

## DZIAŁALNOŚĆ GÓRNICZA JAKO JEDEN Z CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA ROZWÓJ OSUWISK

### INFLUENCE OF MINING ACTIVITY ON LANDSLIDE DEVELOPMENT

MARCIN WÓDKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono wpływ działalności górniczej na rozwój ruchów masowych na przykładzie czterech osuwisk. Pierwsze z nich znajduje się w Rydułtowach, na obszarze niecki osiadań spowodowanej podziemną eksploatacją węgla kamiennego. Osuwisko to zagraża najstarszemu tunelowi kolejowemu w Polsce, a jego uaktywnienie było prawdopodobną przyczyną zniszczenia tunelu w 1857 r. Kolejne dwa osuwiska pośrednio są związane z podziemnym ługowaniem soli w krakowskich Swoszowicach. Ostatni z przykładów to osuwisko rozwinięte w nieczynnej kopalni ilów Zesławice, będące świadectwem wpływu powierzchniowej eksploatacji i skarpowania zboczy na rozwój osuwisk.

**Słowa kluczowe:** ruchy masowe, osuwiska, geozagrożenia, działalność górnicza, górnictwo.

**Abstract.** The article presents the influence of mining activity on development mass movements on the example four landslides. The first of these is located in Rydułtowy, in the area of mine subsidence caused by the underground exploitation of coal. The landslide threatens the oldest railway tunnel in Poland, and its activation was the probable cause of the destruction of the tunnel in 1857. Another two landslides are indirectly connected with underground salt leaching in Swoszowice (district of Kraków). The last of the examples is a landslide developed in the dormant open-cut mining Zesławice, a testimony to the impact of surface exploitation and undercutting of slopes for the development landslides.

**Key words:** mass movements, landslide, geohazard, mining activity, mining.

### WSTĘP

Osuwiska należą do najistotniejszych geozagrożeń w Polsce. Na skutek ruchów masowych zniszczeniu ulegają obiekty budowlane oraz infrastruktura drogowa i techniczna. Niejednokrotnie dochodzi też do zagrożenia życia ludzi. W Polsce dotychczas zarejestrowano ponad 63 tys. osuwisk (Marciniak i in., 2019), a ich całkowita liczba prawdopodobnie przekracza 100 tys. (Wójcik, Wojciechowski, 2016). Szacuje się, że ok. 95% polskich osuwisk znajduje się w Karpatach (Rączkowski, 2007), chociaż wraz z rozwojem badań jest zauważalny wzrost rozpoznanych osuwisk w innych częściach kraju.

Na rozwój ruchów masowych wpływa wiele czynników zarówno biernych, jak i czynnych (zmiennych). Powstanie czy też uaktywnienie osuwiska zwykle jest związane z jednoczesnym wystąpieniem kilku czynników, które umożliwiają dogodny rozwój osuwiska w danym miejscu. Do najważniejszych czynników biernych należą: litologia, uwarunkowania tektoniczne, nachylenia zboczy, ekspozycja i kształt stoku, hydrologia, hydrogeologia oraz pokrycie terenu. W Polsce wśród czynników zmiennych, dających impuls do rozwoju osuwisk, najistotniejsze są opady atmosferyczne, a co za tym idzie infiltracja wód w głąb górotworu, jak również prowadzenie inwestycji na obszarach osuwiskowych. Z kolei na terenach górniczych ważnymi czynnikami są

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; e-mail: mwod@pgi.gov.pl.

ruchy związane z osiadaniem terenu, wstrząsami i podcinaniem stoków w kopalniach odkrywkowych.

Artykuł przedstawia trzy rodzaje działalności górniczej, których efektem jest m.in. powstanie osuwisk. Są to eksploatacja podziemna węgla kamiennego i związane z nią osiadanie terenu, eksploatacja soli podziemna metodą otworową z powierzchni, związane z nią deformacje terenu i awarie wydobywcze oraz eksploatacja powierzchniowa i związane z nią podcinanie stoków.

