

Rozpoznanie i próby zabezpieczenia osuwiska w Kurowie (Pogórze Rożnowskie, Karpaty Zewnętrzne)

Antoni Wójcik¹, Jarosław Kos², Sebastian Jurczak³



A. Wójcik

J. Kos

S. Jurczak

Recognition and attempts for the Kurów landslide protection (Rożnow Foothills, Outer Carpathian). *Prz. Geol.*, 576–585.

Abstract. In 2010–2015, various research teams conducted geological operations on the Kurów landslide. They independently documented the course of deep-seated slip surfaces. The studies were carried out in three stages, embracing preparation of expert's reports, geological documentation, and reports on monitoring work. The procedures used in Małopolska, worked out within the framework of the SOPO (LCS – Landslide Counteracting System) project, were of great importance during the recognition and protection of part of the landslide area. It was proposed that the scope

(depth and distribution of boreholes) have been consulted with the appropriate representative of the scientific surveillance of the PGI-NRI Carpathian Branch in Cracow before the tendering procedure.

Keywords: mass movements, Kurów landslide, landslide protection procedure, Flysch Carpathians, southern Poland

Na Pogórzu Rożnowskim zachodzą procesy osuwiskowe zagrażające zarówno budynkom mieszkalnym, jak i infrastrukturze drogowej (Ziętara, 1969, 1974; Chowaniec, Wójcik, 2012; Wójcik i in., 2015). Jednym z obszarów pogórza, na którym występują duże osuwiska skalne i skalno-zwietrzelinowe o różnym stopniu aktywności, są zachodnie i północne stoki Dąbrowskiej Góry (583 m n.p.m.) w gminie Chełmiec, w pobliżu granicy z gminą Gródek nad Dunajcem (ryc. 1 i 2).

W 2010 r., po intensywnych i długotrwałych opadach atmosferycznych w dniach 19–20 maja, na zalesionym zboczu Dąbrowskiej Góry nieopodal miejscowości Kurów uaktywniło się niewielkie osuwisko, które na odcinku długości ok. 40 m zniszczyło drogę wojewódzką nr 975 i to na całej jej szerokości (ryc. 1–3), co doprowadziło do jej zamknięcia. Osuwisko to, o szerokości 90 m, długości 242 m i różnicy wysokości 62 m, zajmuje powierzchnię około 1,52 ha.

Według relacji miejscowej ludności przemieszczenie materiału skalno-zwietrzelinowego było szybkie – trwało zaledwie kilka minut. Wyniki badań wskazują, że około 7820 m³ materiału skalnego osunęło się na skutek częściowego upłynnienia mas skalno-zwietrzelinowych (Wojciechowski i in., 2012).

W obrębie osuwiska można wyróżnić dwie części – południowo-zachodnią i północno-wschodnią. Część południowo-zachodnią (obecnie zabezpieczona – ryc. 4), miała wyraźną skarpe główną, poniżej której występowało osuwisko o cechach sływu błotno-gruzowego (ryc. 2, 3). Osuwisko nastąpiło w wyniku silnego zawodnienia skał i gruntów. W dół osunęła się glina z rumoszem skalnym oraz drzewa porastające zbocze, które w trakcie przemiesz-



Ryc. 1. Skarpa główna osuwiska w Kurowie – maj 2010. Fot. A. Wójcik
Fig. 1. Main scarp of landslide in Kurów – May 2010. Photo by A. Wójcik

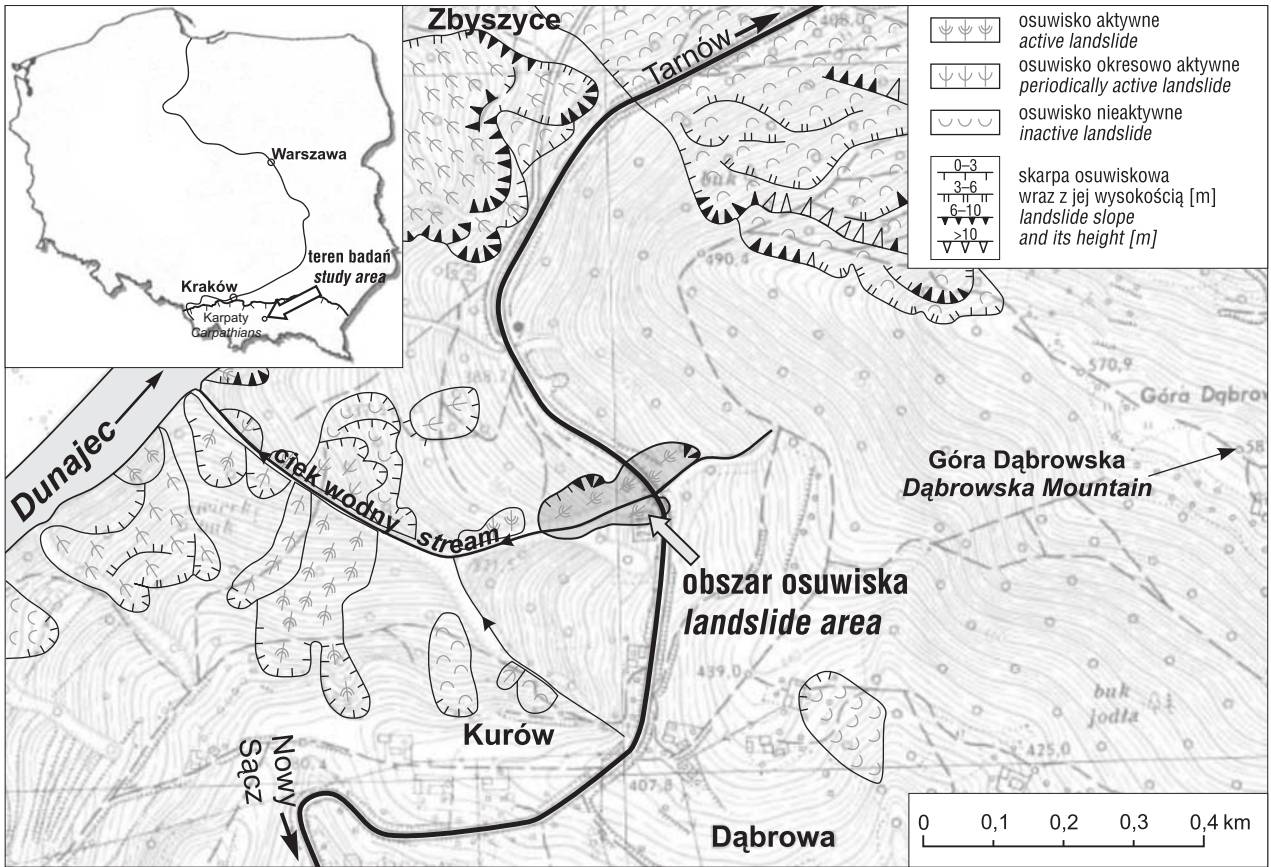
czenia zostały wyrwane z podłoża. W efekcie tego procesu powstała forma o wyrazistych elementach rzeźby osuwiskowej z wysoką skarpe główną i jezorem koluwalnym uformowanym u jej podnóża (ryc. 1, 2). W wyniku późniejszych robót budowlanych jezoro ten został przekształcony.

Północno-wschodnią część osuwiska uformowała się powyżej drogi wojewódzkiej (na wysokości 428 m n.p.m.). Rozpoczyna się ona niską (ok. 1 m wysokości), wyraźnie zaznaczającą się skarpe główną (ryc. 3, 5). W 2010 r. w strefie koluwium osuwiskowego widać było wyraźne ślady przemieszczeń w postaci wtórnych skarp i otwartych szczelin.

