

Geotechnika szuka sposobów przeciwdziałania szkodliwym skutkom przemieszczeń zbcocy

Osuwiska w Polsce i na świecie

Marek Cała¹

1. Wprowadzenie

Od zarania dziejów na całej powierzchni naszej planety mają miejsce ruchy osuwiskowe mas skalnych i gruntowych. W tabeli podano miejsce, czas oraz liczbę ofiar dla kilkunastu wybranych osuwisk. Niektóre z nich zostaną szerzej omówione poniżej.

Rok	Lokalizacja	Liczba ofiar
1596	Hofgastein, Austria	147
1669	Salzburg, Austria	250
1808	Rossgberg, Szwajcaria	450
1881	Verdalen, Norwegia	112
1920	Kansu, Chiny	100–200 tys.
1963	Vaiont, Włochy	2043
1966	Aberfan, Walia	144
1970	Huascarán, Peru	ok. 18 tys.
1974	Mayunmarca, Peru	451
1974	Quebrada Blanca Kolumbia	300
1985	Stava, Włochy	269
1999	Caraballeda, Wenezuela	18–19 tys.
2003	Chima, Boliwia	117
2003	Bukit Lawang, Indonezja	244
2006	Guinsaugon, Filipiny	1100

Osuwiska są rodzajem powierzchniowych ruchów masowych, czyli przemieszczania się mas skalnych lub gruntowych pod wpływem siły ciężkości. W geologii dynamicznej wyróżnia się kilka rodzajów tego typu zjawisk. Jeżeli ruch jest stały, ale bardzo powolny, to mówimy o spłyzywaniu. Gdy rozdrobnione fragmenty skalne zostają wprawione w szybki ruch po zboczu, nazywamy to staczaniem, które prowadzi do powstania usypiska. Jeśli warunki sprzyjające ruchowi dojrzejają stopniowo i dopiero jakaś drugorzędna przyczyna wprawi masy skalne w ruch, a odbywa się on dość szybko, to używamy pojęcia osuwania. Gdy w tym procesie udział wody jest znaczny, określamy ruch mas jako spływanie. Gdy osuwanie się ma charakter katastrofalny i polega bardziej na oderwaniu się mas skalnych niż na ich osunięciu się, mówimy o obrywaniu mas skalnych [5]. W podziale tym nie ma ostrych granic, dlatego aby sprecyzować pojęcie osuwiska, należy zwrócić uwagę na charakter powierzchni, po której przemieszczają się te masy, oraz na związane z nim kryterium kształtu powierzchni. W szczególności zaś, czy powierzchnia poślizgu istniała w masywie skalnym lub gruntowym przed powstaniem przemieszczenia, czy też powstała w wyniku przemieszczania jako rezultat ścięcia. Uwzględniając powyższe, osuwiska definiuje się jako masy skalne osunięte wzdłuż powstałych dopiero w momencie ścięcia, najczęściej cylindrycznych lub kulistych, powierzchni poślizgu [4].

¹ Dr hab. inż., Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

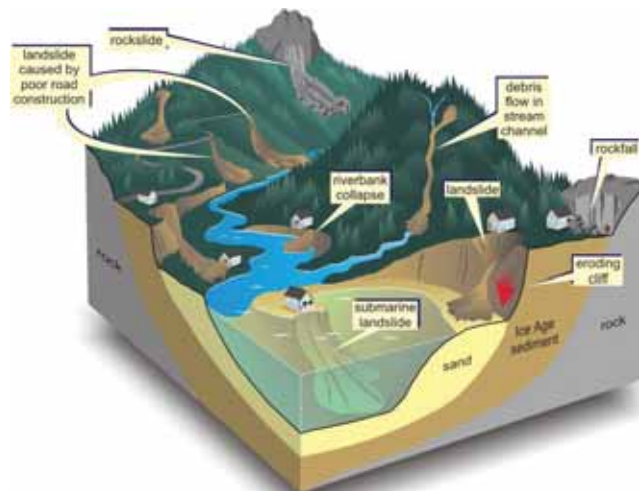
Innym, bardzo podobnym zjawiskiem, biorąc pod uwagę skutki wystąpienia, są zsuwy. Definiuje się je jako masy skalne zsunięte razem, tworzące duży pakiet, wzdłuż istniejących w masywie skalnym przed przemieszczeniem naturalnych stref osłabionej wytrzymałości, stających się powierzchniami ścięcia i poślizgu. Zsuwy i osuwiska traktowane są czasami łącznie i wówczas nazywane są osuwiskami. Brak wyraźnego rozdzielenia między osuwiskami (osuwiska właściwe) i zsuwami prowadzi do wielu nieporozumień, mających istotne konsekwencje w praktyce budowlanej [4].