## EKSPLOATACJA PODZIEMNA

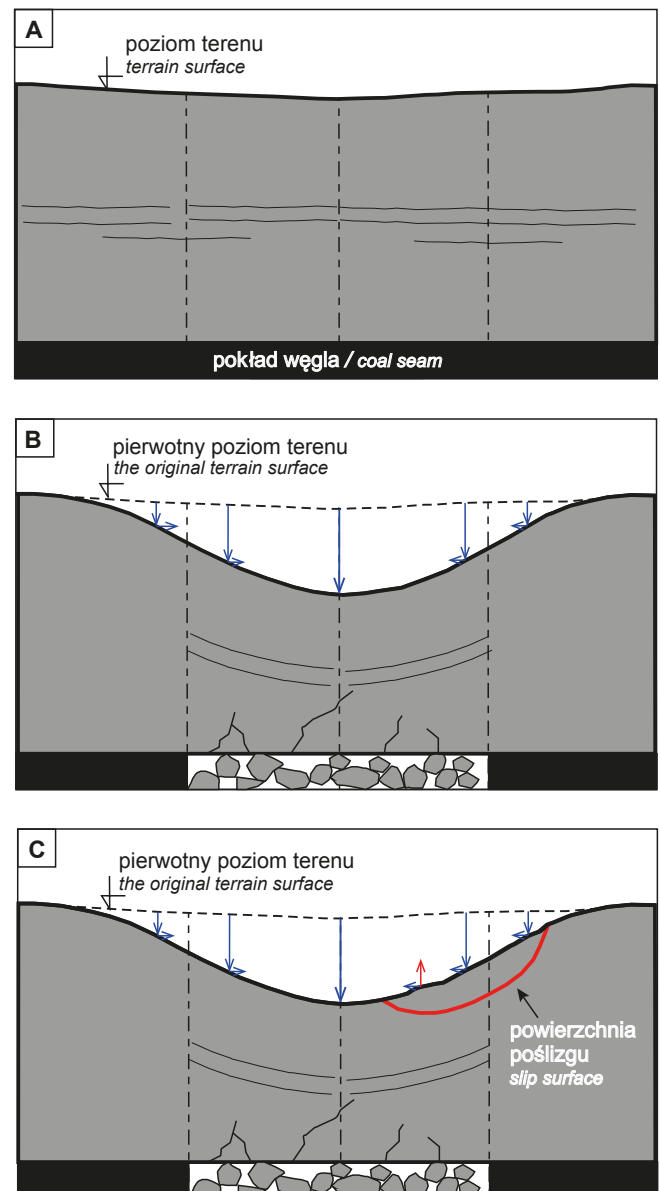
Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu jest zależny od wielu czynników, takich jak: budowa geologiczna górotworu (litologia, występowanie uskoków), głębokość i grubość eksploatowanego pokładu oraz nachylenia warstw. Im większe nachylenie pokładu, tym mniejsze obniżenia powierzchni terenu (Budryk, 1952). Istotną rolę odgrywa też sposób eksploatacji złoża. Znacznie większe oddziaływanie na powierzchnię ma np. eksploatacja systemem zawałowym niż eksploatacja systemem podsadzkiowym. Wpływ działalności górniczej na deformację powierzchni terenu w Polsce zaczął być świadomie obserwowany od okresu międzywojennego (Guziel, 2002). W wyniku podziemnej eksploatacji może dochodzić do osiadań terenu, powstania zapadlisk czy liniowych deformacji, jak np. szczeliny czy stopnie, co może skutkować powstaniem osuwisk (fig. 1).

W wyniku podziemnej eksploatacji powstaje pustka, która z biegiem czasu na skutek nacisku warstw nadległych zostaje zaciskana. W stropie takiej przestrzeni dochodzi do pokruszenia i zawalenia skał. W wyższych warstwach skały ulegają spękaniu, a bliżej powierzchni może dochodzić do ugięcia warstw (Kaszowska, Kowalski, 2007) (fig. 1B). W wyniku tego procesu na powierzchni powstaje niekca osiadań.

W obrębie niecki powszechnie są obserwowane przemieszczenia. W centralnej części są to obniżenia, natomiast w części brzeżnej – obniżenia i przemieszczenia poziome (Budryk, 1952) (fig. 1B). W niektórych przypadkach, szczególnie w brzeżnych częściach niecek, dochodzi nie tylko do obniżenia, lecz także do wypiętrzeń terenu w dolnych częściach stoków. W takim przypadku można wnioskować o powstaniu powierzchni poślizgu, a więc osuwiska (fig. 1C). Taka sytuacja miała miejsce m.in. w Rydułtowach. Jest to miasto o stosunkowo niewielkim stopniu osuwiskości (Wódka, 2017), ale rozwój co najmniej kilku osuwisk

w jego obrębie mógł być związany z obecną lub historyczną działalnością górniczą. Jednym z nich jest osuwisko w sąsiedztwie najstarszego tunelu kolejowego w Polsce (fig. 2).

Tunel w Rydułtowach ma dosyć burzliwą historię, był co najmniej dwukrotnie odbudowywany, m.in. po wysadzeniu go na początku II wojny światowej. Wcześniej, w 1857 r., po niespełna dwóch latach użytkowania doszło do częściowego zniszczenia i zaciśnięcia tunelu na skutek tąpnięcia. Po odbudowie, z pierwotnie planowanych dwóch torów, w zwężonym tunelu zmieścił się tylko jeden tor (Preidl, 2005). Za przyczynę katastrofy budowlanej podaje się niewłaściwie dobraną technologię drążenia oraz zbyt szeroką obudowę tunelu (Preidl, 2007). Zaciśnięcie tunelu wskazuje na związek katastrofy z uaktywnieniem osuwiska znajdującego się w jego bezpośrednim sąsiedztwie, wykartowanego podczas prac nad realizacją *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000* w gminie Rydułtowy (Wódka, Piotrowski, 2017).