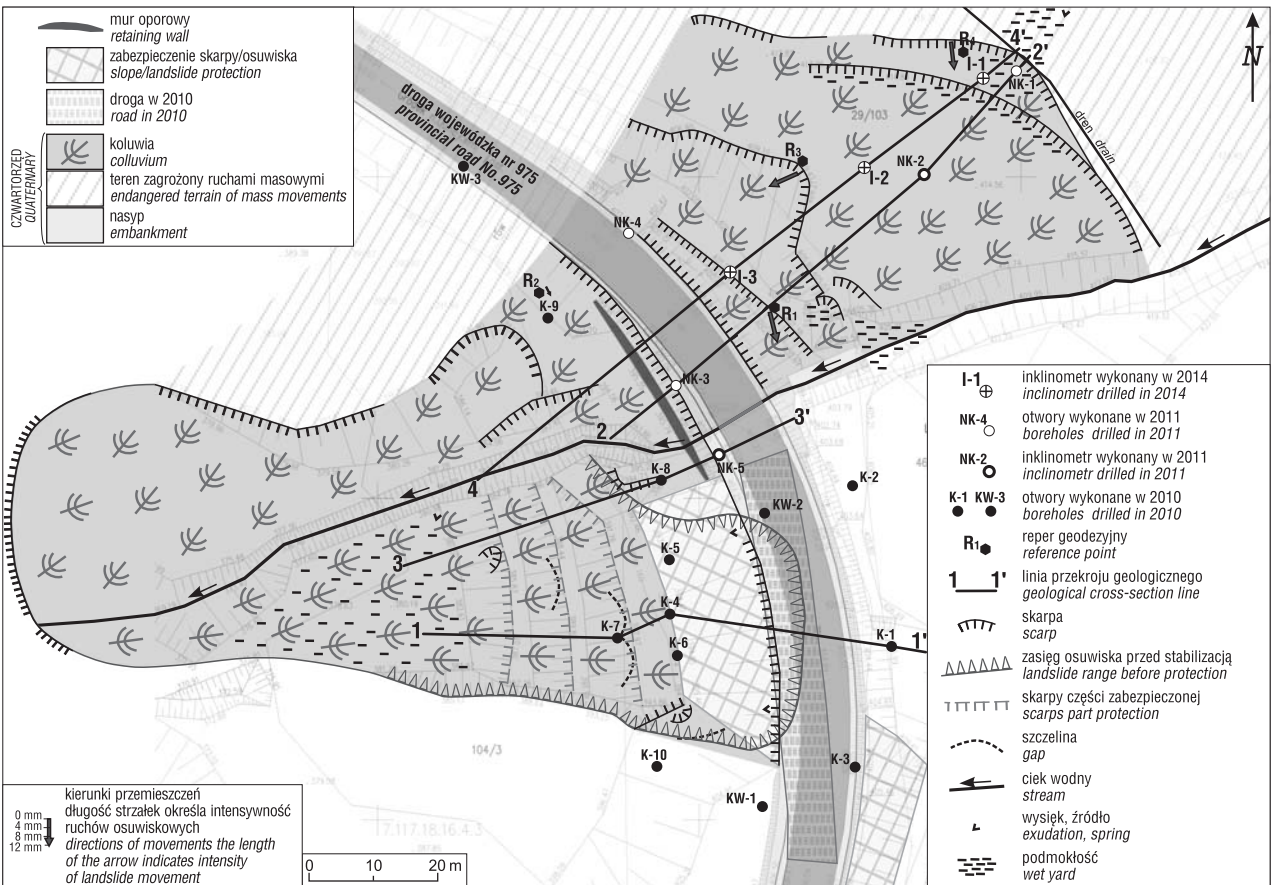
¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; antoni.wojcik@pgi.gov.pl.

² Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie, al. Kijowska 16A, 30-079 Kraków; j.kos@pgsa.krakow.pl.

³ Chemkop-Laborgeo Sp. z o.o., ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; s.jurczak@laborgo.krakow.pl.



Ryc. 2. Lokalizacja osuwiska w Kurowie (mapa wg Wójcika i in., 2015, zmieniona)
 Fig. 2. Location of the landslide in Kurów (map after Wójcik et al., 2015, modified)



Ryc. 3. Mapa osuwiska w Kurowie z lokalizacją wierceń i wykonanych zabezpieczeń (wg Kosa i in., 2014)
 Fig. 3. Map of the landslide in Kurów with location of drillings (logs) and strengthened (stabilized) landslide areas (after Kos et al., 2014)



Ryc. 4. Zabezpieczenie południowej części osuwiska – rok 2017. Fot. J. Kos
Fig. 4. Strengthened area of the southern part of landslide – 2017 year. Photo by J. Kos



Ryc. 5. Skarpa główna północnej części osuwiska – rok 2014. Fot. J. Kos
Fig. 5. Main scarp of the landslide's northern part – 2014 year. Photo by J. Kos

W latach 2010–2015 liczne zespoły badawcze z Chemkop-Laborgeo i Przedsiębiorstwa Geologicznego S.A. w Krakowie prowadziły na terenie osuwiska w Kurowie prace geologiczne (Jurczak i in., 2010, 2011; Grzywacz, 2012; Kos i in., 2014, 2015). Zespoły te niezależnie dokumentowały przebieg głębokich powierzchni poślizgu oraz prowadziły monitoring wgłębny i powierzchniowy. Ze względu na duże zagrożenie infrastruktury komunikacyjnej i złożony przebieg przemieszczeń grawitacyjnych, opracowano ekspertyzy, dokumentacje geologiczne i raporty z monitoringu osuwiska (Wójcik, 2010; Jurczak i in., 2010, 2011; Grzywacz, 2012; Kos i in., 2014, 2015). Początkowo wydawało się, że tak niewielka forma osuwiskowa jest łatwa do zabezpieczenia przed dalszymi przemieszczeniami, jednak okazało się to bardziej skomplikowane i trudniejsze niż wynikało ze wstępnych badań.

Historia rozpoznania osuwiska w Kurowie wskazuje na konieczność zachowania ostrożności w podejmowaniu

decyzji o wykonywaniu zabezpieczeń na terenach objętych procesami osuwiskowymi.

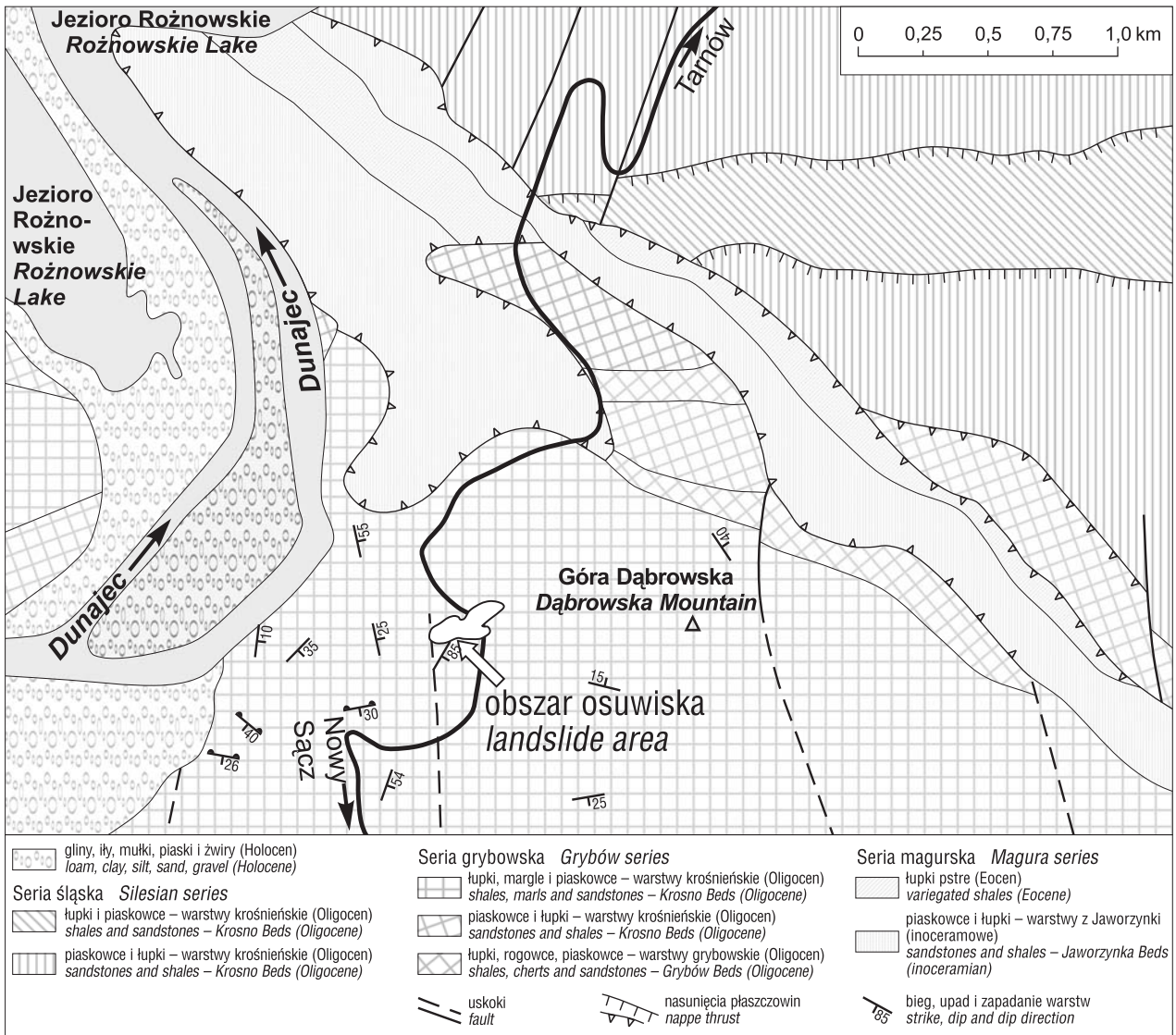
Celem tej publikacji jest wykazanie, że właściwe określenie głębokości powierzchni ściecia determinuje sposób projektowania i wykonania zabezpieczeń obszarów osuwiskowych. Wskutek błędnego określenia głębokości występowania powierzchni poślizgu, która w dokumentacjach geologicznych najczęściej jest wyznaczana zbyt płytko, dochodzi do uaktywnienia już zabezpieczonych konstrukcyjnie obszarów osuwiskowych. Przeważnie powierzchnie poślizgu są wyznaczane na podstawie zmian litologii lub konsystencji gruntów, a bardzo rzadko na podstawie obserwacji powierzchni poślizgu na rdzeniach wiertniczych. W tym aspekcie autorzy chcieli zwrócić uwagę na rolę procedur w dokumentowaniu i zabezpieczaniu terenów osuwiskowych, a także na etapy prac służących wykonaniu trwałych zabezpieczeń osuwisk.