Przykładem może być określanie rozmiarów klina napierającego na mur oporowy. Inne podejście do zagadnienia można znaleźć w pracy [2]: „Osuwiska, czyli zsuwy, tworzą się wskutek szybkiego przemieszczania mas skalnych. Niekiedy jednak trwają całymi latami. Można więc wyróżnić szereg przejść pomiędzy osuwiskami a spłyzywaniem”. Autorzy utożsamiają osuwiska właściwe (w rozumieniu Kowalskiego) ze zsuwami. Opisują oni również możliwość przechodzenia osuwiska w spływanie. Odmienne zdanie możemy znaleźć w pracy [5], gdzie autor dzieli osuwiska na okresowe (odnawiające się zwykle w czasie opadów) i na osuwiska chroniczne, które są w ciągłym ruchu. Odróżnia je od spłyzywania to, że spływanie jest w tym przypadku utożsamiane ze zwiertzelinami lub utworami luźnymi i występuje również bez udziału wody.

Widać zatem, jak trudno jest jednoznacznie zdefiniować pojęcie osuwiska, a tym samym zakwalifikować zaistniałe w przyrodzie zjawisko do odpowiedniej kategorii. Dodatkowo w geotechnice używa się często pojęcia osuwisko do określania procesów niszczenia skarp nasypów i wykopów.

2. Zagrożenia stwarzane przez osuwiska

Ruchy osuwiskowe wywołane naturalnymi lub sztucznymi czynnikami mają duże znaczenie dla gospodarki człowieka [5]. W odróżnieniu np. od powodzi, która jest zjawiskiem katastrofalnym, epizodycznym, niezmiernie aktywnym lecz krótkotrwałym, w obszarach górskich osuwiska są procesem ciągłym. Ruchy wy-



Rodzaje ruchów masowych

stępują na stokach w sposób nieprzerwany, nawet bez zaistnienia silniejszej przyczyny sprawczej. Są także zjawiskiem szybciej eliminowanym z ludzkiej pamięci, bardzo często kodowanym w sposób irracjonalny jako zjawisko, które było, ale już się nie zdarzy.

Osuwiska, w zależności od miejsca swojego występowania, różnie oddziałują na ludzi, obiekty budowlane i środowisko. Największy wpływ na wszystkie te elementy wywierają osuwiska występujące w górach. Jest to związane z ich liczebnością. W samych tylko Karpatach zostało zarejestrowanych ponad 95% wszystkich osuwisk w Polsce. Statystycznie daje to ok. 1 osuwisko na 1 km² powierzchni tego regionu. Zagrożone są głównie drogi, linie kolejowe, linie przesyłowe i osiedla mieszkalne. Liczebny wzrost zagrożeń osuwiskowych w ostatnich latach jest związany z faktem chaotycznej zabudowy osuwiskowych stoków karpackich i prowadzeniem linii komunikacyjnych i przesyłowych na terenach, gdzie występują już osuwiska stare, nieaktywne, lecz mogące się uaktywnić w sprzyjających warunkach hydrologiczno-meteorologicznych. Pomimo czasami dużych rozmiarów osuwisk występujących w polskich górach, ich wpływ na gospodarkę człowieka jest inny niż w takich krajach, jak Austria, Szwajcaria, Włochy czy Chiny. W przeciwieństwie do występujących tam czasami katastroficznych osuwisk, w których w Polsce giną ludzie, bardziej odczuwane są skutki finansowe związane z naprawą uszkodzonej infrastruktury i ochroną zabudowy mieszkalnej. Osuwiska przyczyniają się głównie do powstawania szkód budowlanych. Groźne jest również powolne pełnienie gruntu, które powoduje pękanie budynków i innych obiektów budowlanych. Opisany problem osuwisk dotyczy również miast położonych nad skarpami dużych dolin rzecznych, np. Sandomierza, Warszawy i Płocka.

Inny problem stanowią osuwiska występujące na wybrzeżach morskich. Spowodowane są głównie procesami postępującej erozji brzegów wywołanej działaniem fal. Powodują, szczególnie na wybrzeżu klifowym, niszczenie lasów i przesuwanie brzegu morza w głąb lądu. Stanowią poważne zagrożenie dla obiektów budowlanych zlokalizowanych w pobliżu klifu. Innego typu zagrożenie w strefie przybrzeżnej występuje w Norwegii. Tworzą się tam często osuwiska na stromych brzegach fiordów. Wielkie masy zrzucone w wąskie zatoki wywołują nagłe podniesienie się poziomu morza, które zalewa i niszczy całe osiedla [5].

Kolejnymi budowlami narażonymi na niszczące działanie osuwisk są zapory wodne oraz zbiorniki hydrotechniczne. Budowa na rzece zapory wodnej powoduje istotne zmiany warunków w środowisku inżyniersko-geologicznym, wytworzonym przez zaporę i zbudowany przy niej zbiornik. Powstające na zboczach zbiornika osuwiska mogą zagrozić stateczności zapory, spowodować przelanie się przez nią wody i są przyczyną zamulania i zmniejszania pojemności zbiornika retencyjnego.

