezultaty pomiarów manualnych, zdjęcia dokumentujące stan osuwisk, zabudowań i obiektów infrastrukturalnych.

Na podstawie szczegółowej analizy w toku prac kameralnych zdiagnozowano lokalnie występujące przejawy aktywności, skutkujące degradacją infrastruktury zlokalizowanej w obrębie osuwisk (nr 28154, ryc. 1), przemieszczeniami głazu w obrębie skarpy głównej (nr 28035), występowaniem obszarów potencjalnych deformacji stoku (nr 28154) oraz zwiększaniem rozwarcia szczeliny muru oporowego (nr 28136).

Wstępne wyniki prac terenowych przeprowadzonych w 2022 r. pozwoliły na rozpoznanie aktualnego stanu obszarów, na których w 2011 r. udokumentowano występowanie ruchów masowych w ramach „Rejestru osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi dla terenu Miasta Gdańska”.

Prace terenowe wykonane wiosną 2022 r. umożliwiły aktualizację stanu obszarów, na których występują ruchy masowe. W zależności od rejonu skutkowały potwierdzeniem spostrzeżeń





Ryc. 1. Przesunięcia muru w SE części osuwiska nr 28154 (lata 2014–2021), poniżej budynku mieszkalnego przy ul. Ogińskiego 16B, zobrazowane za pomocą profili poprzecznych A–A', B–B', C–C'

odnośnie aktywności osuwisk z 2011 r., stwierdzeniem zmiany aktywności, rozpoznaniem zwiększonego zagrożenia wskutek rozszerzenia zasięgu bocznego osuwiska (nr 28149) lub posadowieniem infrastruktury mieszkalnej i użytkowej w obrębie osuwiska (nr 28056) wykartowanego w 2011 r.

Zinterpretowane wyniki pomiarów i obserwacji pozwoliły na sporządzenie szczegółowych, corocznych opracowań dokumentujących stan osuwisk, umożliwiając tym samym śledzenie tendencji rozwojowych wybranych osuwisk i obiektów infra-

strukturalnych w czasie. Prace kartograficzne zrealizowane przez Oddział Geologii Morza PIG-PIB należą do opracowań, których wykorzystanie może poprawić bezpieczeństwo mieszkańców. Ponadto, wyniki monitoringu oraz ich właściwa interpretacja pozwalają na sformułowanie zaleceń dla administracji samorządowej i rządowej, których zastosowanie może skutkować ograniczeniem zagrożenia, np. poprzez wykonanie prac stabilizacyjnych i zabezpieczających stoki, jak to miało miejsce w przypadku szeregu osuwisk w Gdańsku w rejonie Biskupiej Górki.

Osuwiska w polskich Karpatach w ujęciu statystycznym na podstawie wyników Projektu SOPO (stan na 2022 r.)

JAROSŁAW KACZOROWSKI, MARCIN KUŁAK

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA;
jaroslaw.kaczorowski@pgi.gov.pl; marcin.kulak@pgi.gov.pl

Prowadzona przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy od 2006 r. baza danych SOPO jest trzecią pod względem liczby osuwisk bazą danych osuwiskowych w Europie – po włoskiej i norweskiej (Herrera i in., 2018). Obecnie zawiera informacje na temat prawie 75 tys. osuwisk i ponad 6,7 tys. terenów zagrożonych (<http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl>), z czego największa liczba tych obiektów znajduje się na terenie Karpat. Do połowy 2022 r. inwentaryzacja objęła ponad 83% tego rejonu – zidentyfikowano tam ponad 67 tys. osuwisk i prawie 4 tys. terenów zagrożonych. Zajmują one łącznie ponad 2 tys. km² (z czego osuwiska to $\frac{3}{4}$ tej powierzchni).

Liczba, wielkość i rozmieszczenie osuwisk na terenie Karpat nie są równomierne, co pokazują zebrane do tej pory dane. Obliczono wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej dla gmin (procent powierzchni gminy zajętej przez osuwiska) – dla większości gmin karpaccich nie przekracza on 10%. Dla 8 gmin wskaźnik ten wynosi ponad 20%, maksymalnie osiągając wartość prawie 26% – dla gmin Krzywca (powiat przemyski) i Mogilany (powiat krakowski).

