

ZASTOSOWANIE METOD GEOFIZYKI INŻYNIERSKIEJ DO ROZPOZNANIA GENEZY OSUWISK KARPACKICH

SZYMON OSTROWSKI, GRZEGORZ PACANOWSKI, MARCIN LASOCKI

Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych sp. z o. o.; ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa
s.ostrowski@pbg.com.pl; g.pacanowski@pbg.com.pl; m.lasocki@pbg.com.pl

Abstrakt

Po śnieżnej zimie i długotrwałych opadach deszczu w czerwcu 2010 roku, w wielu miejscach polskich Karpat wystąpiły katastrofalne procesy osuwiskowe, niszcząc domy, infrastrukturę drogową oraz duże obszary zagospodarowane rolniczo. W roku 2011 Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych zaangażowane zostało do wykonania badań geofizycznych na kilku wybranych osuwiskach karpackich. Artykuł prezentuje przykłady wykorzystania metod geofizyki inżynierskiej do określenia genezy oraz diagnozy stanu osuwisk.

Słowa kluczowe

osuwiska, badania geofizyczne, profilowania refrakcyjne, tomografia elektrooporowa

Abstract

In 2011 PBG Ltd. carried out geophysical investigation of selected landslides at the area of Polish Carpathians. Application of engineering geophysics methods for identifying the origin and diagnosis of the Carpathians landslides is described in the article.

Key words

landslides, geophysical investigations, refraction seismic, resistivity tomography

Po śnieżnej zimie, wilgotnej wiosnie i długotrwałych opadach deszczu, w czerwcu 2010 roku, w wielu miejscach polskich Karpat wystąpiły katastrofalne procesy osuwiskowe, niszcząc domy, infrastrukturę drogową i duże obszary zagospodarowane rolniczo. Kilka osuwisk, które dotknęły obszarów zabudowanych było szeroko komentowane w mediach.

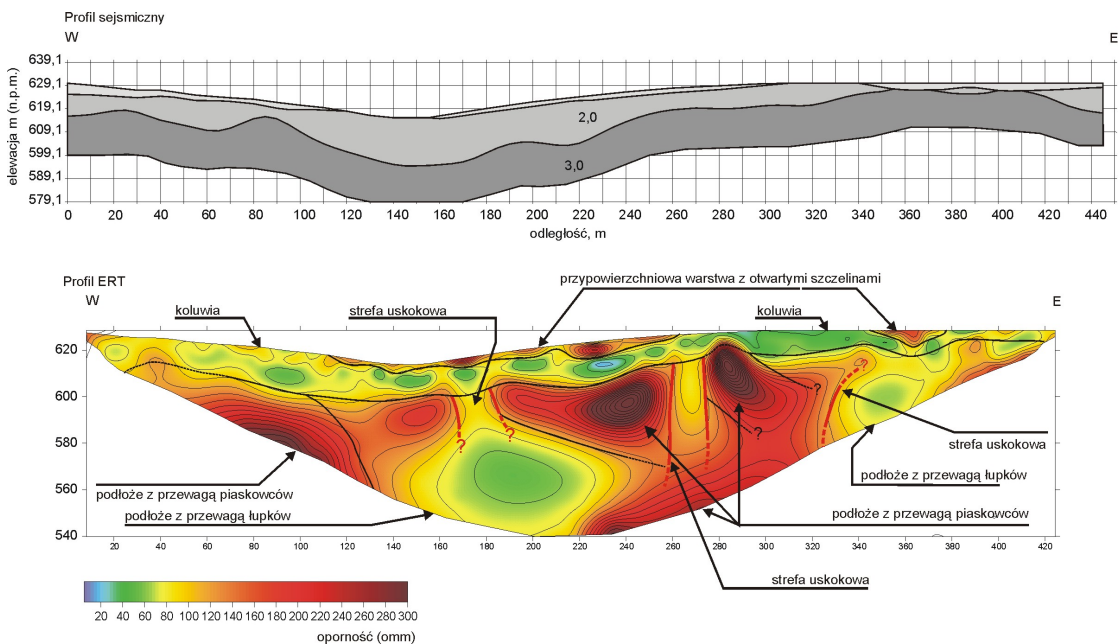
W roku 2011 zostaliśmy zaangażowani do wykonania badań geofizycznych na niektórych z osuwisk, w tym na osuwisku Łaśnica, w gminie Lanckorona, które zniszczyło część wioski, na osuwisku Międzybrodzie Łaski, które dotknęło dużego osiedla domów letniskowych i całorocznych nad zalewem Międzybrodzkim i stwarza zagrożenie dla samego zalewu (przelanie zapory) oraz na osuwisku Milówka, którego aktywność spowodowała zniszczenie i wysiedlenie części wioski, oraz częściowe zatamowanie doliny potoku Milówki. Prezentowane wyniki są tylko wybranymi przykładami wykorzystania metod geofizyki inżynierskiej, do określenia genezy oraz diagnozy stanu osuwisk.