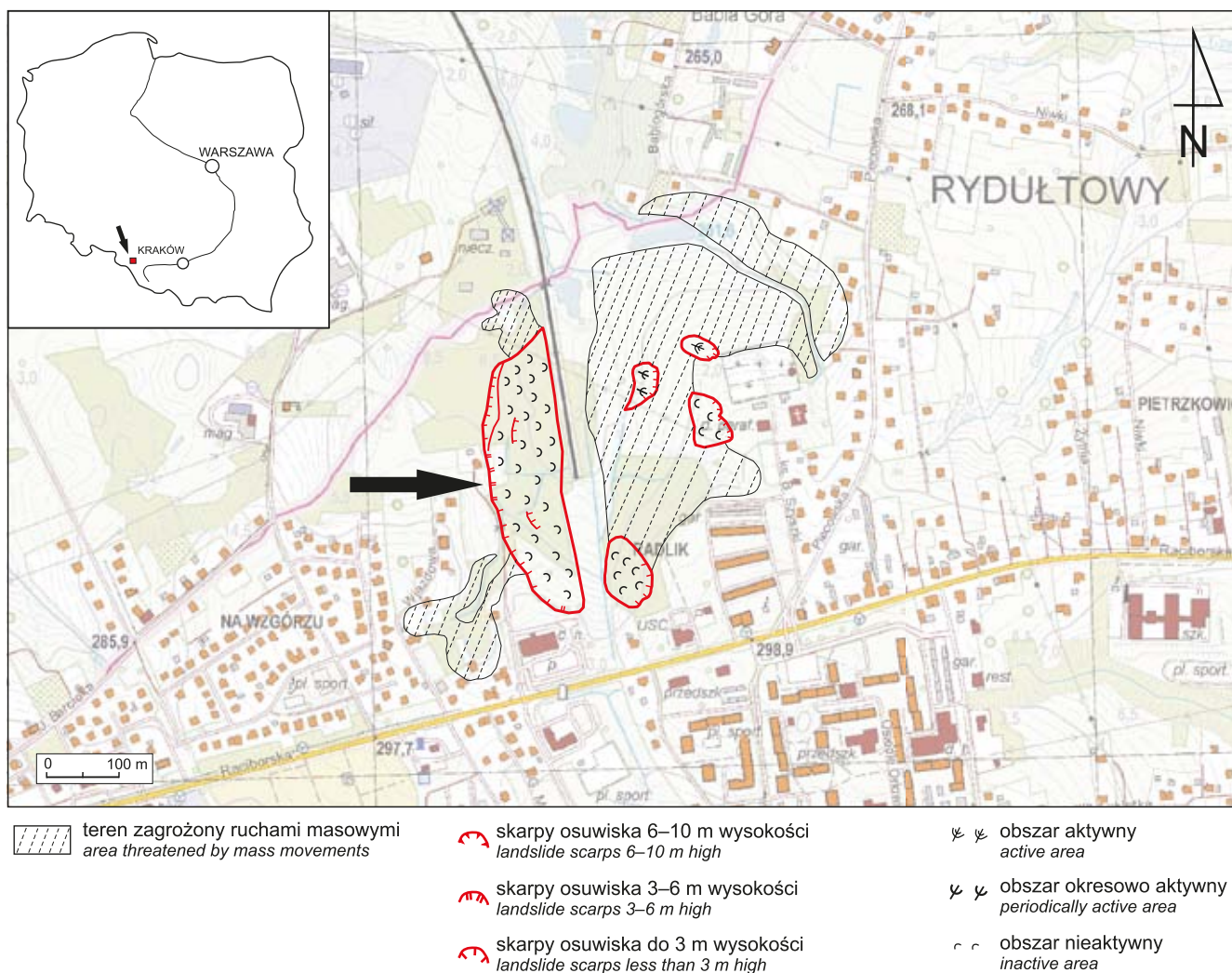


**Fig. 1. Schemat powstania osuwiska w brzeżnej części niecki osiadań**

Strzałkami zaznaczono kierunki przemieszczeń

Scheme of develop landslide in marginal part of the subsidence terrain

Arrows show displacements direction



**Fig. 2.** Osuwisko w Rydułtowach na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 (na podstawie Wódki, Piotrowskiego, 2017)

Strzałka wskazuje opisywane osuwisko

Landslide in Rydułtowy on topographic map in scale 1:10 000 (based on Wódka, Piotrowski, 2017)