Omawiając temat zagrożeń należałoby wspomnieć o tych, które wynikają z innych powierzchniowych ruchów masowych. Szczególnie niebezpieczne są obrywy skalne. Są najszybszymi ruchami masowymi, w trakcie których prędkość ruchu może dochodzić nawet do 150 m/s [1]. Oczywiście wydaje się zagrożenie związane z uderzeniem takiego obrywu w dom czy w samochód. Jednak w specyficznych przypadkach zagrożenie może być zupełnie inne. W czasie obrywu w Bardzie Śląskim w 1598 r. Nysa Kłodzka opuściła zawałony przez obryw meander, a spiętrzone wody zalały część miasteczka [1].

3. Przyczyny występowania osuwisk

Powodów powstania osuwiska może być wiele. Oczywiście główną przyczyną wywołującą powierzchniowe ruchy masowe jest



Skutki osuwiska w rejonie budynku oraz drogi na zboczu



Osuwisko na drodze zlokalizowanej na zboczu górskim

siła ciężkości. Aby mogła ona zadziałać, muszą zostać spełnione pewne warunki. Zasadniczo można je podzielić na dwie grupy. Są to czynniki wynikające z procesów geodynamicznych oraz wynikające z prowadzenia robót inżynierskich i oddziaływania istniejących obiektów budowlanych. Do pierwszej grupy zalicza się wstrząsy sejsmiczne, współczesne ruchy skorupy ziemskiej, podcięcie stóp zbocza w wyniku erozji rzecznej, abrazji morskiej czy jeziornej, podniesienie poziomu wód gruntowych, zwiększenie ciśnienia sphywowego w zboczu, rozwój sufozji w zboczu [4]. Bardzo istotnym, a czasem pomijanym czynnikiem jest zniszczenie trwałej szaty roślinnej, np. w wyniku pożaru lub w karczowaniu lasów. Drugą grupę stanowią czynniki związane z działalnością człowieka, szczególnie budowlaną. Są to m.in. obciążenia dynamiczne zbocza spowodowane pracą maszyn, robotami strzałowymi, ruchem pociągów i pojazdów mechanicznych, wbijaniem pali, ścianek szczelnych, podcięciem dolnej części zbocza przez wykop fundamentowy lub drogowy, obciążeniem budowlą terenu powyżej górnej krawędzi zbocza [4].

Specyficznymi miejscami występowania osuwisk są kopalnie odkrywkowe i sztuczne zbiorniki wodne utworzone przez zaporę na rzece. W pierwszym przypadku osuwiska są zjawiskiem bardzo często spotykanym, żeby nie powiedzieć, powszechnym. Wynika to m.in. z faktu, że skarpy w kopalniach projektuje się ze wskaźnikiem bezpieczeństwa na poziomie 1,3 (wynika to ze względów ekonomicznych). Lokalne osuwiska nie stanowią przeważnie problemu, natomiast w przypadku gdy dochodzi do utraty stateczności całego zbocza, jak to się dzieje na południowych zboczach kopalni Bełchatów, powstaje ryzyko uszkodzenia sąsiadującej z kopalnią infrastruktury.

W przypadku zapór i sztucznych zbiorników wodnych problem jest innego rodzaju. W wyniku podniesienia poziomu wód grun-



Śląskie Towarzystwo Wiertnicze Spółka z o.o.
41-922 Radzionków, ul. Strzelców Bytomskich 100
tel./fax.: (032) 289-67-39; (032) 289-82-15
www.dalbis.com.pl, e-mail: info@dalbis.com.pl

Usługi wiertnicze

- Wiercenia pionowe oraz poziome – z powierzchni oraz wyrobisk górniczych,
- Budowa studni,
- Wiercenia hydrogeologiczne – poszukiwawcze i rozpoznawcze wraz z obsługą geologiczną,
- Wiercenia otworów inżynierskich dla odwadniania, wentylacji, podsadzania pustek, itp.,
- Wiercenia otworów wielkośrednicowych (do średnicy 2,0 m).



Usługi geotechniczne

- Palowanie (do średnicy 0,5 m),
- Iniekcje cementowe i środkami chemicznymi,
- Kotwienie,
- Zabezpieczanie skarp, zboczy oraz nasypów,
- Wypełnianie pustek poeksploatacyjnych,
- Odwodnienia.



Oferujemy kompleksowe wykonawstwo robót w/g projektów zleconych lub własnych z zastosowaniem nowoczesnych technologii robót wiertniczych i z wykorzystaniem własnego sprzętu.