OSUWISKO MILÓWKA

Osuwisko położone jest na północnym zboczu potoku Milówki, w rejonie przysiółka Siedloki. Na obszarze objętym procesami osuwiskowymi położonych było kilka gospodarstw, obecnie zniszczonych i wysiedlonych. Pozostałe tereny, pierwotnie wykorzystywane rolniczo, zostały porzucone z uwagi na skalę zniszczeń. Dolna część jęzora osuwiskowego zniszczyła drogę lokalną i częściowo zatamowała potok.

Skały podłoża osuwiska należą do płaszczowiny magurskiej, generalnie zapadają pod kątem 20-30° na wschód, w pozycjach normalnych. Podłoże budują w górnej części paleogeńskie piaskowce i łupki piaskowców magurskich facji glaukonitowej i muskowitowej. W dolnej części stoku występują partie z wyższym udziałem łupków, należące do eoceńskich warstw hieroglifowych (Burtan J. et al., 1959; Burtan J., 1973 a,b; Burtan J. et al., 1981).

Z analizy dostępnych danych geologicznych spodziewaliśmy się, że głównym czynnikiem powodującym procesy osuwiskowe była litologia dolnej części stoku, jednak przestrzenny zasięg niszy nie pokrywał się z zasięgiem warstw hieroglifowych.



Ryc. 1. Przekroje geofizyczne wykonane na osuwisku w Milówce wzdłuż profilu A, z elementami interpretacji geologicznej.

Na terenie osuwiska wykonano dwa profile sejsmiczne metodą profilowania refrakcyjnego oraz dwa profile metodą tomografii elektrooporowej (ERT), o przebiegu pokrywającym się z profilami sejsmicznymi. Rycina 1. prezentuje profile prostopadłe do osi osuwiska, w przybliżeniu przebiegające zgodnie do generalnego kierunku zapadania warstw.

Profile sejsmiczne pozwoliły na wyznaczenie spągu koluwiów oraz zasięgu przestrzennego niszy osuwiskowej. Prędkości wyznaczone w koluwiach - około 2 km/s, mieszczą się w górnych przedziałach prędkości, typowych dla koluwiów i mogą być związane z uśrednieniem prędkości koluwiów i partii podłoża o anomalnie niskich prędkościach fali. Prędkość 3 km/s, występująca w podłożu, jest typowa dla piaskowców.

Wyniki pomiarów metodą ERT odbiegają nieznacznie od wyników profilowań sejsmicznych, zwłaszcza w centralnej części niszy. Na przekroju można jednoznacznie wyznaczyć spąg koluwiów (ośrodek o zróżnicowanych wartościach oporności, wysoce niejednorodny). Poniżej, w obrębie podłoża można wyróżnić wysokooporowe pakiety, interpretowane jako gruboławicowe piaskowce, oraz partie o niższej oporności, interpretowane jako przeławienia z podwyższoną zawartością łupków. Warstwy zapadają pod kątem około 30° na wschód. W centralnej części profilu występują jednak strefy nieciągłości, prawdopodobnie seria uskoków. Na przekrojach natomiast nie stwierdzono jednoznacznie niskooporowego ośrodka, który można by interpretować jako łupkowe partie warstw krośnieńskich. Prawdopodobnie osuwisko założone jest na obszarze silnie zaangażowanym tektonicznie (seria uskoków) i nie jest związane wyłącznie z litologią skał podłoża.

OSUWISKO ŁAŚNICA

Osuwisko położone jest na północnym, łagodnym stoku doliny potoków Ostrowiec i Cedron, we wsi Łaśnica, gmina Lanckorona. Większość obszaru osuwiska jest zabudowana domami jednorodzinnymi i budynkami gospodarczymi. Najwyższa część osuwiska obejmuje sady i pola. Przez obszar osuwiska przebiega lokalna droga asfaltowa.