BUDOWA GEOLOGICZNA PODŁOŻA OSUWISKA

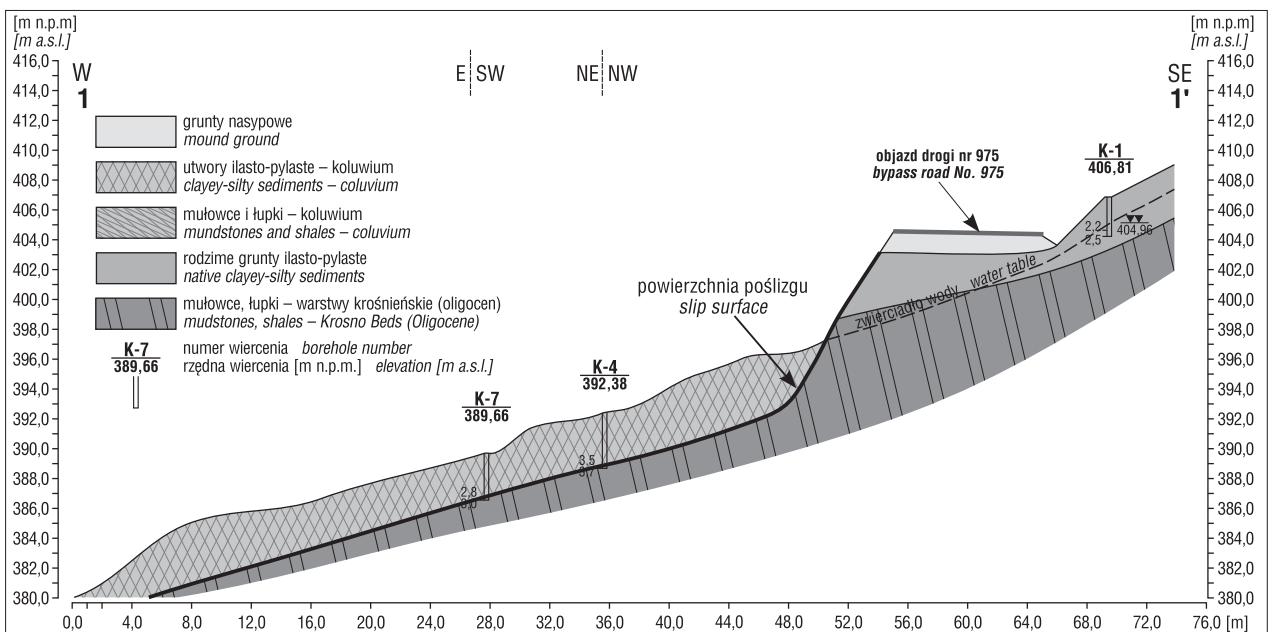
W podłożu osuwiska występują utwory płaszczowiny śląskiej (Burtan, Skoczylas-Ciszewska, 1964) i grybowskiej (Cieszkowski, 1992; Burtan i in., 1994; Paul, 1997). Przemieszczenie nastąpiło obrębnie warstw krośnieńskich (wieku oligoceńskiego) jednostki grybowskiej, odsłaniających się spod utworów płaszczowiny śląskiej w oknie tektonicznym Klęczan–Kurowa (ryc. 6). Po wykonaniu otworów badawczych na terenie osuwiska w ich profilach stwierdzono występowanie miękkich łupków marglistych i ilastych barwy ciemnopopielatej, przewarstwionych szarymi i drobnopopielatymi piaskowcami oraz mułowcami o barwie popielatej, zawierającymi duże ilości łuszczaków. Piaskowce są silnie spękane i zapadają pod kątem 60–85° ku E i SE. Wychodnie tych utworów stwierdzono poniżej osuwiska (ryc. 6). W rejonie osuwiska warstwy skalne zapadają ku południowi pod kątem 85°, a poniżej zalegają pionowo. Stwierdzona na analizo-

wanym obszarze duża zmienność kierunków i kątów zapadania warstw skalnych jest prawdopodobnie związana z bliskością nasunięcia płaszczowiny magurskiej na śląską. Ze względu na kierunek przemieszczeń i ułożenie skał podłoża osuwisko to jest zbliżone do subsekwentnego, ale ze względu na obecność uskoku można je określić jako złożone. Poza terenem osuwiska skały płaszczowinowe są przykryte przez pylasto-ilaste utwory stokowe, zawierające liczne fragmenty piaskowców i mułowców.

Koluwia osuwiska są dwudzielne. W części przypowierzchniowej występują utwory ilasto-pylaste z różną zawartością fragmentów piaskowców, mułowców i łupków ilastych, których ilość wzrasta wraz z głębokością. Dolną część koluwiów tworzą pakiety skalne składające się z łupków i piaskowców warstw krośnieńskich. Litologicznie nie różnią się one od skał podłoża, są natomiast bardziej spękane i oddzielone od skał, które nie uległy przemieszczeniu grawitacyjnemu, wyraźną powierzchnią poślizgu, widoczną w rdzeniach wiertniczych (ryc. 6–10).



Ryc. 6. Mapa geologiczna obszaru badań (wg Paula, 1997, zmieniona)
Fig. 6. Geological map of the study area (after Paul, 1997, modified)



Ryc. 7. Przekrój geologiczny 1–1'
Fig. 7. Geological cross-section 1–1'