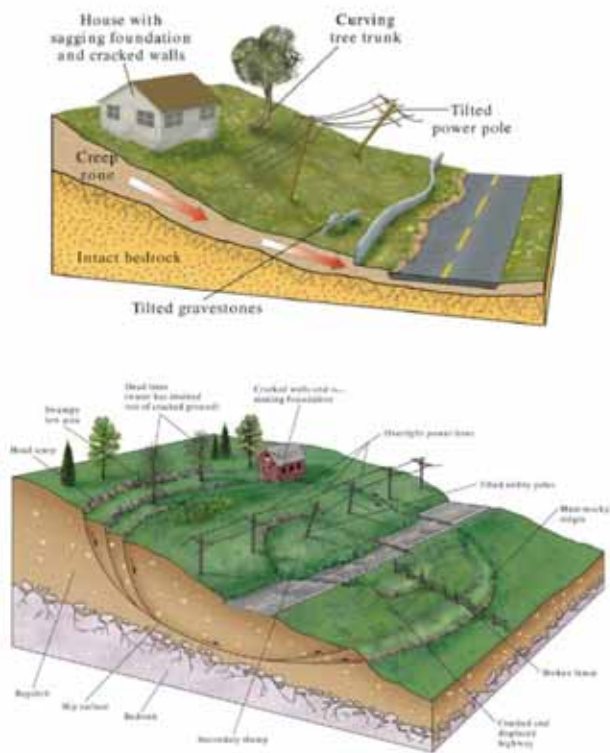


towych następuje nasączenie gruntu, w rezultacie czego ulegają zmniejszeniu kąt tarcia wewnętrznego i kohezja. Dodatkowo w wyniku szybkiego obniżenia poziomu wody w zbiorniku następuje znaczne zwiększenie ciśnienia spływowego, a co za tym idzie umożliwienie powstawania i rozwoju sufozji.

W Polsce najczęściej osuwiska uaktywnia się wiosną. Wynika to z podwyższenia poziomu wód gruntowych i nasączenia gruntu w wyniku roztopów i wzmożonych opadów deszczu. Bardzo dużo osuwisk uaktywniło się po intensywnych opadach deszczu w 1997 r.

4. Osuwiska w Polsce i na świecie

Występowanie procesów osuwiskowych jest sygnalizowane przez szereg różnych zjawisk. W przypadku, gdy na warstwie o większych właściwościach wytrzymałościowych i odkształceniowych (np. podłoże skalne) zalega warstwa o niższych właściwościach wytrzymałościowych i odkształceniowych (np. zwietrzelina skalna pokryta warstwą gruntu), może zachodzić proces powolnego osuwania (spełzwywania). Symptomami takich ruchów masowych mogą być np. pnie drzew zdeformowane przy powierzchni terenu („pijane drzewa”), przechylone płoty, ogrodzenia lub słupy, spękania na obiektach budowlanych.



Różne mechanizmy ruchów osuwiskowych

Kiedy podłoże skalne zalega na większej głębokości, często mamy do czynienia z osuwiskami, których powierzchnia poślizgu jest zlokalizowana znacznie głębiej niż w przypadku spełzwywania warstw powierzchniowych. Zwiastunami takiego typu osuwisk mogą być np. otwarte szczeliny w górnej części skarpy (niekiedy przechodzące w odsłonięcia), wypiętrzenia gruntu w dolnych częściach skarpy, spękania z przemieszczeniami obiektów budowlanych, przechylone płoty, ogrodzenia lub słupy, uschnięcie (z powodu zaburzenia stosunków wodnych) krzewy i drzewa.

Z punktu widzenia stateczności skarpy, bardzo istotne jest oddziaływanie drzew i krzewów. Ich korzenie, wnikać głęboko w skarpe, pełnią funkcje stabilizujące. Dobrym przykładem korzystnego wpływu obszaru leśnego na stateczność naturalnego



Spływy powierzchniowe na zboczu górskim w rejonie Manawatu-Wanganui (Nowa Zelandia)

zbocza jest góra w regionie Manawatu-Wanganui na Wyspie Północnej w Nowej Zelandii. W przeciwieństwie do niemal niekniętej zalesionej części zbocza, w jego odsłoniętej części widać skutki gwałtownych opadów w postaci licznych osuwisk i spływów powierzchniowych.

4.1. Osuwiska w Karpatach

W Polsce problem osuwisk dotyka szczególnie Karpat, gdzie szacuje się, że ich liczba sięga prawie 30 tysięcy. Ocenia się, że zagrożeniem osuwiskowym objęte jest ok. 50–60% budynków na zboczach. Można tutaj mówić o setkach tysięcy budynków zamieszkiwanych przez ponad milion ludzi.