Skały budujące podłoże osuwiska, należą do jednostki Śląskiej, występują w położeniu normalnym, a upady sporadycznie przekraczają 15° na południe. Dolina Cedronu oraz przedłużająca ją dolina potoku Ostrowiec, założona jest na uskoku Cedronu. Skały podłoża zbudowane są z eoceńskich i oligoceńskich piaskowców płytowych i skorupowych z podrzędną ilością łupków warstw krośnieńskich. Zastanawiające jest, że osuwisko występuje na stoku o nieznacznym nachyleniu, a na dotychczasowym obrazie kartograficznym trudno doszukać się warunków szczególnie sprzyjających procesom osuwiskowym (Książkiewicz M., 1974a, 1974b).

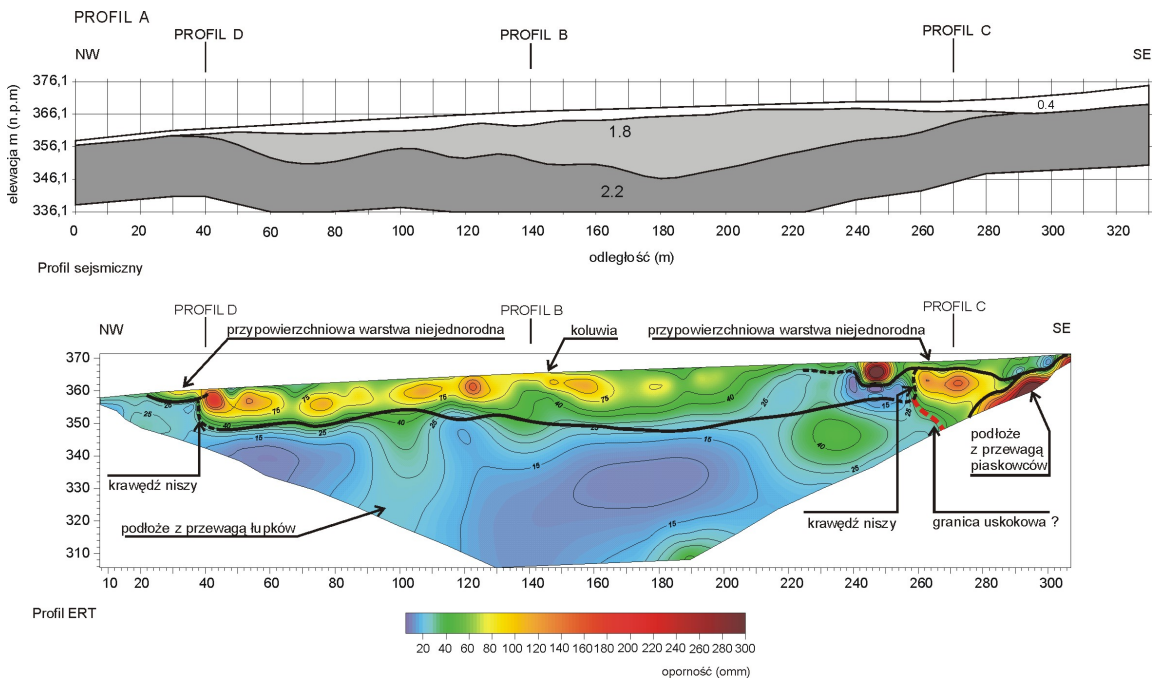
Na obszarze osuwiska wykonaliśmy cztery profilowania refrakcyjne oraz dwa profile ERT, pokrywające się z osiowym oraz poprzecznym profilem refrakcyjnym. Zaprezentowano jedynie wyniki z profili przebadanych obiema metodami (Ryc. 2 i 3).

Badania sejsmiczne wykazały występowanie ośrodka trójwarstwowego, miejscami dwuwarstwowego (efekt znacznych zmian spowodowanych aktywnością osuwiska). Najpłytsza warstwa, o prędkościach fali około 0,4 km/s interpretowana jest jako warstwa glebowa, silnie zwietrzała, często z otwartymi szczelinami. Warstwa środkowa, o prędkościach w przedziale 1,3–1,8 km/s, zbudowana jest z koluwiów, natomiast najniższa warstwa, o prędkościach (dla całego osuwiska) od 2,2 do 3,1 km/s, stanowi skalne podłoże.