Wskaźnik gęstości osuwiskowej (średnia liczba osuwisk na kilometr kwadratowy) na terenie polskich Karpat wynosi 4 osuwiska/km². Przeciętnie na obszarze gminy znajduje się ok. 300 osuwisk, na terenie 27 gmin ta wartość przekracza

600. Rekordową liczbę osuwisk zarejestrowano do tej pory w gminie Dubiecko (powiat przemyski) – 1625.

Wskaźnik gęstości osuwiskowej (dla obszaru gminy) dla większości gmin karpaccich nie przekracza 5 osuwisk/km². Dla 11 gmin wskaźnik ten wynosi ponad 10 osuwisk/km², maksymalnie osiągając wartość prawie 18 osuwisk/km² – dla gminy Tomice (powiat wadowicki).

Z uwagi na bardzo dużą rozpiętość wielkości osuwisk (najmniejsze – kilkadziesiąt metrów kwadratowych, największe – ponad 3 km²) w celu lepszego przedstawienia ich rozmieszczenia przestrzennego obliczono również wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej dla siatki 1 km² (rozumiany jako procent powierzchni oczka siatki zajętej przez osuwiska). Sięga on maksymalnie 96%. Jego średnia wartość wynosi 10%, jednakże obszary o bardzo dużej osuwiskowości (powyżej 50%) znajdują się na terenie każdego z powiatów karpaccich.

LITERATURA

Aplikacja Systemu Osłony Przeciwosuwiskowej – <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl> (dostęp: 20.09.2022).
HERRERA G., MATEOS R.M., GARCÍA-DAVALILLO J.C. i in., 2018 – Landslide databases in the Geological Surveys of Europe. Landslides, 15: 359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0902-z>



Zagrożenia infrastruktury kolejowej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w latach 2013–2021

ZBIGNIEW KOWALSKI, MARIA PRZYŁUCKA

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA

Opracowanie przedstawia wpływ eksploatacji górniczej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) na stan infrastruktury kolejowej w latach 2013–2021.

GZW jest jednym z największych zagłębi węglowych w Europie, gdzie eksploatacja górnicza rozpoczęła się ponad 200 lat temu i jest kontynuowana do dnia dzisiejszego. W 1980 r. wydobycie węgla kamiennego osiągnęło swoje maksimum, 193 mln ton i od tego momentu nastąpił raptowny jego spadek do około 42 mln ton w 2021 r. Podziemna eksploatacja górnicza jest ingerencją w zasoby przyrodnicze, a co za tym idzie, wpływa na stan budynków oraz infrastrukturę techniczną w postaci tzw. szkód górniczych. Szczególnie wrażliwa na szkody górnicze jest infrastruktura kolejowa. W Polsce jest ponad 19 tys. km linii kolejowych, a ich średnia gęstość wynosi 6,2 km/100 km². Największa długość sieci kolejowej występuje w województwie śląskim i wynosi 1978 km (ponad 10% wszystkich linii kolejowych). Województwo to charakteryzuje się także największą gęstością sieci kolejowej (ponad 15 km/100 km²).

W wyniku eksploatacji węgla kamiennego, szczególnie w powszechnie stosowanym systemie z zawalaniem stropu, następują deformacje powierzchni terenu, powstają niecki obniżeniowe i zachodzi zmiana warunków wodnych. Zjawiskom tym towarzyszą wstrząsy górnicze oraz powstawanie deformacji nieciągłych w postaci progów, uskoków czy zapadłisk.