Skutki osuwiska w Lachowicach

Osuwisko w Lachowicach wystąpiło w 2001 r., charakteryzowało się powierzchnią ok. 10 ha i głębokością do 20 m. Masa gruntów objętych ruchem osuwiskowym była równa ok. 5 mln t. Zniszczeniu uległo 15 zabudowań mieszkalnych, a uszkodzeniu ok. 35. Osiedle „Na wodzie” na zboczu góry Groń przestało istnieć w ciągu 20 minut. Interesujące jest, że zjawisko to wystąpiło na obszarze starego osuwiska. Podobne miało miejsce w przypadku osuwiska Falkowa o powierzchni 10 ha – w tym przypadku uszkodzeniu uległo 7 budynków.



Osuwisko w Falkowej

WSPÓLPRACA

- "Wodociągi Kieleckie" Sp. z o.o.
- Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków
- Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków Zakład Wodociągów i Kanalizacji
- Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
- Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Środowiska Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska

KOMITET HONOROWY

Przewodniczący: Henryk Milcarz - Prezes "Wodociągów Kieleckich" Sp. z o.o.

Członkowie:

- prof. dr hab. inż. Z. Heidrich
- prof. dr hab. inż. A. Kulczkowski
- prof. dr hab. inż. K. Kuś
- prof. dr hab. inż. M. Kwietniewski
- prof. dr hab. inż. Z. Siwoń
- prof. dr hab. inż. M. Sozański

Zapraszamy do udziału w Targach TIWS, oraz planowanej 3-dniowej Konferencji.

Zachęcamy do skorzystania z pakietu targowo – konferencyjnego obejmującego: wstęp na targi, miejsce parkingowe, udział w 3-dniowej konferencji, udział w wieczornym spotkaniu integracyjnym, udział w uroczystej kolacji.

WCZEŚNIEJSZE ZGŁOSZENIE TO LEPSZA CENA I ATRAKCYJNIEJSZE STOISKO



Międzynarodowe Targi INFRASTRUKTURA wodno-ściekowa

w dniach 6-8.10.2009

miejsce: Teren Międzynarodowych Targów Kielce,
ul. Zakładowa 1

POPARCIE MINISTRA ŚRODOWISKA

ORGANIZATORZY

TargiKielce



szczegółowe informacje:

www.forum-wodociagi.pl/targi, www.targikielce.pl

PATRONAT MEDIALNY

Internet Rzeczpospolita

Komunalny

Nowoczesna Budownictwa

PUDS

STAL NIERDZEWNA

wodkaneko.pl

Laboratorium

PFTT

forum

WODOCIĄGI KRAJOWA

KOMUNALNY.PL

FLAMEP

BMP

BIOLOGIA przemysłowa

Instalacyjny

woda-dzielnik.com

Beidel Przywecki

Ochrona przed upadkiem z wysokości

PROTEKT

ul. Staronudzka 9
93-403 Łódź

tel. 0 42 6802083
fax 0 42 6802093
info@protekt.com.pl

www.protekt.com.pl

PRODUCENT SPRZĘTU ASEKURACYJNEGO I STAŁYCH SYSTEMÓW OCHRONNYCH

4.2. Osuwisko filara ochronnego Nysy Łużyckiej

Jednym z najbardziej znanych i stwarzających większe zagrożenie było osuwisko filara ochronnego granicznej rzeki Nysy Łużyckiej w KWB „Turów” w 1989 r., kiedy to pojawiły się pierwsze przejawy rozwijającego się procesu osuwiskowego w postaci szczelin i spękań na górnej powierzchni zbocza. Filar ten był wykonywany w miarę postępu eksploatacji i dopiero w 1989 r., przy udostępnianiu poziomu +125, stwierdzono deformację górotworu wskazującą na zagrożenie utraty stateczności zbocza. Prognozowaną, maksymalną objętość osuwiska oszacowano na 12 mln m³. Propagacji szczelin i spękań w zboczu filara towarzyszyły zjawiska wypierania i lokalne nasunięcia u podstawy zbocza. W przypadku dalszego rozwoju osuwiska zagrożone byłyby zarówno obiekty



Filar Nysy Łużyckiej wraz z przyporą

kopalni, jak i obiekty zlokalizowane w sąsiedztwie wyrobiska, co byłoby równoznaczne z poważnymi ograniczeniami, a nawet wstrzymaniem wydobywania węgla oraz trudnymi do oszacowania stratami materialnymi. Przerwanie koryta rzeki Nysy i wdarcie się wody do odkrywki spowodowałoby unieruchomienie systemu odwodnienia, zniszczenie ok. 550 m odcinka ekranu przeciwfiltracyjnego, a także zatopienie kolejnych poziomów eksploatacyjnych. Wystąpienie osuwiska miałyby także katastrofalne skutki dla obiektów zewnętrznych. Zniszczeniu uległoby koryto rzeki Nysy stanowiące granicę państwową z Niemcami oraz 650-metrowy odcinek drogi wojewódzkiej Trzciniec – Sieniawka. Uszkodzone zostałyby m.in. napowietrzne linie energetyczne, oraz rurociąg wody pitnej do tych miejscowości. Następstwem uszkodzenia lub zniszczenia koryta Nysy byłby brak lub niedostateczne zasilanie w wodę odbiorców przemysłowych (głównie elektrowni Hirschfelde, Turów, Hagenwerder) i komunalnych (miasta Zgorzelec i Görlitz) poniżej miejsca wystąpienia osuwiska. Rozwój procesów osuwiskowych mógł doprowadzić do przerwania koryta Nysy Łużyckiej i wdarcia się wody do wyrobiska.