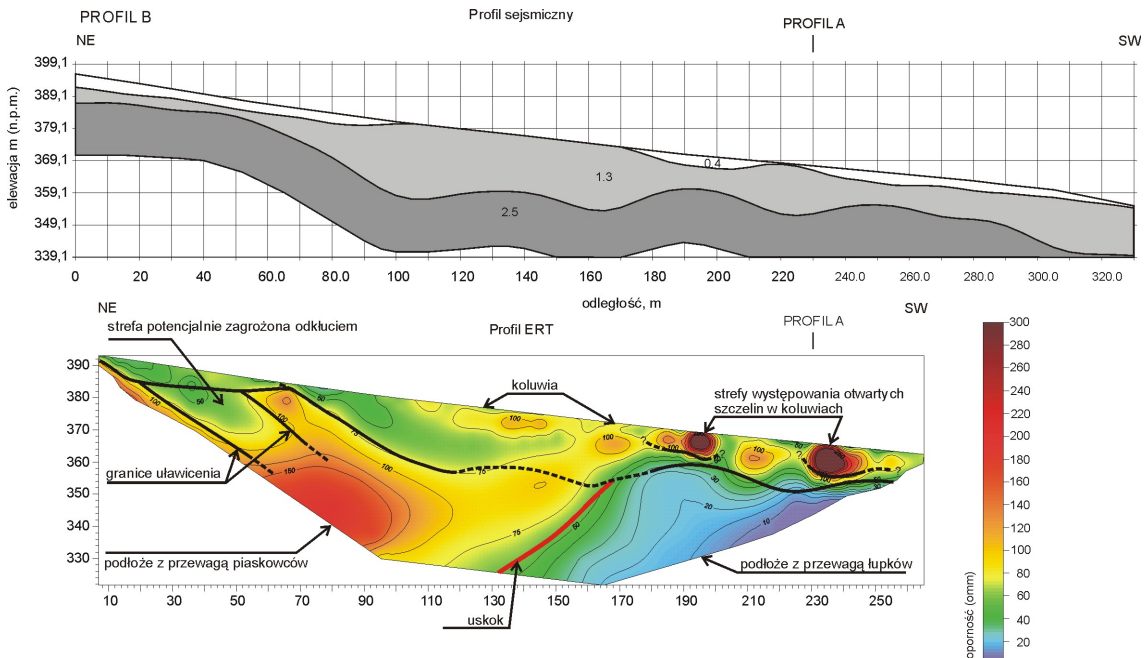
Charakterystyczne jest, że podłoże w dolnej części osuwiska cechuje się znacznie niższymi prędkościami fali sejsmicznej. Na podstawie profiliowań sejsmicznych określono kształt oraz zasięg niszy osuwiskowej.

Wyniki badań metodą ERT wykazały występowanie w podłożu osuwiska istotnej granicy geologicznej, nie stwierdzonej dotychczas tradycyjnymi metodami. W dolnej części stoku występuje ośrodek skalny niskooporowy, interpretowany jako nieprzepuszczalne skały łupkowe, lub skały związane z uskokiem. W górnej części osuwiska występuje ośrodek o oporności 100–200 omm, interpretowany jako warstwy krośnieńskie z przewagą piaskowców. W tej strefie można wyznaczyć partie skał zapadające konsekwentnie o podwyższonej zawartości łupków.

Osuwisko powstało w miejscu, gdzie warstwa wodonośna, zbudowana z piaskowców warstw krośnieńskich, podparta jest od południa skałami nieprzepuszczalnymi, wzdłuż granicy uskokuwej (uskok Cedronu, kartowany na północ od Lanckorony, ale nierozpoznany dotychczas w rejonie Łańcicy). Opisana sytuacja geologiczna wskazuje na możliwość występowania w przyszłości katastrofalnych zdarzeń osuwiskowych wzdłuż doliny Cedronu, jednocześnie zastosowane metody geofizyczne pozwalają na określenie potencjalnych stref zagrożonych.



Ryc. 2. Przekroje geofizyczne wykonane na osuwisku w Łańcicy wzdłuż profilu A, z elementami interpretacji geologicznej.