W celu oceny wpływu działalności kopalni węgla kamiennego w granicach obszarów górniczych GZW na stan infrastruktury kolejowej wykonano analizę numerycznych modeli tere-

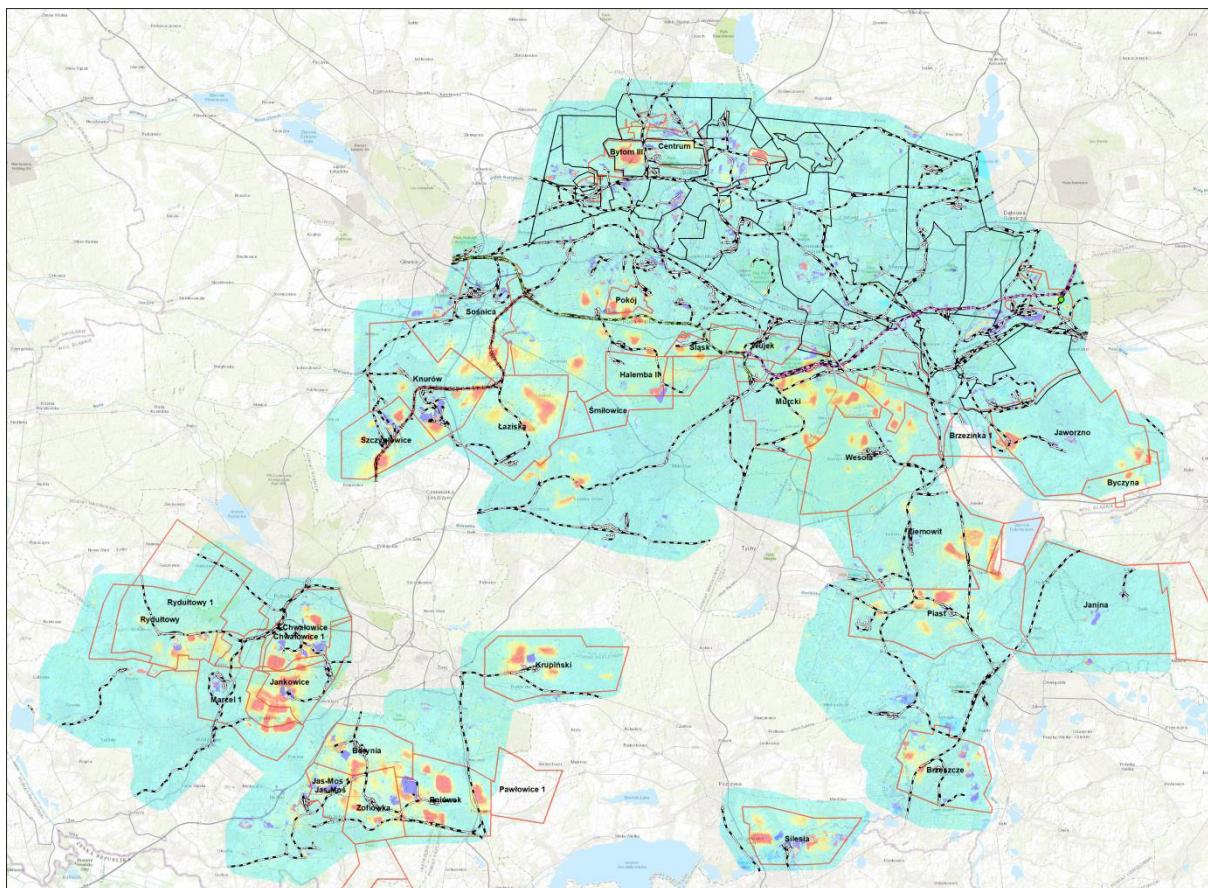
nu (DTM) dla lat 2013 i 2021. Modele te powstały z opracowań lotniczego skaningu laserowego (LiDAR) oraz zdjęć lotniczych i zostały pozyskane z zasobów Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Kolejnym etapem było nałożenie modelu różnicowego na sieć linii kolejowych znajdujących się w granicach obszarów górniczych GZW. Wygenerowana mapa deformacji powierzchni terenu obejmuje obszar GZW w latach 2013–2021. Wykazała ona obecność ponad 100 niecek obniżeniowych (ryc. 1). Niecki te wpływają na stan infrastruktury kolejowej, a w szczególności na geometrię i niweletę torów oraz zawodnienie podtorza. Innym negatywnym czynnikiem powstania obniżenia terenu jest konieczność obniżenia prędkości taboru kolejowego.