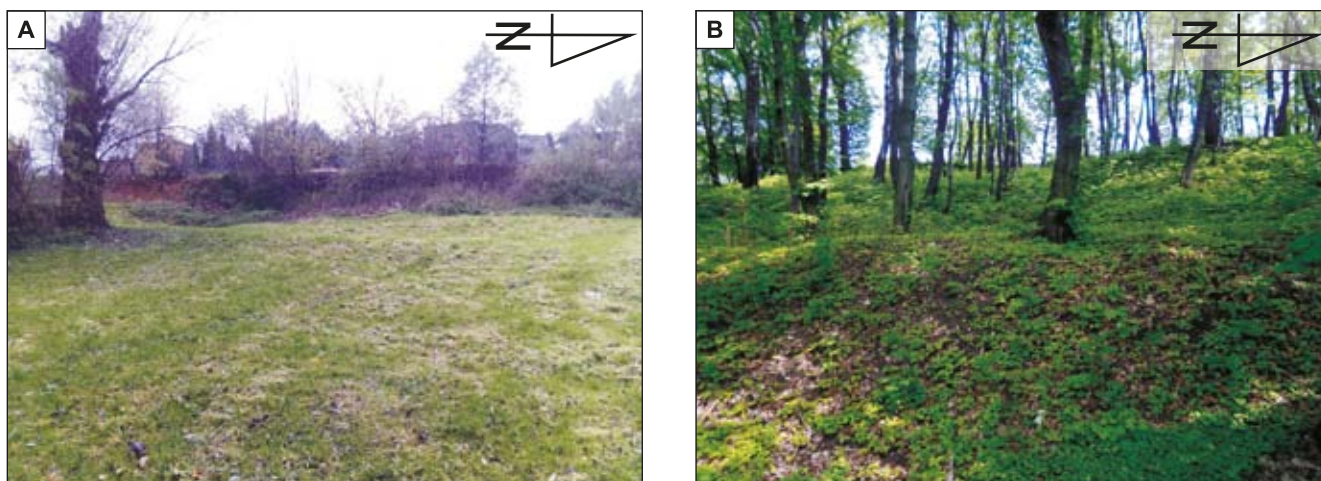
Arrow show landslide described

Osuwisko to rozwinęło się w środkowioceńskich, szarozółtych i szarych ilach z przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych i glin, zalegających na utworach kulmu (Sarnacka, 1956; Preidl, 2007). Rozpoczyna się skarpą główną, której wysokość waha się od 1 m w części północnej do 4 m w części południowej. Mimo przekształceń antropogenicznych terenu, związanych m.in. z budową i odbudową tunelu, w obrębie koluwium obserwuje się zagłębienia i nabrzmienia terenu, wskazujące na przemieszczanie materiału skalnego (fig. 3). Czoło osuwiska częściowo spiera się na obudowie tunelu. Osuwisko znajduje się w obrębie niecki osiadań spowodowanej podziemną eksploatacją węgla kamiennego (Olesiak, 2004).

Według starych zapisków wiosna 1857 r. była bardzo deszczowa (Preidl, 2007), zatem ulewne deszcze, ruchy związane z osiadaniem terenu oraz wstrząsy górnicze mogły przyczynić się do uaktywnienia osuwiska, którego czoło napierało na obudowę i częściowo zacisnęło tunel.

Mimo niestwierdzenia obecnie śladów aktywności osuwiska oraz braku uszkodzeń ścian tunelu, należy go uznać za zagrożony przez ruchy masowe, których wystąpienie może być spowodowane zarówno przez osiadanie terenu, jak i długotrwałe opady atmosferyczne.

Trudno jednoznacznie określić, czy osuwisko w Rydułtowach powstało na skutek podziemnej eksploatacji, czy istniało już wcześniej, a górnicze deformacje terenu jedynie przyczyniły się do jego uaktywnienia. Biorąc pod uwagę charakterystyczny, prostoliniowy przebieg skarpy głównej, przypominający typowe liniowe deformacje nieciągłe występujące na terenach górniczych (Kruczkowski, 2010), oraz fakt obniżenia terenu w tym rejonie (Olesiak, 2004), a co za tym idzie powstanie i zestromienie stoku, wiele wskazuje na to, że osuwisko jest formą stosunkowo młodą i powstało dopiero po rozpoczęciu eksploatacji węgla kamiennego na terenie Rydułtów.



**Fig. 3. Powierzchnia osuwiska w Rydułtowach (fot. M. Wódka, 2017)**

A – skarpa główna w północnej części osuwiska, B – nierówności w obrębie koluwium

Landslide surface deformation in Rydułtowy (photo by M. Wódka, 2017)

A – main scarp in the northern part of the landslide, B – deformations within the colluvium

## EKSPLOATACJA OTWOROWA (PODZIEMNE ŁUGOWANIE)

Za przykład wpływu eksploatacji otworowej na rozwój osuwisk posłużyły dwa krakowskie obszary, znajdujące się w obrębie nieeksploatowanego już złoża soli kamiennej Barycz (fig. 4). Złoże to eksploatowano otworami wiertniczymi z powierzchni metodą podziemnego ługowania. Eksploatacje prowadzono bez ochrony stropu, a filary ochronne przebiegały wzdłuż ulic Lipowej i Krzemienieckiej oraz przy wschodniej granicy, oddzielając złoże Barycz, eksploatowane metodą otworową, od złoża Wieliczka, eksploatowanego metodą podziemną (Mazurek i in., 1995).

W 1974 r. w obrębie pola wydobywczego Pagory, na skutek niekontrolowanego wyeksploatowania kilkudziesięciu otworów, doszło do gwałtownego powstania zapadliska o średnicy ok. 150 m. Wraz z powstaniem zapadliska zostało wyrzucone ok. 35 000 m<sup>3</sup> solanki oraz ok. 10 000 m<sup>3</sup> skał nadkładowych (Mazurek, 2007). Niewątpliwie miało to wpływ na uaktywnienie osuwiska znajdującego się w tym rejonie (osuwisko nr 1; fig. 4). Osuwisko to rozwinęło się w ilastych utworach miocenu – warstwach chodenickich (Burtan, 1964). Rozpoczyna się ono wyraźną skarpą główną do 3 m wysokości. Poniżej skarpy, w obrębie koluwium, występują liczne nierówności. Podczas aktualizacji rejestru osuwisk miasta Krakowa (Kamieniarz i in., 2018) stwierdzono „świeże” przemieszczenia oraz szczeliny, które wskazują na jego ciągłą aktywność.

Drugim osuwiskiem występującym w obrębie terenu górniczego kopalni Barycz jest forma znajdująca się na północ od składowiska odpadów komunalnych (osuwisko nr 2; fig 4). Jest to największe osuwisko zarejestrowane na obszarze Krakowa. Rozpoczyna się wyraźną skarpą główną, miejscami sięgającą wysokość 10 m. Poniżej skarpy występują

liczne zagłębienia terenu, skarpy wtórne oraz progi akumulacyjne. W obrębie koluwium występują też podmokłości oraz niewielkie jezioro. Osuwisko jest porośnięte lasem, w którym większość drzew na skutek przemieszczeń mas skalnych zostało powyginanych i zdeformowanych. Bogata rzeźba wewnątrz osuwiskowa pozwoliła uznać je za okresowo aktywne. Wpływ na rozwój tego osuwiska miało zapewne kilka czynników. Pierwszy z nich to litologia. Skrajnie południowa część Krakowa znajduje się na obszarze Karpat. Naprzemianległe występowanie silnie przepuszczalnych piaskowców oraz słabo przepuszczalnych łupków i margli sprzyja powstawaniu osuwisk. Drugim istotnym czynnikiem jest położenie osuwiska w silnie stektonizowanej strefie związanej z nasunięciem Karpat (fig. 5). Te dwa czynniki bierne w połączeniu z długotrwałymi opadami atmosferycznymi oraz obniżeniami terenu dochodzącymi do 19 m (d’Obyrn, Wójcik, 2016), rejestrowanymi w obrębie złoża soli kamiennej Barycz, spowodowały, że właśnie w tym miejscu występuje największe z krakowskich osuwisk.