HISTORIA ROZWOJU OSUWISKA I ETAPY JEGO ROZPOZNANIA

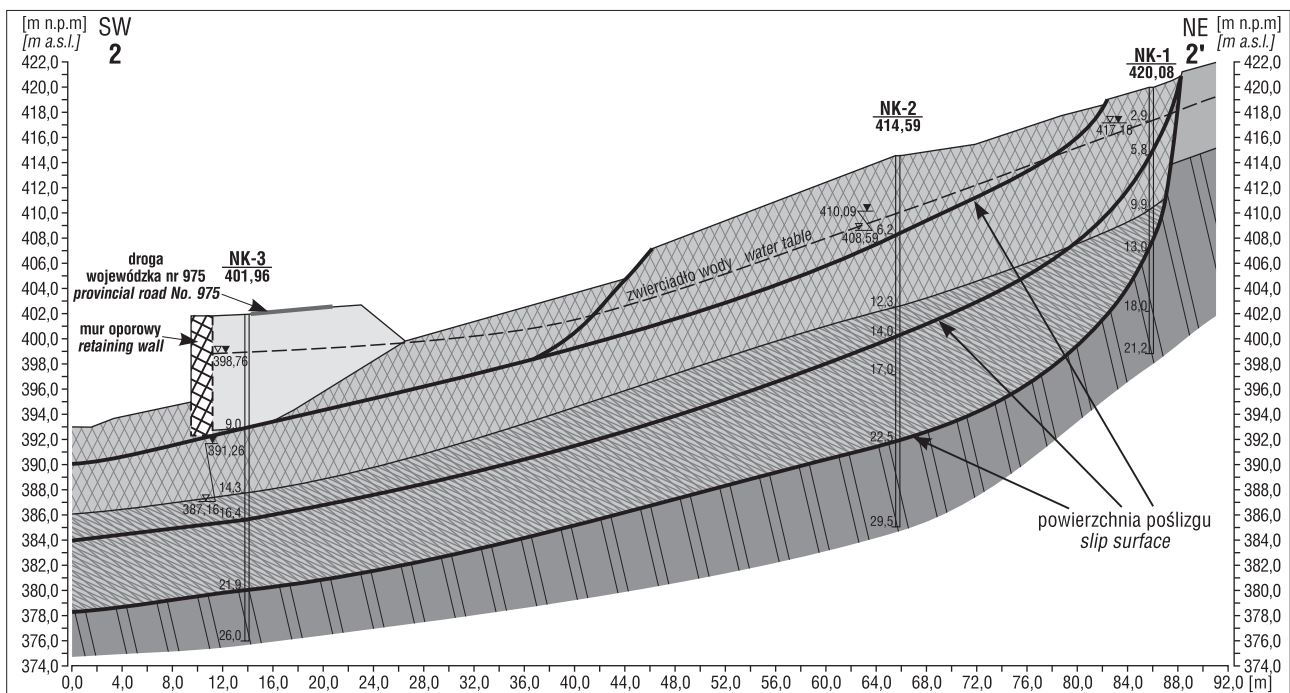
Najbardziej aktywna część osuwiska w Kurowie rozwinęła się na lewostronnym zboczu wciosowej doliny uchodzącej do Dunajca, po zachodniej stronie drogi wojewódzkiej nr 975. W tym miejscu osuwisko objęło swym zasięgiem całą szerokość jezdni asfaltowej oraz skarpe nasypu drogowego wraz z gruntami rodzimymi, znajdującymi się poniżej drogi (ryc. 2, 3, 7).

Wkrótce po osunięciu się ziemi, latem 2010 r. wykonano kartę dokumentacyjną osuwiska (Wójcik, 2010). Wysokość skarpy głównej osuwiska przekraczała wówczas 5 m (ryc. 7). Odkłucie mas skalno-zwierzelinowych nastąpiło po zachodniej części drogi wojewódzkiej (ryc. 3). Poniżej drogi widoczny był jezór osuwiskowy, uformowany jako spiętrzenie masy skalno-zwierzelinowej wraz z elementami konstrukcyjnymi drogi i pniami drzew, które uprzednio porastały obszar objęty osuwiskiem. Około 25 m poniżej skarpy głównej stwierdzono spiętrzony wał koluwalny o miąższości ok. 3 m (ryc. 7). Na całym terenie osuwiska występowały podmokłości, wysięki i ciekły okresowe, które później zostały uregulowane.

Po wydaniu wstępnej opinii przystąpiono do szczegółowego rozpoznania osuwiska, głównie za pomocą otworów wiertniczych, które zostały wykonane w 3 etapach. Pierwszy etap rozpoznania polegał na wykonaniu ekspertyzy geologicznej na podstawie 10 płytkich otworów wiercnych do podłoża skalnego (łącznie 35,4 mb) oraz 3 wierceń pełnordzeniowych w rejonie przyczółków planowanej estakady (łącznie 47,0 mb), która była projektowana nad osuwiskiem (Jurczak i in., 2010; ryc. 3, 7). Płytkie wiercenia prowadzono sondą rdzeniową RKS z młotem udarowym o średnicy 36–60 mm, głębokie wykonywano podwójnym aparatem rdzeniowym o średnicy 93 mm. W nawiązaniu do wcześniejszej opinii (Wójcik, 2010), w ekspertyzie rozpoznaniem geologicznym objęto obszar drogi zniszczonej

przez osuwisko, mając na względzie konieczność jej trwałego zabezpieczenia. W otworach nawiercono mułowce występujące na głębokości 10,5–14,0 m p.p.t. (ryc. 3; otw. NK-3, NK-5), w których nie zaobserwowano deformacji związanych z przemieszczeniami grawitacyjnymi.

Ze względu na jakość materiału rdzeniowego oraz niekompletne rozpoznanie obszaru osuwiska Wojewódzki Zespół Nadzorujący Realizację Zadań w Zakresie Przeciwdziałania Ruchom Osuwiskowym oraz Usuwania ich Skutków przy wojewodzie małopolskim zalecił wykonanie pełnej dokumentacji geologicznej całego obszaru osuwiska. Zgodnie z tym zaleceniem w celu określenia możliwości zabezpieczenia obszaru osuwiska oraz odbudowy drogi wojewódzkiej wykonano dokumentację geologiczną (Jurczak i in., 2011). W dokumentacji skoncentrowano się na szczegółowym rozpoznaniu podłoża przyczółku estakady, który planowano posadzić w północnej części osuwiska (ryc. 3; otw. NK-3, NK-5). Wykonano pięć otworów rdzeniowych. W dwóch z nich, oznaczonych jako NK-2 i NK-5, zainstalowano inklinometry (ryc. 3, 8, 9). Wszystkimi otworami osiągnięto utwory fliszowe – głównie mułowce, zwiercając je do głębokości co najmniej 10 m. W rdzeniach uzyskanych z wierceń stwierdzono występowanie licznych powierzchni ścięcia oraz znaczną dezintegrację uzyskanego materiału, które wskazywały na przemieszczenia utworów skalnych. Głębokość występowania kilku stwierdzonych powierzchni poślizgu była zmienna. Najgłębsza z nich przebiegała 13,0 m p.p.t. (w pobliżu skarpy głównej) do 23,1 m p.p.t. w pobliżu planowanego przyczółka estakady (ryc. 3, 8). W otworze NK-4 (ryc. 3) powierzchnię poślizgu udokumentowano na głębokości 24,0 m p.p.t. W celu stwierdzenia, wzdłuż których powierzchni poślizgu nadal występują przemieszczenia, prowadzono pomiary w inklinometrach zainstalowanych w otworach wiertniczych (ryc. 3, 10 i 11). Ponadto z rdzeni wiertniczych pobrano próbki gruntów do badań laborato-



Ryc. 8. Przekrój geologiczny 2–2' (objaśnienia jak na ryc. 7)

Fig. 8. Geological cross-section 2–2' (for explanations see Fig. 7)

ryjnych i na podstawie wyników oznaczeń geotechnicznych dokonano oceny stateczności zbocza.

W listopadzie 2012 r. Wojewódzki Zespół Nadzorujący Realizację Zadań w Zakresie Przeciwdziałania Ruchom Osuwiskowym oraz Usuwania ich Skutków pozytywnie zaopiniował projekt budowlany pierwszego etapu zabezpieczenia osuwiska (Smajdor i in., 2012). Jednak wydanie opinii w sprawie realizacji drugiego etapu stabilizacji osuwiska uzależnił od wyników dodatkowej serii pomiarów, która miała być wykonana poprzez badania w nowych otworach inklinometrycznych i reperach geodezyjnych. Wstrzymanie prac w części północnej (II etap) wynikało z zastrzeżeń dotyczących wyników wcześniej wykonanych pomiarów inklinometrycznych. Nasuwały się wątpliwości, czy osiągnięto najniższą powierzchnię poślizgu, gdyż otrzymane wyniki pomiarów inklinometrycznych sugerowały możliwość wystąpienia przemieszczeń grawitacyjnych na większej głębokości, niż dotychczas zakładano. Zastrzeżenia odnośnie interpretacji otrzymanych wyników miał też wykonawca projektu budowlanego, gdyż uważał, że przemieszczenia następowały płyciej. W związku z tym wydanie pozytywnej opinii dla II etapu stabilizacji uzależniono od wyników dodatkowych pomiarów monitoringu powierzchniowego i wgłębnego.