łącznie w granicach obszarów górniczych GZW w zasięgu niecek obniżeniowych znajduje się 41,7 km linii kolejowych. Stanowi to 2,3% ogólnej długości szlaków kolejowych w GZW.

Najbardziej zagrożone linie kolejowe to:

- linia kolejowa 149, drugorzędna, relacji Zabrze Makoszowy–Leszczyny, o długości 23,7 km; na trasie tej linii znajdują się 2 duże niecki obniżeniowe; pierwsza na wysokości stacji kolejowej Gierałtów i druga w okolicach miejscowości Czuchów;
- linia kolejowa 171, pierwszorzędna, relacji Dąbrowa Górnicza–Panewniki, o długości 37,8 km; niecka obniżeniowa znajduje się w obrębie stacji Katowice Muchowiec;
- linia kolejowa 141, pierwszorzędna, relacji Katowice Ligota–Gliwice, o długości 26,5 km; niecka obniżeniowa znajduje się w dzielnicy Ruda Śląska-Wirek.





Ryc. 1. Zagrożenia infrastruktury kolejowej na obszarze GZW

Źródło: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Analiza numeryczna wpływu wykopu drogowego na stateczność stoku

MAGDALENA MOSKAŁ, ELŻBIETA PILECKA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII ŁĄDOWEJ, KRAKÓW; magdalena.moskał@pk.edu.pl

Słowa kluczowe: stateczność osuwisk, analiza numeryczna, wykopy drogowe, projektowanie geotechniczne

W Polsce w ostatnich latach można dostrzec dynamiczny rozwój infrastruktury drogowej. Coraz częściej planowane są nowe trasy komunikacyjne, zwłaszcza w południowej Polsce, która charakteryzuje się specyficzną budową geologiczną. Jest to na tyle trudne, że musi się odbywać w miejscach istniejących osuwisk. Stanowi to wyzwanie dla projektantów dróg, którzy są zobowiązani projektować skarpy nasypów i wykopów drogowych w sposób pozwalający na bezpieczne prowadzenie ruchu samochodowego. Skarpy projektowanych wykopów otwartych muszą zostać zaprojektowane jako stateczne przez cały okres użytkowania.

Prowadzone rozważania dotyczą wpływu wykopu drogowego na stateczność stoku. Testom poddano osuwiska oraz obszary predysponowane do powstawania osuwisk ujęte w Systemie Ochrony Przeciwoświsowej SOPO Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.

Poprawny wybór lokalizacji przekrojów testowanych osuwisk ma znaczący wpływ na cały proces projektowania dróg, dlatego pierwsza faza badań dotyczyła wyboru najbardziej niekorzystnych przekrojów obliczeniowych tj. takich, które dają najmniejsze wartości prognozowanych współczynników stateczności stoku FoS w stanie *in situ*. Kluczowymi elementami były tutaj złożoność budowy geologicznej podłoża oraz warunki wodne. Ze względu na dużą zmienność przestrzenną budowy podłoża na terenie Karpat fliszowych na tym etapie wykonano kilkadziesiąt analiz numerycznych.

Koleją fazą badań było ustalenie lokalizacji nowoprojektowanej drogi oraz obciążenie jej ruchem samochodowym. Zaprojektowano kilka wariantów pochyłości skarpy wykopu. Dla

każdego testowanego osuwiska rozpatrzono łącznie po 10 przypadków:

- zmienne nachylenie stoku – 1:1 lub 1:1,5 lub 1:1,75 lub 1:2 lub 1:2,5 lub 1:3;
- dwa przyjęte poziomy zwierciadła wód gruntowych – zgodny z przeprowadzonymi badaniami podłoża gruntowego oraz całkowite zawodnienie stoku.

Potwierdzono istnienie korelacji między stopniem nachylenia skarpy wykopu a wyznaczonym współczynnikiem stateczności ogólnej FoS. Dla analizowanych osuwisk określono najkorzystniejszy stopień nachylenia skarpy na poziomie 1:1,75, który daje zadowalające wartości współczynnika FoS w przypadku większości testowanych osuwisk, zapewniając jednocześnie ekonomiczną realizację inwestycji poprzez bilansowanie mas ziemnych.