## EKSPLOATACJA POWIERZCHNIOWA

Wraz z rozwojem kopalni odkrywkowych powszechnie stają się ruchy masowe (Krawczyk, 2006; Czarniecki, Goździk, 2008; Flisiak i in., 2014). Mogą być to zarówno obrywy, spłyzywania, jak i osuwiska. Ich rodzaj i intensywność jest związana ze sposobem eksploatacji oraz rodzajem wydobywanej kopaliny. Ruchy masowe w kopalniach odkrywkowych zwykle nie stanowią zagrożenia, zdarza się jednak, że dochodzi do utraty stateczności całego (nie tylko eksploatowanego) zbocza i powstaje zagrożenie dla infrastruktury otaczającej kopalnię. Jednym z przykładów osuwisk rozwiniętych w dużej mierze na skutek eksploatacji powierzchniowej

jest osuwisko w nieczynnej już kopalni iłów Zesławice. Osuwisko ma charakter złożony, występują tu zarówno powierzchniowe ruchy, jak i głębokie zsuwy rotacyjne. Wraz z rozwojem kopalni osuwisko zmieniało swój kształt. Na skutek eksploatacji kolejnych poziomów, coraz dalszego

podcinania zboczy i półek skarpowych oraz składowania nadkładu i dociążania koluwium, osuwisko uaktywniało się w różnych strefach. Przebieg rozwoju osuwiska można prześledzić na starych zdjęciach lotniczych, gdzie są zauważalne świeże skarpy, szczeliny czy progi akumulacyjne (fig. 6).

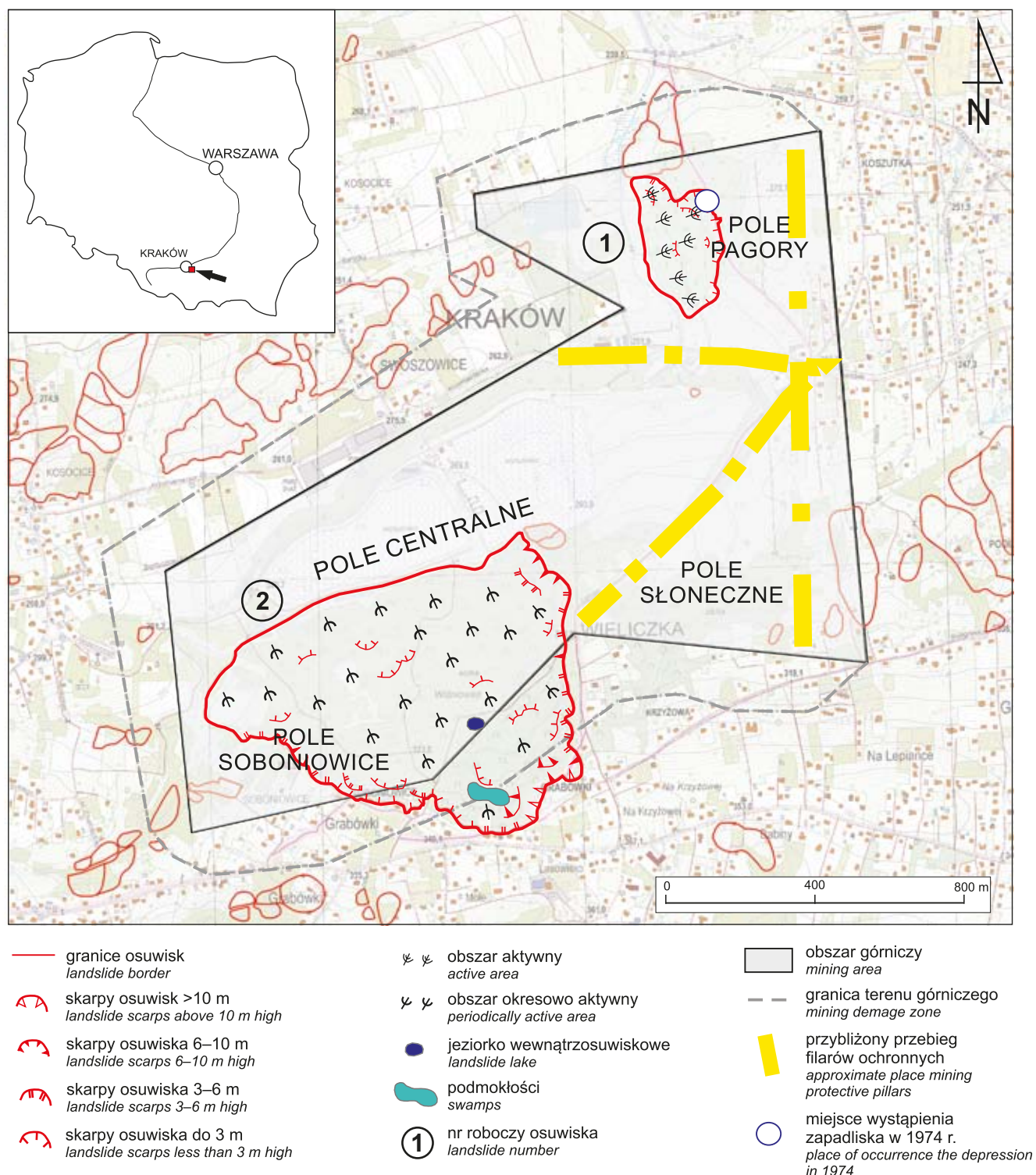


Fig. 4. Osuwiska nad kopalnią Barycz w Krakowie (na podstawie Kamieniarz i in., 2018)