4.3. Osuwisko Świniec

Największe osuwisko w historii KWB „Turów” o nazwie Świniec powstało na wschodnim zboczu zwałowiska zewnętrznego KWB „Turów” w grudniu 1994 r. W południowo-wschodniej części zwałowiska zewnętrznego doszło wówczas do osuwiska fragmentu zbocza, obejmującego skarpy stałe od podstawy zbocza na rzędnej +300 m n.p.m. do górnej krawędzi na rzędnej +420 m n.p.m. Osuwisko to powstało w końcowym stadium formowania poziomu +415. Prędkości przemieszczeń czoła osuwiska osiągnęły wartości dochodzące do 21 m/dobę, a na powierzchni osuwiska miejscami nawet powyżej 25 m/dobę. Przemierzający się w kierunku granicy z Czechami grunt zniszczył ok. 8 ha lasu graniczącego ze zwałowiskiem zewnętrznym. Po oparciu się jęzora osuwiska o naturalne wyniesienie terenu (rzędna +333) wystąpiło piętrzenie



Osuwisko Świniec

się mas gruntowych. Na północno-wschodnim skrzydle czoła osuwiska zaczął tworzyć się zamknięty zbiornik dopływających wód, które powodowały podmakanie poruszającego się stosunkowo wolno w tym miejscu osuwiska. Wejście czoła osuwiska do powstałego zbiornika spowodowało przyspieszone przemieszczenie jego północnej części, a tym samym zmniejszenie generalnego naporu przesuwających się mas w kierunku na południe. Nastąpiła korzystna utrata energii osuwiska na odcinku, na którym ze względu na morfologię i bliskość granicy państwowej istniało największe zagrożenie. 10 grudnia podjęto decyzję o wykonaniu ściany oporowej z grodzic Larsena dla powstrzymania dalszego postępu jęzora osuwiskowego w kierunku granicy państwowej. Po oparciu się części jęzora osuwiskowego o odcinek wybudowanej ściany oporowej nastąpiło jej pochylenie na odcinku 20 m. Dla jej wzmocnienia zabudowano podpory z elementów betonowych typu L, obciążonych odzyskiwanymi płytami drogowymi. Ostatecznie osuwisko udało się zatrzymać ok. 70 m od granicy. Ścianka szczelna miała długość 343 m, a grodzice o długości 5,5–14 m były zabijane na głębokość od 3,0 do 11 m. Do chwili obecnej w obrębie osuwiska nie zanotowano dalszych przemieszczeń punktów sieci obserwacyjnej. Osuwisko Świniec było jednym z największych osuwisk w polskich kopalniach odkrywkowych. Jego średnia szerokość wynosiła ok. 600 m (maksymalna 750 m), a średnia długość ok. 1200 m (maksymalna 1375 m). Powierzchnia osuwiska wynosiła 68 ha, jego miąższość wahała się od 4 do 23 m, co w efekcie dało objętość przemieszczonych mas gruntowych ok. 6 mln m³.

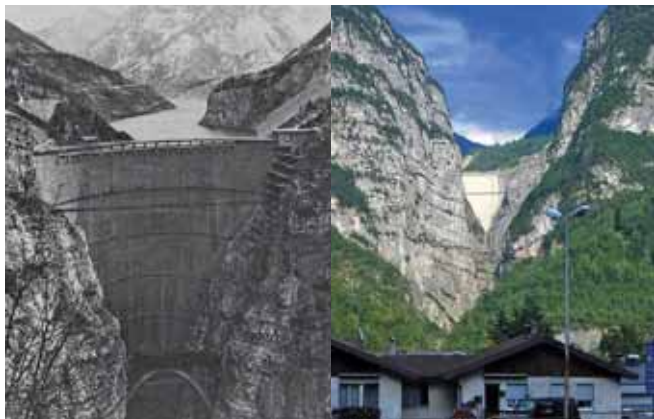
4.4. Spływ gruzowy z Gross Ventre w stanie Wyoming w USA



Spływ gruzowy Gross Ventre – nisza osuwiskowa, „tama” na rzece Gross Ventre powstała na skutek osuwiska

Spływ gruzowy ze zbocza góry Gross Ventre wystąpił 25 czerwca 1925 r. Po dwóch tygodniach intensywnych opadów ok. 50 mln m³ materiału skalnego osunęło się w dolinę rzeki Gross Ventre. Utworzyła się naturalna tama na rzece o wysokości 70 m, za którą w ciągu trzech tygodni powstało jezioro o głębokości do 65 m. Po niespełna dwóch latach, ponownie po dwutygodniowym okresie opadów, wody rzeki Gross Ventre przerwały tamę. Uformowała się lawina z wody błota i gruzu skalnego, która zniszczyła niewielką osadę, a śmierć poniosło 10 osób.