LITERATURA

- BIEL A., 2013 – Objaśnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, gm. Niebylec, pow. strzyżowski, woj. podkarpackie. <https://geoportal.pgi.gov.pl/sopo-gview/objpdf?f=728> (dostęp: 15.09.2022).
- JUDYCKI J., JASKUŁA P., PSZCZOŁA M., ALENOWICZ J., DOŁŻYCKI B., JACZEWSKI M., RYŚ D., STIENSS M., 2013 – Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. GDDKiA, Gdańsk, Warszawa.
- KACZOROWSKI J., 2013 – Objaśnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, gm. Czudec, pow. strzyżowski, woj. podkarpackie. <https://geoportal.pgi.gov.pl/sopo-gview/objpdf?f=665> (dostęp: 15.09.2022).
- OBWIESZCZENIE Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. 2016 poz. 124).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. 2022 poz. 1518).
- WÓJCIK A., WÓJCIECHOWSKI T., 2016 – Osuwiska jako jeden z ważniejszych elementów zagrożeń geologicznych w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, 64 (9): 701–709.



10 lat edukacji o geozagrożeniach na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

WOJCIECH OZIMKOWSKI, EDYTA JUREWICZ

UNIwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa; wojciech.ozimkowski@uw.edu.pl, edyta.jurewicz@uw.edu.pl

Słowa kluczowe: edukacja, geozagrożenia, dokumentacja powierzchniowych ruchów masowych

Począwszy od 2009 r. grupa pracowników naukowych i doktorantów Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego (WG UW) (łącznie 15 osób) wykonywała na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB) „Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi” dla 7 gmin województwa małopolskiego i podkarpackiego (Niedźwiedź, Mszana Dolna, Krościenko nad Dunajcem, Ochotnica Dolna, Jaślika, Żurawica i Ostrów). Zdobyte podczas tych prac doświadczenie umożliwiło opublikowanie zaleceń metodycznych dla osób kartujących osuwiska w Karpatach zewnętrznych (Ozimkowski i in., 2010), a także zostało wykorzystane w celach dydaktycznych – w roku akademickim 2012/2013 na WG UW został wprowadzony przedmiot „Dokumentacja powierzchniowych ruchów masowych”. Był to początkowo wykład do wyboru, przekształcony następnie w 45-godzinne praktykum z rozbudowaną częścią wykładową, obowiązkowe dla studentów IV roku studiów I stopnia (inżynierskich) na kierunku geologia stosowana na specjalizacji geodynamika i kartografia geologiczna, dostępne również dla innych specjalizacji jako przedmiot do wyboru.

Część wykładowa obejmuje zarówno ogólne wiadomości o osuwiskach i powodowanych przez nie zniszczeniach (często jedynie pośrednio związanych z samymi osuwiskami), jak i bardziej szczegółowe informacje. Omawiane są przyczyny powstawania powierzchniowych ruchów masowych, ze szczególnym uwzględnieniem działalności człowieka, oraz możliwości zapobiegania im. Szczegółowo są rozważane przypadki ingerencji ludzkiej w środowisko naturalne prowadzące do katastrof budowlanych związanych z osuwiskami. Podawana jest też charakterystyka najbardziej znanych osuwisk w Polsce, zarówno w Karpatach, jak i na obszarach nizinnych. Na tle krajowych osuwisk są omawiane najsłynniejsze osuwiska na świecie, które na takie miano zasłużyły w różny sposób: masą przemieszczonych skał, przemierzonym dystansem, wysokością wzbudzonej fali tsunami lub wielkością wywołanych strat. Innym poruszonym na wykładach problemem jest datowanie osuwisk i szerokie spektrum stosowanych w tym celu metod, zależne od rodzaju skał, szacunkowego wieku osuwiska czy strefy klimatycznej. Studenci poznają również systematykę powierzchniowych ruchów masowych i terminologię zwią-

zaną z opisem form osuwiskowych, w tym stosowaną w instrukcji SOPO (Grabowski i in., 2008), poznają też kryteria rozpoznawania osuwisk zarówno na mapach topograficznych i numerycznym modelu terenu, jak i w terenie, sposób ich dokumentacji zgodny z praktyką SOPO, a także ogólne zasady monitoringu i zabezpieczania osuwisk.