Landslide over the Barycz mine in Kraków (based on Kamieniarz *et al.*, 2018)

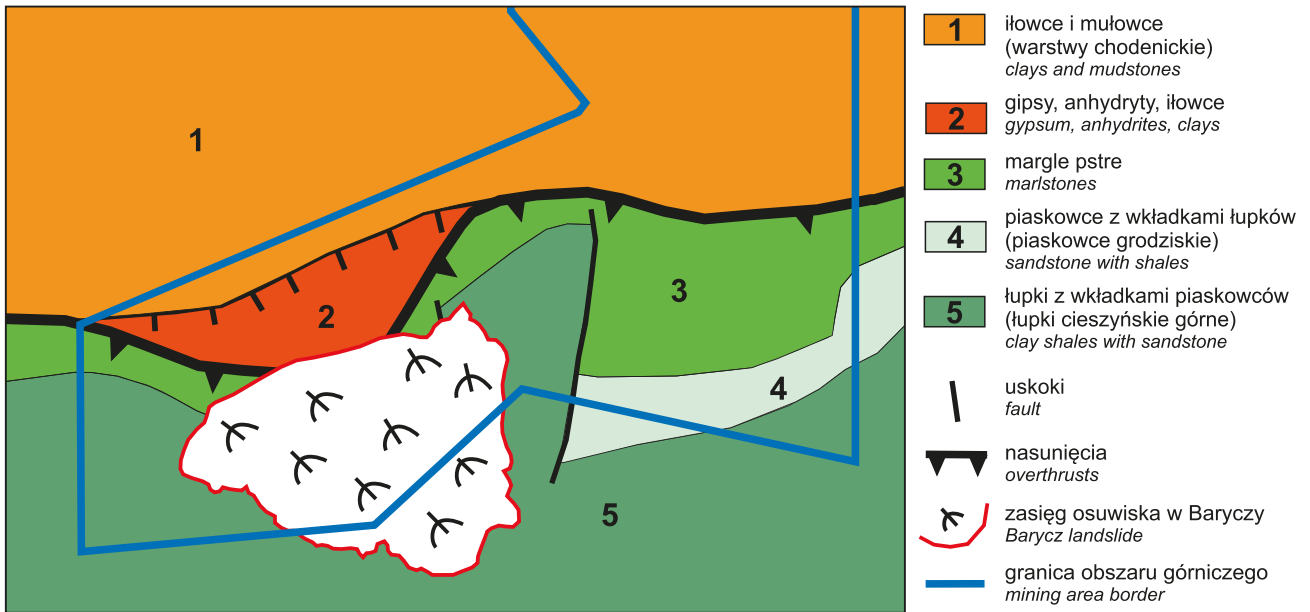


Fig. 5. Osuwisko w Baryczy na tle litologii i tektoniki (na podstawie Paula i in., 1996 oraz Wójcika, Burtan, 2017)

Landslide in Barycz on lithology and tectonics map (based on Paul *et al.*, 1996 and Wójcik, Burtan, 2017)

Obecnie w wyniku dużych zmian antropogenicznych niektóre granice osuwiska zostały zatarte, jednak w obrębie kolumbium nadal są rejestrowane formy wskazujące na jego ciągłą aktywność (fig. 7). Dla osuwiska dotychczas wykonano jedną dokumentację geologiczno-inżynierską (Zajac, 2016).

Na jej podstawie określono powierzchnię poślizgu na głębokościach 11,6–14,6 m p.p.t. w części górnej, 17,6 m p.p.t. w części środkowej oraz 8,5 m p.p.t. w dolnej części osuwiska. Zlustrowania występowały w obrębie ilastych utworów środkowomiocenijskich warstw skawińskich.