Wyniki rozpoznania obszaru osuwiskowego w Kurowie umożliwiły wykonanie w jego południowej części prac zabezpieczających zbocze przed odnowieniem ruchów masowych (ryc. 1, 3). Na podstawie projektu budowlanego (Smajdor i in., 2012) wykonano nasyp zbrojony geosyntezykami i stabilizowany gwoździowaniem (ryc. 3, 4). Skarpę drogową pokryto siatką antyerozyjną. U podstawy nasypu wykonano pale żelbetowe o długości 10 m, a całą południową część osuwiska odwodniono systemem drenażu francuskiego. Dodatkowo wykonano skarpowanie zabezpieczanej części osuwiska, wyrównano jego powierzchnię oraz uregulowano niewielkie skarpy występujące wzdłuż potoku rozdzielającego północną i południową część osuwiska (ryc. 1, 3, 4). Pomimo przeprowadzenia prac zabezpieczających i stabilizacyjnych południowa część

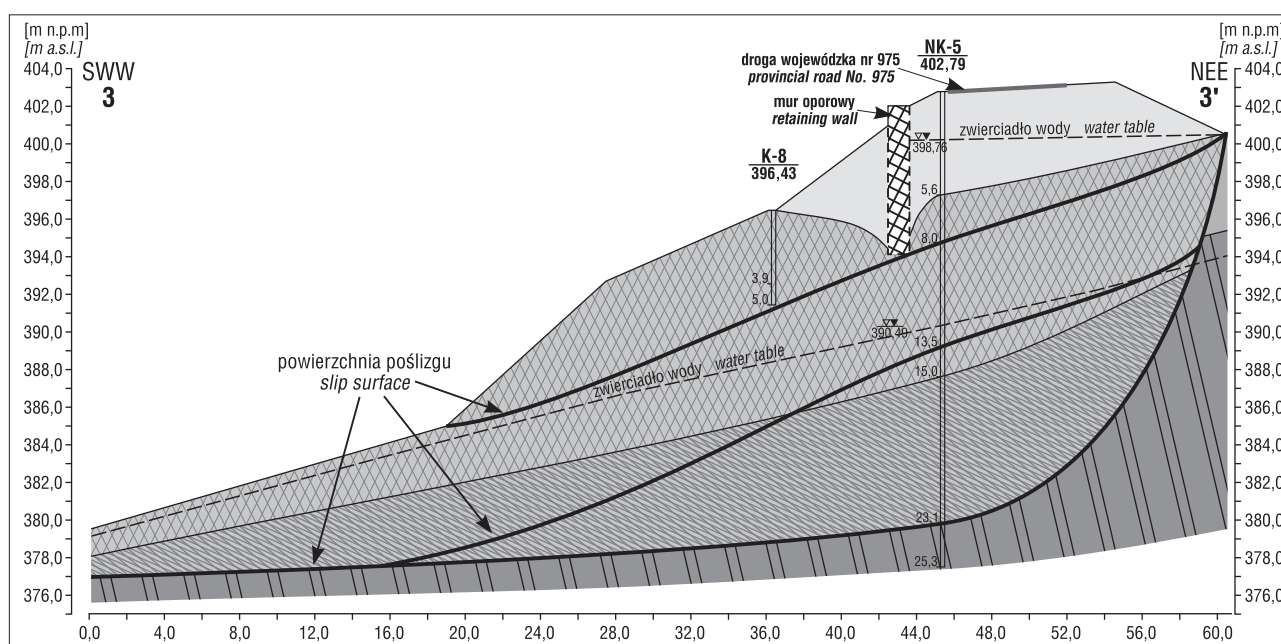
osuwiska nadal ulegała przemieszczeniom grawitacyjnym. Przejawem tych procesów są świeże szczeliny o kolistym przebiegu oraz wtórne skarpy widoczne na stoku poniżej drogi, głównie w obrębie sztucznie wykonanych, stopniowanych skarp (rys. 3, 4).

W trzecim etapie prac wykonano 3 otwory badawcze, oznaczone od I-1 do I-3, zlokalizowane w północnej części osuwiska (ryc. 3, 10). Prace prowadzono do głębokości 30 m podwójnym aparatem rdzeniowym o średnicy 132 mm. W otworach tych, usytuowanych w jednej linii, zamontowano rury inklinometryczne o średnicy 70 mm w łączonych odcinkach trzymetrowych. Pomiary inklinometryczne wykonano sondą RST Instruments Ltd w sześciu sesjach pomiarowych. Szczegółowa procedura pomiarów została opisana przez Wojciechowskiego i in. (2012) oraz Nescieruka (2015).

W ramach monitoringu powierzchniowego założono 5 reperów geodezyjnych (Kos i in., 2014). Na reperach, którymi były aluminiowe kotwy o długości 150 cm, zamontowano głowice niwelacyjne o średnicy 115 mm. Monitoring powierzchniowy miał na celu rozpoznanie dynamiki oraz skali przemieszczeń warstwy koluwiów osuwiskowych i był prowadzony w tym samym czasie co pomiary inklinometryczne.

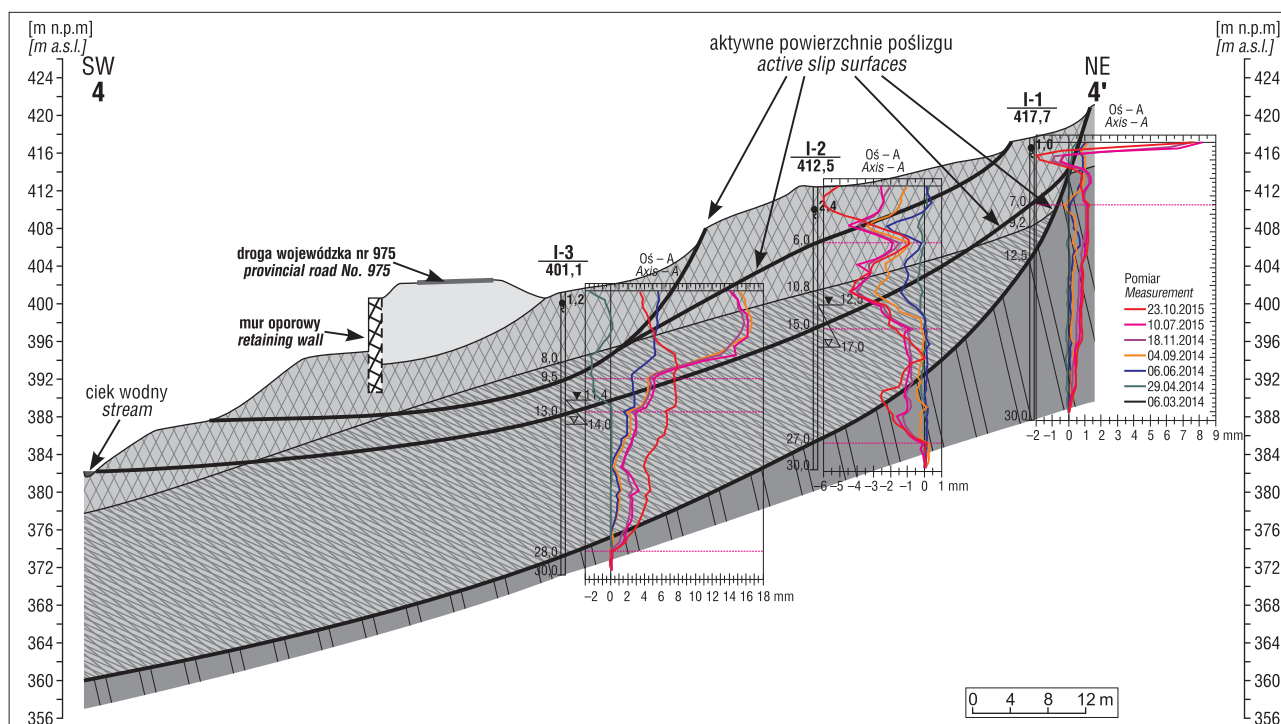
WYNIKI MONITORINGU WGŁĘBNEGO I POWIERZCHNIOWEGO

Pierwsze dane z pomiarów inklinometrycznych uzyskano w 2012 r. (Grzywacz i in., 2012). W inklinometrze NK-2, zlokalizowanym pod skarpą główną w górnej części osuwiska (ryc. 3, 8), stwierdzono dwie strefy przemieszczeń przekraczających 10 mm w ciągu 4 miesięcy 2012 r. Pierwsza z powierzchni występowała na głębokości 14,0 m p.p.t. W jej obrębie stwierdzono silną dezintegrację materiału skalnego. Druga znajdowała się na głębokości 22,5 m p.p.t. (ryc. 8), gdzie przemieszczenia następowały wzdłuż strefy mocno zdezintegrowanych i zlustrowanych skał.