4.5. Osuwisko w Vaiont we Włoszech



Zapora w Vaiont

Zapora w Vaiont została zbudowana w latach 1957–1961 i miała wysokość 262 m. Procesy osuwiskowe na niewielką skalę (70 tys. m³) występowały już przy napełnianiu zbiornika, ale zostały one zlekceważone. Niepokoju nie wzbudziły też widoczne ślady po zaistniałym wcześniej osuwisku. W październiku przemieszczenia masywu skalnego zaczęły narastać, aż do uzyskania wartości ok. 80 cm/dobę. 9 października 1963 r. ok. 260 mln m³ skał, gruntu i drzew przemieściło się w czasie ok. 45 sekund do zbiornika wodnego, osiągając prędkość do 110 km/h. W rezultacie osuwiska przez zaporę przelało się od 30 do 50 mln m³ wody, które nagle zalały dolinę Piave. Zapora pozostała praktycznie nieuszkodzona, zaś w dolinie Piave całkowicie zniszczone zostały osady Longarone, Pirago, Villaniva, Rivalta i Fae – śmierć poniosło ponad 2000 osób.

4.6. Osuwisko w Aberfan w Walii



Osuwisko na hałdach odpadów pogórnich w Aberfan

Osuwisko w Aberfan wystąpiło na hałdach odpadów pogórnich o wysokości 67 m. Wczesnym rankiem 21 października 1966 r. obsunęła się górna część hałdy, ale nie wzbudziło to niczy-

ich podejrzeń. Około godziny 9.15 osunęło się na miasto Aberfan 150 tys. m³ materiału, pokrywając zabudowania warstwą odpadów 10-metrowej grubości. Pomimo stosunkowo niewielkiej (w porównaniu do poprzednich przypadków) objętości mas osuwiskowych, śmierć poniosły 144 osoby (w tym 116 dzieci i pięciu nauczycieli ze szkoły Pantglas Infants).

4.7. Lawina skalna w rejonie Huascarán w Peru



Skutki lawiny skalnej w Huascarán (Peru)

31 maja 1970 r. w rejonie Huascarán wystąpił wstrząs o magnitudzie 8 stopni w skali Rychtera. Wywołał on lawinę skalno-łodową, która oderwała się ze szczytu Nevados Huascarán. Lawina miała szerokość ok. 1 km i długość ok. 2 km. W czasie czterech minut przemieściła się o 11 km, osiągając niekiedy prędkość ponad 160 km/h. Miasteczka Yungay i Ranrahirca zostały pokryte warstwą osadów o miąższości do 30 m, w sumie obszar pokryty osadami miał powierzchnię ok. 22,5 ha. W wyniku tej lawiny śmierć poniosło ok. 18 tys. osób.

4.8. Spływy i osuwiska w rejonie Caraballeda w Wenezueli



Skutki spływów i osuwisk w rejonie Caraballeda (Wenezuela)

W 1999 r. w rejonie Caraballeda dwutygodniowe opady zakończone ulewą (w czasie dwóch ostatnich dni spadło 911 mm deszczu) spowodowały wystąpienie tysięcy sływów gruzowolotnych, osuwisk skalnych i gruntowych. Zjawiska te spowodowały przemieszczenie mas osuwiskowych ze stromych zboczy gorskich na mocno zaludniony rejon nadmorski. Ocenia się, że straciło życie wtedy 18–19 tys. osób.

4.9. Osuwisko skalne w rejonie Guinsaugon na Filipinach



Skutki osuwiska skalnego w rejonie Guinsaugon (Filipiny)

17 lutego 2006 r., po pięciu dniach ulewnych opadów, powstało wielkie osuwisko skalne w rejonie wioski Guinsaugon. Przemieszcilo się w ono w poziomie o 3800 m i w pionie o 800 m. Ocenia się, że jego objętość była równa ok. 15 mln m³. Znaczna powierzchnia terenu została pokryta warstwą skał, błota i ziemi o grubości 2–3 m. Pokryła ona całkowicie osadę Guinsaugon, gdzie śmierć poniosło ok. 1100 osób.