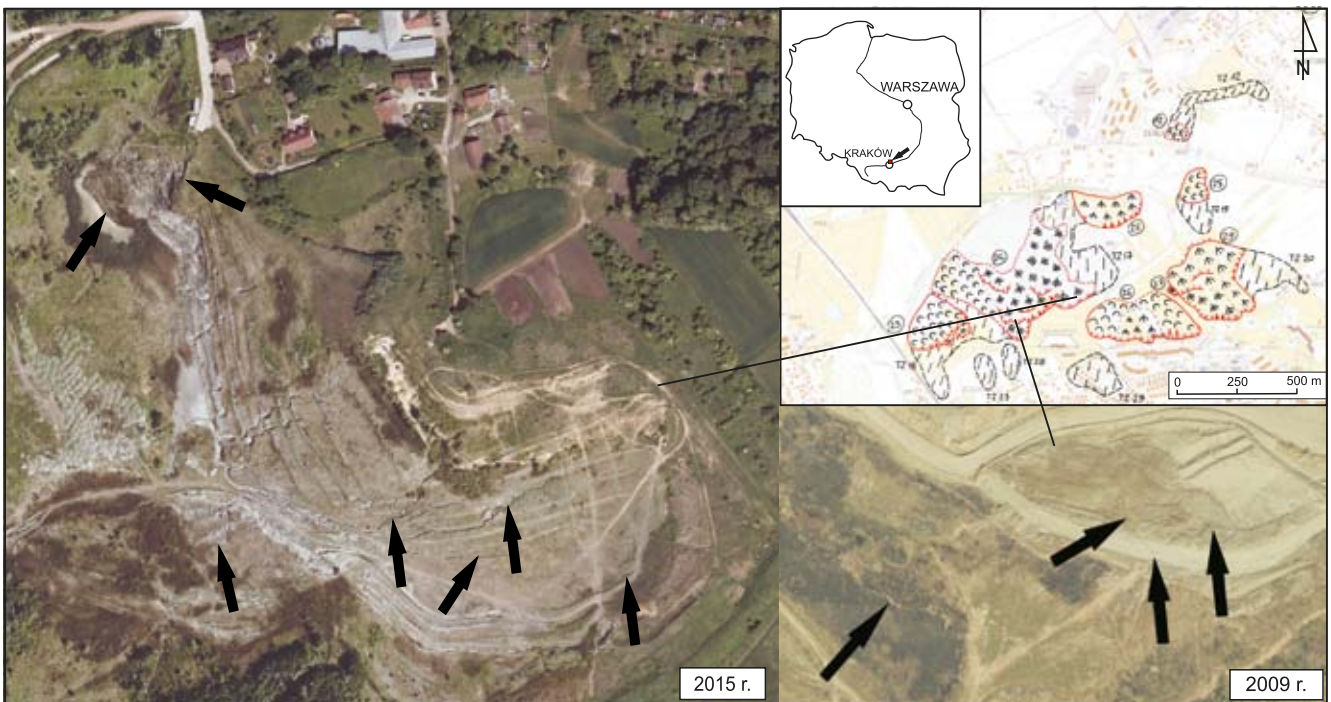


Fig. 6. Deformacje terenu osuwiska w Zesławicach widoczne na zdjęciach lotniczych (źródło: LPIS)

Strzałkami zaznaczono świeże skarpy, szczeliny oraz progi akumulacyjne

Deformations of the landslide area in Zesławice visible in aerial photographs

Arrows shows scarps, cracks and accumulation thresholds



**Fig. 7. Skarpa wtórna i szczelina na osuwisku w Zesławicach (fot. A. Biajgo, 2019)**

Secondary scarp and crack on landslide in Zesławice  
(photo by A. Biajgo, 2019)

## PODSUMOWANIE

Na rozwój osuwisk wpływa wiele czynników biernych. Ich współwystępowanie daje korzystne warunki do rozwoju osuwisk. Impulsem do uruchomienia osuwiska są czynniki zmienne. Na terenach górniczych czynniki te mogą być wywołane zarówno eksploatacją podziemną, jak i powierzchniową. Mogą być to osiadania terenu, wstrząsy górnicze, awarie wynikające z błędów eksploatacyjnych. Ruchy masowe są zjawiskiem powszechnym w kopalniach odkrywkowych, gdzie utrata stateczności stoku następuje na skutek jego podcinania. Przy eksploatacji podziemnej niekorzystny wpływ na ruchy masowe mają górnicze deformacje terenu. W artykule przedstawiono przykłady osuwisk, których rozwój był związany z tymi właśnie czynnikami.

Uszkodzenie tunelu w Rydułtowach nie było wcześniej związane z ruchami masowymi, jednak prawdopodobnie było ono wynikiem uruchomienia (lub powstania) osuwiska, którego ślady są widoczne w terenie do dziś. Na jego rozwój wpłynęły osiadania i wstrząsy górnicze występujące w tym rejonie. Górnicze osiadania terenu miały również istotny wpływ na rozwój osuwiska w krakowskiej Baryczy. Osuwisko w obrębie pola wydobywczego Pagory jest natomiast dobrym przykładem rozwoju ruchów masowych na skutek awarii wynikających z błędów eksploatacyjnych. Podcinanie stoku oraz składowanie nadkładu w miejscach zakończonej eksploatacji były przyczyną rozwoju osuwiska w odkrywkowej kopalni ilów Zesławice.

Jak pokazują powyższe przykłady, tereny górnicze, na których występują deformacje powierzchni terenu, a w szczególności brzeżne części niecek osiadań oraz skarpy wyrobisk odkrywkowych i obszary występujące w ich bezpośrednim sąsiedztwie, należy uznać za strefy zagrożone występowaniem ruchów masowych.

Badania sfinansowano z tematu Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego nr 61.3506.1703.00.0.