Ryc. 9. Przekrój geologiczny 3–3' (objaśnienia jak na ryc. 7)

Fig. 9. Geological cross-section 3–3' (for explanations see Fig. 7)



Ryc. 10. Przekrój geologiczny 4–4' (objaśnienia jak na ryc. 7)
 Fig. 10. Geological cross-section 4–4' (for explanations see Fig. 7)

W inklinometrze NK-5, zlokalizowanym w rejonie planowanego posadowienia północnego przyczółka estakady (ryc. 3, 9), przemieszczenia stwierdzono na głębokości 7,0–8,0 m p.p.t. oraz 13,5 m p.p.t. (ryc. 9). Pierwsza strefa przemieszczeń występowała na kontakcie przemieszczonych glin plastycznych z niżej zalegającymi utworami koluwalnymi, a druga w strefie kontaktu utworów koluwalnych z mułowcami warstw krośnieńskich, stanowiącymi nienaruszone podłoże.

Wyniki pomiarów w 3 inklinometrach zainstalowanych w obrębie osuwiska w 2014 r. (Kos i in., 2014) wskazują, że przemieszczenia następowały wzdłuż powierzchni poślizgu (ścięcia) stwierdzonych wierceniami na różnych głębokościach: od 6 m (otwór I-2; ryc. 10) do 7, 13 i 15 m (I-1, I-2, I-3; ryc. 10, 11). Najgłębsza powierzchnia poślizgu sięgała 28,0 m p.p.t. (I-3, ryc. 10, 11). Te najgłębsze przemieszczenia, zachodzące na głębokości większej niż 20 m, stwierdzono dopiero w latach 2014 i 2015, gdyż nie zaznaczały się we wcześniejszych pomiarach. Ich przyczyna nie jest jasna. Podobne zjawiska coraz głębszych przemieszczeń stwierdzono też na osuwiskach typu konsekwentnego, np. w okolicach Lanckorony (Ziętara, 1969; Graniczny i in., 2012). Prawdopodobnie jest to związane z przekazywaniem naprężeń z górnej części osuwiska w głąb górotworu, zwłaszcza w strefach silnie zaangażowanych tektonicznie, a w opisywanym przypadku – z bliską obecnością nasunięcia płaszczowiny magurskiej na śląską.

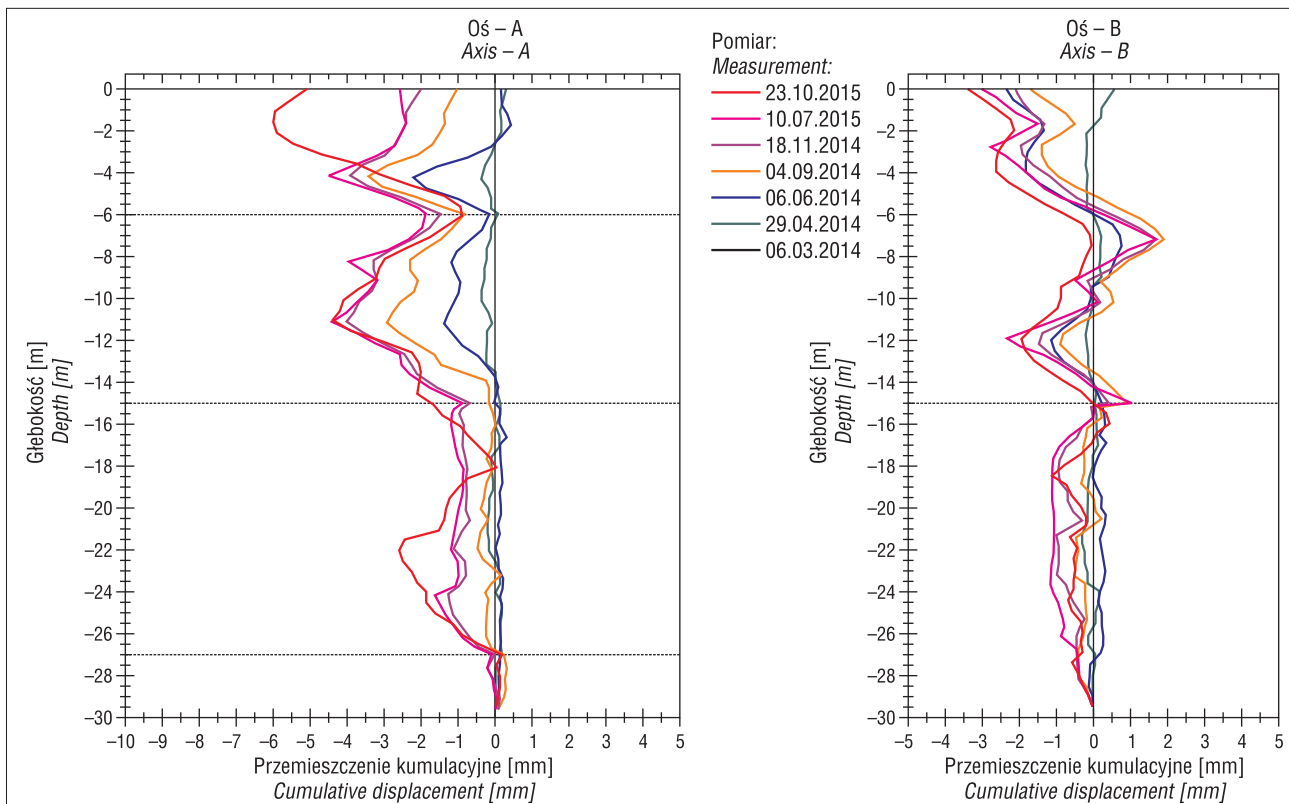
Drugi problem stwarza znaczne nachylenie stoków w dolnej części osuwiska (ponad 19–20°), które może uniemożliwiać powstanie elementu oporującego przemieszczającego materiału.

Analizując wyniki pomiarów z inklinometrów w przekroju podłużnym (wzdłuż osi A) można zauważyć różnice w przebiegu krzywych (ryc. 10), polegające na różnych kierunkach przemieszczeń, wskazujących przy tym na

rotacyjny przebieg ruchów. Może to świadczyć o cylindrycznej obwiedni powierzchni poślizgu i rotacyjnym typie przemieszczeń grawitacyjnych. W inklinometrze (I-2), usytuowanym w pobliżu strefy oderwania, przemieszczenia mają odwrotny kierunek i wartości niż przemieszczenia obserwowane w inklinometrze (I-3), położonym poniżej, w rejonie drogi wojewódzkiej. Również porównanie wartości względnych przemieszczeń wskazuje na nieco większy przyrost wartości w ostatnich pomiarach. Jest to zastanawiające przy braku i zmniejszonej ilości opadów w stosunku do mokrego roku 2010. Można to wiązać z opóźnieniem reakcji systemu stokowego na opady, w istotny sposób przecież wpływające na inicjację przemieszczeń grawitacyjnych. Wymaga to jednak dodatkowych studiów porównawczych wielkości i dynamiki przemieszczeń w powiązaniu z intensywnością opadów.

Monitoring powierzchniowy prowadzono z wykorzystaniem reperów geodezyjnych. Wyniki pomiarów wskazują, że przemieszczenia grawitacyjne występujące w strefie powierzchniowej charakteryzują się niewielką, aczkolwiek zmienną dynamiką w stosunku do głębszych przemieszczeń, rejestrowanych w trakcie monitoringu inklinometrycznego (ryc. 3).

W 2015 r. przeprowadzono kolejne serie pomiarowe w ramach powierzchniowego i wglębnego monitoringu osuwiska (Kos i in., 2015). Dane uzyskane w trakcie pomiarów inklinometrycznych sugerują, że zakres przemieszczeń w głębszych partiach osuwiska wzrasta wraz z upływem czasu. Dotyczy to przede wszystkim strefy osuwiska, w której zostały zlokalizowane otwory I-2 i I-3, gdzie skumulowane przemieszczenia wglębne dochodzą odpowiednio do 6 i 16 mm w ciągu jednego roku. Największe przemieszczenia obserwowano w 2015 r. w inkli-



Ryc. 11. Skumulowane przemieszczenia wglębne – Kurów I-2
 Fig. 11. Cumulated ground displacements – Kurów I-2

nometrze I-3, zlokalizowanym w sąsiedztwie drogi wojewódzkiej (ryc. 10).