5. Tradycyjne i nowoczesne metody zabezpieczania osuwisk

Wszystkie możliwe do zastosowania środki przeciwdziałania szkodliwym skutkom przemieszczeń zbocza i po zboczu można podzielić na dwie grupy [4]. Do pierwszej należą środki bierne, czyli takie, które polegają na niedopuszczeniu do pogorszenia aktualnego stanu zbocza. Jest to głównie prewencja polegająca na stosowaniu zakazów, np. niszczenia szaty roślinnej na zboczu, uprawy rolnej, podcinania skarp skłonnych do przemieszczeń, obciążania zbocza obiektami budowlanymi lub nasypami itp. Są to metody tanie, jednak nie zawsze wystarczające do zabezpieczenia zbocza. Uwzględniane są one głównie na etapie projektowania inwestycji w celu zminimalizowania ryzyka powstania osuwiska. Drugą grupą są środki czynne, czyli takie, które wymagają wyko-

nania odpowiednich robót inżynierskich [4]. Jednym z najważniejszych działań jest możliwe odwodnienie zbocza. Wykonuje się je poprzez niedopuszczenie do sływu po zboczu wód opadowych przy pomocy drenażu poziomego powyżej górnej brewki, niedopuszczenie do stagnowania wód opadowych spadłych bezpośrednio na zbocze poprzez wykonanie sieci odwodnienia jego powierzchni oraz w przypadku dopływu wód podziemnych do zbocza przez wykonanie podziemnego drenażu. Jeżeli dysponuje się wystarczającym obszarem, to można przemieścić masy gruntowe z górnej części zbocza i zwałować je u stóp zbocza lub po prostu wykonać podparcie skarpy nasypem. Można również usunąć całkowicie masy gruntowe tworzące klin i przemieścić je w inne miejsce. Te dwa procesy wymagają wykonania dużych robót ziemnych. Czasami stosuje się wymianę gruntu osuwiskowego u podnóża skarpy. Kolejne metody wiążą się z wykonaniem na lub w zboczu pewnych konstrukcji inżynierskich, takich jak: mury oporowe, palowanie, sztuczna stabilizacja (np. cementacja), siatki kotwione do zbocza, kotwienie zbocza. Dwie ostatnie metody nadają się do stosowania na skarpach skalistych, gdzie dochodzi do obrywania się odłamków skalnych.

Istnieją dwie bardzo ciekawe metody, które nie tyle stabilizują osuwisko, co ochraniają obiekty inżynierskie, np. drogi. Pierwszą z nich jest wykonanie konstrukcji w półtunelu w zboczu (stosuje się przy prawie pionowych skalistych zboczach). Metoda ta pozwala w naturalny sposób kierować odłamki poza obiekt. Drugą metodą jest wykonanie, np. nad drogą, bardzo wytrzymałego zadaszenia w miejscu przewidywanego wystąpienia osuwiska. Po zaistnieniu tego zjawiska, masy osuwiskowe bezpiecznie przesuną się po takiej konstrukcji, nie powodując zniszczenia obiektu chronionego.

6. Podsumowanie

Osuwiska pociągają za sobą znaczne straty ekonomiczne, zaś ich skutki społeczne są trudne do oceny, ale w wielu wypadkach mogą być dotkliwsze od ekonomicznych. Ludzie tracą domy rodzinne, dorobek wielu pokoleń, narasta poczucie zagrożenia, niepewność i chęć ucieczki z miejsc, które okazały się tak zdradliwe. Osuwiska występują rzadziej niż powodzie, dlatego są łatwiej usuwane z przekazu pokoleniowego. Często na niebezpiecznych zboczach buduje się domy i drogi, bo „tutaj za ludzkiej pamięci nie było żadnych osuwisk”. Roślinność i procesy erozyjne mogą zamaskować charakterystyczne cechy geomorfologiczne.

Dotychczasowy stan wiedzy o ruchach osuwiskowych wskazuje, że będziemy mieli z nimi do czynienia jeszcze przez bardzo długi okres. Raczej nie formułujmy zatem pytania, czy osuwiska będą występowały, gdyż odpowiedź jest bardzo prosta – na pewno tak. Znacznie trudniejsza jest odpowiedź na inne pytanie – kiedy one wystąpią? Nauka wciąż nie potrafi udzielić zadawalającej odpowiedzi, ale cały czas trwają intensywne prace nad tym problemem.

Literatura

1. Mizerski W.: *Geologia dynamiczna dla geografów*. PWN. Warszawa 2000.
2. Kilian Z., Szczepaniak T., Głodek J.: *Geologia i wiadomości z nauki o złożach*. Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego. Warszawa 1954.
3. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki*. WKŁ. Warszawa 2005.
4. Kowalski W.C.: *Geologia inżynierska*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1988.
5. Książkiewicz M.: *Geologia dynamiczna*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1979.



A M A G O

Twój partner

w inwestycjach drogowych,
mostowych, geotechnicznych
i wiertniczo-poszukiwawczych

AMAGO Sp. z o.o. ul. Wadowicka 3, 30-347 KRAKÓW, tel. 012 687 54 00, fax. 012 687 54 99



www.amago.pl