## LITERATURA

- BUDRYK W., 1952 – Eksploatacja złóż. Cz. 2. Podziemna eksploatacja pokładów węgla. Górnictwo. T. IV. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Katowice.
- BURTAN J., 1964 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000 bez utworów czwartorzędowych, ark. Myślenice. Region Karpat i przedgórze. Z. 2. Inst. Geol., Warszawa.
- CZARNIECKI L., GOŹDZIK J., 2008 – Rozwój osuwiska 22S w najgłębszej części kopalni Bełchatów. *Prz. Geol.*, **56**, 2: 150–157.
- FLISIAK J., RYBICKI S., TYLIKOWSKI M., 2014 – Ocena zagrożenia osuwiskowego w kopalniach odkrywkowych na przykładzie KWB Bełchatów i KWB Turów. *Prz. Geol.*, **62**, 10/2: 563–569.
- GUZIEL A., 2002 – Deformacje górotworu. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- KASZOWSKA O., KOWALSKI A., 2007 – Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu. *Prz. Geol.*, **55**, 8: 640–641.
- KAMIENIARZ S., WÓDKA M., WÓJCIK A., 2018 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi skala 1:10 000 powiat miasto Kraków. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KRAWCZYK M., 2006 – Zagrożenia osuwiskowe w górnictwie odkrywkowym. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, **12**: 15–21.
- KRUCZKOWSKI M., 2010 – Analiza wpływu eksploatacji górniczej na występowanie deformacji nieciągłych typu liniowego. *Górnictwo i Geologia*, **5**, 2: 115–120.
- MARCINIEC P., ZIMNAL Z., WOJCIECHOWSKI T., PERSKI Z., RĄCZKOWSKI W., LASKOWICZ I., NESCIERUK P., GRABOWSKI D., KUŁAK M., WÓJCIK A., 2019 – Osuwiska w Polsce – od rejestracji do prognozy, czyli 13 lat projektu SOPO. *Prz. Geol.*, **67**, 5: 291–297.
- MAZUREK J., 2007 – Deformacje powierzchni w otworowej Kopalni Soli „Barycz” w likwidacji. Czy mogą jeszcze powstać zapadliska? *Górnictwo i Geoinżynieria*, **31**, 3/1: 409–422.
- MAZUREK J., FLISIAK J., FLISIAK D., 1995 – Wyznaczenie filara ochronnego dla ulic Lipowej i Krzemienieckiej położonych nad złożem Barycz oraz określenie warunków eksploatacji w obrębie filara [maszynopis]. Bibl. Katedry Geomechaniki Górniczej i Geotechniki AGH, Kraków.
- d’OBYRN K., WÓJCIK W., 2015 – Optymalne rozwiązania rekultywacji terenów na wybranych przykładach. *Acta Universitatis Nicolai Copernici*, **46**, 2: 225–237.
- OLESIK S., 2004 – Karta dokumentacyjna naturalnego zagrożenia geologicznego – działalność górnicza. Osiadania powierzchni i towarzyszące im zalewiska. Miejscowość Rydułtowy. W: Rejestracja i inwentaryzacja naturalnych zagrożeń geologicznych na terenie całego kraju (ze szczególnym uwzględnieniem osuwisk oraz innych zjawisk geodynamicznych) (red. M. Lemberger). Sprawozdanie końcowe. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PAUL Z., RYŁKO W., RĄCZKOWSKI W., WÓJCIK A., 1996 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Myślenice. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PREIDL W., 2005 – Tunel w Rydułtowach – najstarszy tunel kolejowy w Polsce. *Budownictwo Górnicze i Tunelowe*, **3**: 26–33.
- PREIDL W., 2007 – Katastrofa budowlana w tunelu Czernickim. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **31**, 3: 347–355.
- RĄCZKOWSKI W., 2007 – Landslide hazard in the Polish Flysch Carpathians. *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.*, **41**: 61–76.

- SARNACKA Z., 1956 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Rydułtowy. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- WÓDKA M., 2017 – Objasnienia do mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, skala 1:10 000, gmina Rydułtowy. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- WÓDKA M., PIOTROWSKI A., 2017 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, skala 1:10 000, gmina Rydułtowy. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- WÓJCIK A., BURTAN J., 2017 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Wieliczka. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- WÓJCIK A., WOJCIECHOWSKI T., 2016 – Osuwiska jako jeden z ważniejszych elementów zagrożeń geologicznych w Polsce. *Prz. Geol.*, **64**, 9: 701–709.
- ZAJĄC J., 2016 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich dla inwestycji rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni ilów ceramiki budowlanej „Zesławice”, obręb 3 jednostka ewidencyjna Nowa Huta w Krakowie. Arch. Urzędu Miasta Krakowa.

## SUMMARY

In Poland, among the variable factors that give impetus to the development of landslides, the most important seem to be atmospheric precipitation and thus waters infiltration into the rock mass. Nevertheless, in mining areas an important factor are movements associated with land subsidence, shocks and undercutting of slopes in open-cast mines.

The article presents four examples of landslides, development of which was significantly affected by underground coal exploitation, underground surface exploitation (salt leaching) and surface exploitation of clays.

In the case of underground mining exploitation, the most vulnerable to landslides are the marginal parts of the subsidence terrain. An example of landslides affected by mining ground settlements are Rydułtowy and a landslide in the Szwosowice district of Kraków. The first of them could have

caused the damage and tightening of the oldest railway tunnel in Poland in 1857. The second is the largest landslide registered in the city of Kraków. Both lithology, tectonics as well as atmospheric precipitation and ground settlements associated with the underground salt leaching had an impact on its development. The exploitation of rock salt also led to the creation of a large hollow and the ejection of about 35,000 m<sup>3</sup> of brine, which led to the activation of another landslide in the south of Kraków. The last of the examples – landslide in the Zesławice clay mine – shows the impact of surface exploitation on development mass movements. In open-cast mines, mass movements are quite common and do not pose a threat, but it happens that the entire (not only exploited) slope is lost and risks to the infrastructure surrounding the mine arise.