Praktyczna część zajęć służy zapoznaniu studentów zarówno z klasycznymi, jak i nowoczesnymi metodami identyfikacji osuwisk i wyznaczania ich granic – poczynając od analizy rysunku poziomicowego na mapach topograficznych w skali 1:10 000, a kończąc na interpretacji numerycznego modelu terenu uzyskanego za pomocą lotniczego skaningu laserowego (NMT ISOK pobrany z geoportal.gov.pl, przy wykorzystaniu programu Global Mapper). Każdy ze studentów otrzymuje własny zestaw danych, obejmujący obszar ok. 2 × 3 km (A4 w skali 1:10 000) z terenu jednej z kartowanych przez WG UW gmin (głównie Mszana Dolna i Ochotnica Dolna). Po identyfikacji prawdopodobnych osuwisk i wyznaczeniu ich granic wyniki pracy są porównywane z mapami osuwisk zamieszczonymi w bazie danych SOPO. Dla wybranego osuwiska zostaje sporządzona skrócona karta rejestracyjna osuwiska, zaś samo osuwisko – przy wykorzystaniu NMT i ortofotomapy z Geoportalu – zostaje poddane parametryzacji, zgodnej z wymogami aplikacji SOPO.

Przedmiot jest zaliczany na ocenę na podstawie testu, zawierającego również elementy praktyczne, oraz na podstawie prac oddawanych w trakcie zajęć.

W ciągu 10 lat w zajęciach uczestniczyły 102 osoby, z których kilka pracuje obecnie w PIG-PIB, a 4 zdobyły uprawnienia geologiczno-kartograficzne kat. VIII.

LITERATURA

GRABOWSKI D., MARCINIEC P., MROZEK T., NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W., WÓJCIK A., ZIMNAL Z., 2008 – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000. PIG, Warszawa.
OZIMKOWSKI W., RUBINKIEWICZ J., ŚMIGIELSKI M., KONON A., 2010 – Metodyka prac analitycznych i kartograficznych w problematyce osuwisk karpaccich w Polsce (w ramach projektu Systemu Osłony Przeciwosuwiskowej SOPO). Ministerstwo Środowiska, Warszawa.



Bezzałogowe statki powietrzne (BSP) jako narzędzie do identyfikacji form osuwiskowych na potrzeby dokumentowania geologiczno-inżynierskiego

GRZEGORZ PACANOWSKI, ARKADIUSZ PIECHOTA, PRZEMYSŁAW SOBÓTKA, KAMIL WASILEWSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ZAKŁAD GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ, WARSZAWA

Słowa kluczowe: BSP, UAV, bezzałogowy statek powietrzny, geologia inżynierska, osuwisko

Niniejsze opracowanie przedstawia kilka przykładów z terenu naszego kraju wykorzystania bezzałogowego statku powietrznego (BSP) z wbudowaną kamerą fotogrametryczną jako narzędzia do udokumentowania form osuwiskowych.

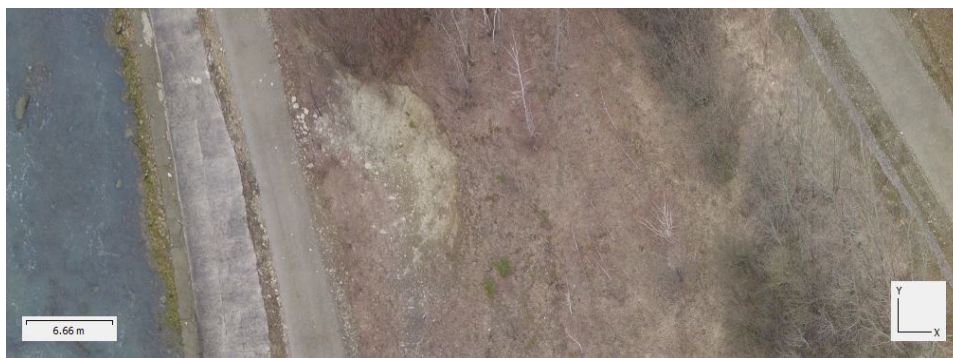
Dzięki możliwości wykonania nalotu fotogrametrycznego nad terenem badań możemy otrzymać ortofotomozaikę, numeryczny model pokrycia terenu oraz numeryczny model terenu o aktualności na dzień nalotu (wizji lokalnej).