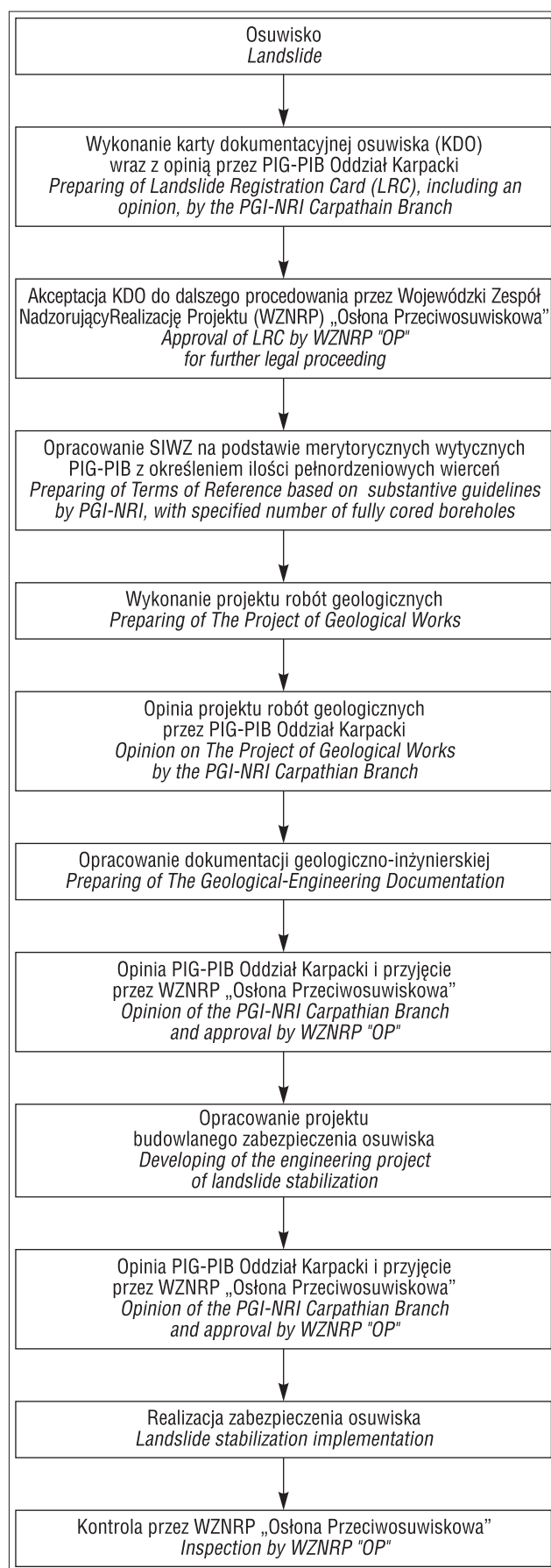
Wyniki monitoringu powierzchniowego i wglębnego (ryc. 3, 10) potwierdziły, iż osuwisko w Kurowie nadal jest aktywne, a jego powierzchnia nieustabilizowana. Obszar północnej części osuwiska, który rozpoczyna się niską skarpią główną o wysokości do 1 m, charakteryzuje się występowaniem skarp wewnątrzsuwiskowych i nabrzmiń (ryc. 3, 5). Z analizy inklinometrycznej i opracowanego na podstawie wierceń przekroju przez osuwisko wynika, że powierzchnie poślizgu mają tu kształt płasko-cylindryczny (ryc. 10), co powoduje duży udział przemieszczeń translacyjnych w obrębie form osuwiskowych. Są to więc zsuwy złożone, nierotacyjne o typie *compound* (Varnes, 1978; Dikau i in., 1996). Wyniki wierceń wskazują, że powierzchnie poślizgu przebiegają poprzez utwory fliszowe i czwartorzędowe. Ich występowanie nie jest determinowane głębokością zalegania podłoża skalnego pod utworami pokrywowymi, co jest najczęstszym, błędnym założeniem, przyjmowanym w trakcie wykonywania dokumentacji geologiczno-inżynierskich osuwisk, gdzie płaszczyzny poślizgu są prowadzone w stropie warstw fliszowych (w tym przypadku warstw krośnieńskich).

PROCEDURY ZABEZPIECZANIA OSUWISK

Odpowiednie zabezpieczenie obszaru osuwiskowego wymaga realizacji kilku etapów prac, takich jak: rozpoznanie geologiczne podłoża, prawidłowe wykonanie projektu budowlanego oraz wybudowanie zabezpieczenia. Pełne, prawidłowe rozpoznanie geologiczne osuwiska i jego podłoża jest pierwszym i podstawowym etapem prac zabezpieczających. Niestety, realizacja tego etapu jest czę-

sto pomijana przez projektantów. Dlatego sporządzenie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej powinno być realizowane w ramach oddzielnego zadania przetargowego. Zapobiegnie to powszechnemu obecnie ograniczaniu kosztów na etapie pełnego rozpoznania geologicznego podłoża (np. zmniejszaniu liczby wierceń, metrażu itp.), co może wręcz uniemożliwiać prawidłowe zabezpieczenie powierzchni osuwiska. Jeżeli błędy w rozpoznaniu podłoża popełni się już na pierwszym, podstawowym etapie i nie zweryfikuje otrzymanych wyników, to w kolejnych etapach prace oparte na fałszywych przesłankach nie dadzą oczekiwanego efektu i wykonane zabezpieczenie może nie spełnić swojej roli.

W rozpoznaniu osuwiska w Kurowie dużą rolę odegrały procedury stosowane powszechnie na obszarze województwa małopolskiego, a wypracowane w ramach projektu SOPO (System Osłony Przeciwsuwiskowej; Grabowski i in., 2008). Zgodnie z proponowanymi procedurami przed przystąpieniem do projektowania zabezpieczenia powinno się wykonać dokładne rozpoznanie geologiczne całego osuwiska, od skarpy głównej po czoło jezora osuwiskowego, wraz z elementami rzeźby wewnątrzsuwiskowej. Wyniki przeprowadzonych badań geologicznych powinny być zweryfikowane przez specjalistów Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, co pozwoli na uniknięcie licznych błędów związanych z późniejszym zabezpieczaniem osuwisk, popełnianych dotychczas tam, gdzie takich procedur nie stosowano – dotyczy to zarówno obszaru Karpat (np. rejonu Grybowa czy Tęgoborza-Justu), jak i innych regionów Polski (m.in. Jastrzębiej Góry). Nie jest wykluczone, że w każdym z przedstawionych przypadków błędy popełniono już na pierwszym etapie (Wójciki in., 2015). Przypuszczać należy, że wynikały



Ryc. 12. Proponowany schemat postępowania przy projektowaniu i wykonaniu zabezpieczeń osuwisk

Fig. 12. Proposed scheme of the procedure for design and implementation of the landslide area stabilization

one z próby zaoszczędzenia środków finansowych na inne cele.

Błędy są najczęściej związane z nieodpowiednim sposobem wiercenia, zwłaszcza zaś ze złym pozyskiwaniem rdzeni wiertniczych. Inne nieprawidłowości wynikają z błędów konstrukcyjnych zabezpieczeń, czego przykładem może być Kopiec Kościuszki w Krakowie (Wójcik i in., 2016). Wszystkie błędy można wyeliminować, stosując odpowiednie procedury weryfikacyjne na każdym etapie geologicznego rozpoznania obszaru osuwiska i realizacji prac zabezpieczających, np. procedury opracowane na początku bieżącego wieku w Krakowie we współpracy PIG-PIB i Małopolskiego Urzędu Wojewódzkiego (ryc. 12). Pomocna może być też współpraca z Wojewódzkim Zespołem Nadzorującym Realizację Zadań w Zakresie Przeciwdziałania Ruchom Osuwiskowym oraz Usuwania Ich Skutków przy wojewodzie małopolskim.

WNIOSKI

Ruchy masowe ziemi stanowią duże zagrożenie dla infrastruktury budowlanej i komunikacyjnej, niekiedy nawet dla zdrowia i życia ludzi. Najprostszym rozwiązaniem, eliminującym zagrożenie, byłoby wykluczenie z obszarów planowanych pod inwestycje budowlane terenów zagrożonych osuwiskami, co nie zawsze jest możliwe.