Na ortofotomozaice możemy zidentyfikować oraz określić zasięg rozpoznanego osuwiska (ryc. 1). Ortofotomozaika może posłużyć za podkład dokumentacyjny oraz jako dokumentacja fotograficzna na potrzeby finalnego opracowania.

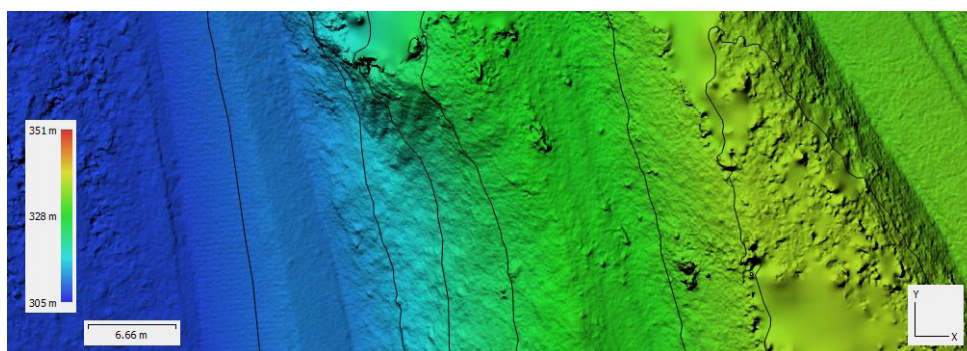
Numeryczny model terenu (ryc. 2) umożliwia np. obliczenie objętości mas ziemnych lub wykreślenie mapy poziomicowej na potrzeby mapy sytuacyjno-wysokościowej.

Wykorzystanie BSP z kamerą fotogrametryczną jest prostym, szybkim i relatywnie tanim sposobem udokumentowania osuwiska w terenie.

Należy pamiętać o ograniczeniach tego narzędzia. Jest ono wrażliwe na warunki atmosferyczne (duży wiatr, deszcz, mróz). Ponadto w terenach silnie zadrzewionych może nie dawać zadowalających wyników. Wtedy należy sięgnąć po BSP z modułem LIDAR, jednakże narzędzie takie jest rozwiązaniem znacznie droższym.



Ryc. 1. Fragment ortofotomozaiki z widocznym osuwiskiem



Ryc. 2. Fragment numerycznego modelu terenu



Aktywność osuwiska w Aksmanicach w XXI wieku

ZIEMOWIT ZIMNAL¹, PIOTR NESCIERUK¹,
ZBIGNIEW KOWALSKI², TOMASZ WOJCIECHOWSKI¹,
ZBIGNIEW PERSKI¹

¹ PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ KARPACKI, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, KRAKÓW

² PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, CENTRUM GEOZAGROŻEŃ, WARSZAWA

Słowa kluczowe: osuwisko, monitoring instrumentalny, Karpaty

Osuwisko w Aksmanicach jest położone we wschodniej części Pogórza Przemyskiego (Zewnętrzne Karpaty Zachodnie), tuż przy granicy z Podgórzem Hermanowickim (Podkarpatie Wschodnie). Rozwinęło się na stoku pogórskiego garbu, w leju źródłowym niewielkiego potoku, lewostronnego dopływu Wiaru.

Osuwisko jest położone w strefie nasunięcia utworów jednostki skolskiej na twory jednostki stebnickiej. Wykształciło się w obrębie kredowo-paleoceńskich warstw inoceramowych, oligoceńskiego kompleksu warstw menilitowych i mioceńskich utworów warstw worotyszczzańskich.

Historia wcześniejszej aktywności osuwiska, opisywanego od lat 40. XX w. (por. Watycha, 1964; Chowaniec i in., 1975; Gucik, 1986), nie jest znana. Do jego pierwszego udokumentowanego uaktywnienia doszło na przełomie XX i XXI w. (Dziewański i in., 2001). W wyniku osuwania została wtedy uszkodzona droga powiatowa na długości ok. 50 m w północnej części osuwiska. Ponowne uaktywnienie nastąpiło prawdopodobnie w 2007 r. lub na początku 2008 r. oraz w 2010 r.

Jesienią 2010 r. droga powiatowa została przebudowana. W obrębie osuwiska, w jego północnej, aktywnej części korpus drogowy podparto konstrukcją filtracyjno-oporową z kosi kamiennych. Rozwiązanie to okazało się jednak w tym miejscu niewystarczające. Wiosną 2011 r. doszło do kolejnego uaktywnienia osuwiska i ponownego uszkodzenia korpusu drogi na odcinku ok. 25 m oraz znajdującej się poniżej konstrukcji oporowej.

Uszkodzony fragment drogi powiatowej został zabezpieczony i odbudowany w 2013 r. przy finansowym wsparciu z rezerwy celowej budżetu państwa w ramach projektu „Osłona Przeciwoświsłowska”. Wykonano wtedy palisadę zwieńczoną oczepem żelbetowym wraz z kotwieniem kotwami gruntowy-

mi. Wykonane wówczas zabezpieczenie spełnia do tej pory swoje zadanie.

W świetle danych uzyskiwanych z monitoringu, który jest prowadzony przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w ramach projektu SOPO, wynika jednak, że osuwisko nadal wykazuje lokalnie aktywność (Nescieruk i in., 2015, 2021). Dane z monitoringu powierzchniowego GNSS wskazują, że następuje przemieszczenie punktów pomiarowych usytuowanych w brzeżnej strefie części osuwiska uaktywnionej w 2011 r. Maksymalne przemieszczenie odnotowano w obrębie czoła jezora wspomnianego zsuwu, tj. 35 cm w latach 2013–2021. Przemieszczenia stwierdzono też w inklinometrze zainstalowanym w południowej części osuwiska. Najaktywniejsza strefa przyrostu przemieszczeń występuje tu na głębokości ok. 8 m p.p.t., a wartość przemieszczenia skumulowanego dla okresu 2010–2021 nie przekracza 9,5 mm.

Odnotowane w ramach monitoringu przemieszczenia wykazują jednostajny charakter zmian.

LITERATURA

- CHOWANIEC J., KOLASA K., NAWROCKA D., WITEK K., WYKOWSKI A., 1975 – Katalog osuwisk, województwo rzeszowskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Karpacki, Kraków.
- DZIEWAŃSKI J., CZAJKA K., HELIASZ Z., BĄK Z., KALETA R., LASKOWICZ I., SKOCZEK A., ŻÓŁTEK J., 2001 – Analiza zjawisk osuwiskowych na terenie województwa podkarpackiego. IGSMiE PAN Kraków, Arch. Urz. Marszałk. Woj. Podkarpackiego, Rzeszów.
- GUCIK S., 1986 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50000, ark. Krzywca (1026). Wydaw. Geol., Warszawa.
- NESCIERUK P., RAJCZKOWSKI W., WOJCIECHOWSKI T., WARMUZ B., KOWALSKI Z., 2015 – Dokumentacja geologiczna z prac monitoringowych wykonanych na osuwisku w m. Aksmanice. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB.
- NESCIERUK P., PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., WARMUZ B., KOWALSKI Z., KOS J., KARWACKI K., GOŁDA M., DACKA J., 2021 – Raport z prac monitoringowych przeprowadzonych na osuwisku Aksmanice (nr 18-13-032 48910). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB.
- WATYCHA L., 1964 – Budowa geologiczna okolic Birczy, Olszan i Rybotycz (Karpaty Dobromiłskie). Biuletyn Instytutu Geologicznego, Warszawa, s.114.



ISBN 978-83-67197-99-1