Przeciwdziałanie procesom osuwiskowym należy do trudnych i ważnych zadań, ponieważ zachodzi konieczność eliminacji lub ograniczenia negatywnych skutków spowodowanych przez osuwiska, w istotny sposób uniemożliwiająca utrzymanie dotychczasowego stanu zagospodarowania i funkcjonowania danego rejonu. Zabezpieczenie obszarów osuwiskowych przed dalszymi przemieszczeniami grawitacyjnymi gruntów stwarza wiele problemów ze względów technicznych lub ekonomicznych.

Historia badań geologicznych przeprowadzonych w Kurowie jest przykładem rozpoznania niewielkiego, ale bardzo złożonego osuwiska. Na podstawie wyników dotychczasowych prac i wierceń w obrębie tego osuwiska stwierdzono wyraźne przemieszczenia na znacznej głębokości – 28,0 m p.p.t. (ryc. 10) i uznano, że możliwa jest propagacja powierzchni nieciągłości w głąb masywu. Przemieszczenia o różnej intensywności stwierdzono pomiarami inklinometrycznymi w głębszych partiach osuwiska, nawet po niewielkich opadach atmosferycznych, w tym także w obrębie obszaru osuwiska zabezpieczonego w trakcie I etapu prac. Spowodowało to, że prowadzone dotychczas zabiegi stabilizacyjne nie były całkowicie skuteczne. Przykład z Kurowa pokazuje, że w pewnych przypadkach zabezpieczenie obszaru osuwiskowego może być nieracjonalne z ekonomicznego punktu widzenia.

Każde zabezpieczenie terenu osuwiskowego składa się z kilku etapów prac, a rozpoznanie geologiczne powinno być pierwszym i najważniejszym elementem tego procesu. Błędy popełnione na tym etapie w istotny sposób wpływają bowiem na jakość projektu budowlanego i przeprowadzone później roboty zabezpieczające osuwisko, co powoduje, że prace zabezpieczające mogą nie dać oczekiwanego efektu.

Autorzy proponują zatem, aby zakres geologicznego rozpoznania terenów osuwiskowych (głębokość i roz-

mieszczanie otworów) były konsultowane z właściwym przedstawicielem nadzoru naukowego z ramienia Oddziału Karpackiego PIG-PIB w Krakowie jeszcze przed zamówieniem realizacji tych prac przez zleceniodawcę. Taka procedura zapobiegnie praktykom zbyt pobieżnego, niekiedy niewłaściwego geologicznego rozpoznania osuwiska, wynikającego nie tyle z nierzetelnych badań, co raczej z różnych koncepcji geologów dokumentatorów, jak również zapewni uczciwą konkurencję na etapie przetargowym.

Procedury zabezpieczania osuwisk stosowane od kilku lat w południowej Polsce (i proponowane do zastosowania w innych regionach Polski) są, co prawda, dosyć długie i uciążliwe, jednakże dotychczasowe doświadczenia związane z zabezpieczaniem osuwisk w Małopolsce świadczą o tym, że są one skuteczne. Należy zaznaczyć, że zarówno w opiniowaniu opracowań geologicznych i projektów budowlanych, a także w wojewódzkich zespołach nadzorujących realizację zadań w zakresie przeciwdziałania ruchom osuwiskowym oraz usuwania ich skutków powinny uczestniczyć osoby mające znaczne doświadczenie w rozpoznaniu budowy geologicznej i realizacji inwestycji zabezpieczającej obszary osuwisk.

Autorzy dziękują Recenzentom i Redakcji Przeglądu Geologicznego za wnikliwe i cenne uwagi, które wpłynęły na ostateczną wersję artykułu do publikacji.

LITERATURA

- BURTAN J., SKOCZYLAS-CISZEWSKA K. 1964 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Limanowa (wyd. tymczasowe bez utworów czwartorzędowych). Państw. Inst. Geol.
- BURTAN J., CIESZKOWSKI M., ŚLĄCZKA A., ZUCHIEWICZ W. 1994 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000, ark. Męcina. Państw. Inst. Geol.
- CHOWANIEC J., WÓJCIK A. (red.) 2012 – Osuwiska w województwie małopolskim – atlas, przewodnik. Departament Środowiska, Rolnictwa i Geodezji Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego, Zespół Geologii, Kraków.
- CIESZKOWSKI M. 1992 – Strefa Michalczowej – nowa jednostka strefy przedmagurskiej w zachodnich Karpatach fliszowych i jej geologiczne otoczenie. Zesz. Nauk. AGH, Geologia, 18 (1–2): 1–125.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSEN M.-L. (red.) 1996 – Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. Wiley & Sons, Chichester.
- 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. Państw. Inst. Geol.
- GRANICZNY M., KAMIŃSKI M., PIĄTKOWSKA A., SURALA M. 2012 – Wykorzystanie lotniczego skaningu laserowego do inwentaryzacji i monitoringu osuwiska w rejonie Łańcicy (gmina Lanckorona), Pogórze Wielickie, Karpaty zewnętrzne. Prz. Geol., 60 (2): 89–94.
- GRZYWACZ W. 2012 – Raport z monitoringu stateczności osuwiska metodą inklinometryczną. Chemkop-Laborgeo, Kraków. Opr. archiw.
- JURCZAK S., RUSSOCKI M., BANEK-GAŁKA I. 2010 – Ekspertyza geologiczna dla koncepcji zabezpieczenia oraz opracowania P.F.U. uszkodzonego odcinka drogi wojewódzkiej nr 975, odc. 290 od km 4+175 do 4+230 w miejscowości Kurów. Opr. arch. Chemkop-Laborgeo, Kraków.
- JURCZAK S., RUSSOCKI M., BANEK-GAŁKA I. 2011 – Dokumentacja geologiczna dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich zabezpieczenia osuwiska oraz odbudowy drogi wojewódzkiej nr 975 w miejscowości Kurów. Opr. arch. Chemkop-Laborgeo, Kraków.
- KOS J., SZYMONIK L., JĘDRZEJOWSKA M. 2014 – Szczegółowy raport z monitoringu osuwiska w Kurowie. Opr. arch. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- KOS J., SZYMONIK L., JĘDRZEJOWSKA M. 2015 – Szczegółowy raport z monitoringu osuwiska w Kurowie. Opr. arch. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- NESCIERUK P. 2015 – Instrumentalny monitoring osuwisk. Ogólnopolska Konferencja Osuwisko, 19–22 maja 2015, Wieliczka, Mat. konf. Państw. Inst. Geol.-PIB: 81–82.
- PAUL Z. 1997 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Męcina (reambulacja). Państw. Inst. Geol.
- SMAJDOR W., KRAWCZYK P., MAC K., SIRY J., GRABOWSKI M., SALABURA S. 2012 – Projekt budowlany – zabezpieczenie osuwiska oraz odbudowa DW nr 975 w m. Kurów. Opr. arch. F.P.H.U. REMOST, Dębica.
- VARNES D.J. 1978 – Slope movement types and processes. [W:] Schuster R.L and Krizek R.J (red.), Special Report 176: Landslides: Analysis and control. Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D.C.: 11–33.
- WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z., WÓJCIK A., NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W. 2012 – Zastosowanie lotniczego i naziemnego skaningu laserowego do badania osuwisk. II Polski Kongres Geologiczny, Warszawa: 91–92.
- WÓJCIK A. 2010 – Karta dokumentacyjna osuwiska o numerze 12-10-022-1. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.-PIB.
- WÓJCIK A. 2015 – Błędy rozpoznania i zabezpieczenia – czyli, jak nie należy wykonywać prac stabilizacyjnych. Ogólnopolska Konferencja Osuwisko, 19–22 maja 2015, Wieliczka, Mat. konf. Państw. Inst. Geol.: 82–83.
- WÓJCIK A. (red.) 2016 – Kopiec Kościuszki i jego podłoże geologiczne: atlas – przewodnik. Urząd Miasta Krakowa, Wydział Kształtowania Środowiska.
- WÓJCIK A., WOJCIECHOWSKI T., WÓDKA M., KRZYSIEK U. 2015 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000, gm. Gródek nad Dunajcem, pow. nowosądecki, woj. małopolskie. <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>.
- ZIĘTARA T. 1969 – W sprawie klasyfikacji osuwisk w Karpatach fliszowych, Stud. Geomorph. Carp. Balcan., 3: 1–129.
- ZIĘTARA T. 1974 – Rola osuwisk w modelowaniu Pogórza Rożnowskiego (Zachodnie Karpaty fliszowe). Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 8: 115–133.

Praca wpłynęła do redakcji 23.01.2017 r.
Akceptowano do druku 25.06.2017 r.