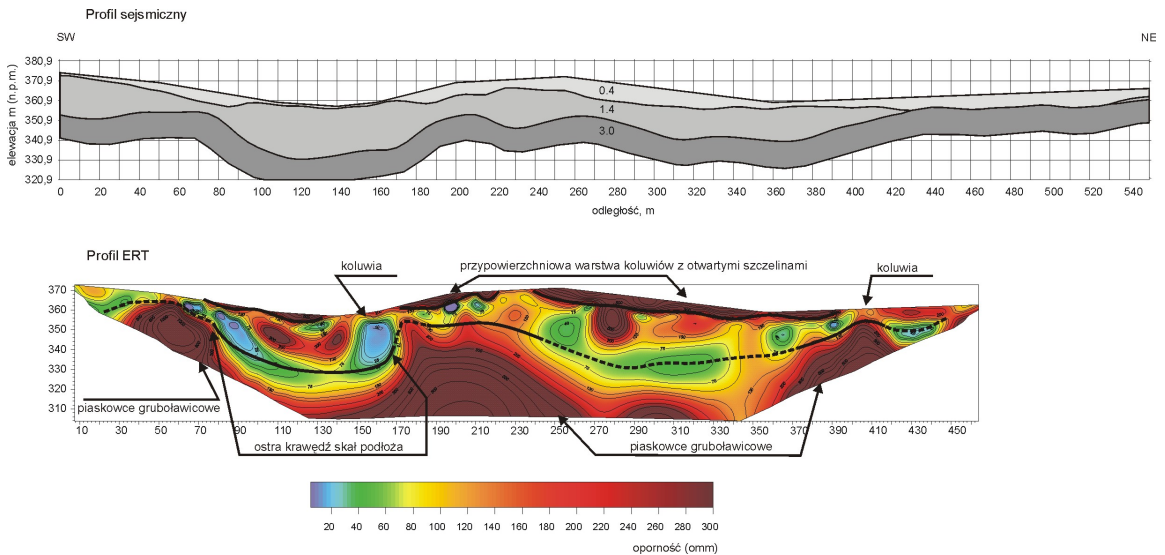
Ryc. 3. Przekroje geofizyczne wykonane na osuwisku w Łańcisz wzdłuż profilu B, z elementami interpretacji geologicznej.

MIĘDZYBRODZIE BIALSKIE - ŁASKI

Osuwisko położone jest w Beskidzie Małym, na wschodnim brzegu jeziora Międzybrodzkiego, na stokach masywu góry Żar. Teren objęty przez osuwisko jest intensywnie zabudowany. Osuwisko rozwinięte jest na skałach należących do jednostki Śląskiej, bloku Beskidu Małego. Skały w rejonie osuwiska budują szerokopromienny fałd. Osuwisko leży na południowym skrzydle antykliny Wielkiej Puszczy i północnym skrzydle synkliny góry Żar, na stoku konsekwentnym. Upady warstw stwierdzone w sąsiedztwie osuwiska wynoszą około 20°S. Na zachód od osuwiska, występuje strefa dyslokacji, wykorzystywana przez dolinę Soły.

Podłoże osuwiska zbudowane jest z dolnokredowych warstw Godulskich dolnych. Na obrazie kartograficznym bezpośrednio w podłożu i na północ od osuwiska występują piaskowce gruboławicowe z wkładkami łupków, natomiast na południe od osuwiska występują wyższe ogniwa warstw Godulskich dolnych z przewagą łupków, co nasuwa przypuszczenie, że w strefie osuwiska występują przelawienia skał o przejściowym charakterze, ze zwiększoną zawartością łupków (Wojcik A. et al., 1992; Wójcik A., Paul Z., 1992).

Na terenie osuwiska wykonano dwa profile metodą refrakcyjnego profilowania sejsmicznego oraz jeden profil ERT, z czego poniżej zaprezentowano profil ERT i profil sejsmiczny, przebiegające po tej samej linii, Ryc. 4.



Ryc. 4. Przekroje geofizyczne wykonane na osuwisku w Międzybrodziu Bialskim, wzdłuż profilu A. Przekrój sejsmiczny (góra), przekrój geoelektryczny (dół) z elementami interpretacji geologicznej.

Na podstawie profili sejsmicznych wyznaczono zasięg i głębokość niszy osuwiskowej. Warstwa przypowierzchniowa, charakteryzująca się prędkościami fali sejsmicznej około 0,3 km/s, interpretowana jest jako silnie zwietrzała, dodatkowo mogą w niej występować otwarte szczeliny, powstałe w trakcie ostatniego etapu aktywności osuwiska. Niższa warstwa o prędkości od 1 do 1,4 km/s jest interpretowana jako koluwia. Miąższość tak wyznaczonych koluwiów dochodzi do 20 m w dolnej części osuwiska. Zwraca uwagę występowanie dwóch oddzielonych od siebie nisz osuwiskowych, o głęboko położonej powierzchni ścięcia. Poniżej koluwiów występuje skalne podłoże, charakteryzujące się prędkościami fal około 3 km/s, typowymi dla nienaruszonych piaskowców gruboławicowych, jakich można spodziewać się w podłożu.

Na przekroju ERT można wyznaczyć trzy typy ośrodka skalnego. Skały o opornościach powyżej 200 omm i jednorodnym rozkładzie oporności, w głębszych partiach przekroju, interpretowane są jako piaskowce gruboławicowe z drobnymi przewarstwieniami skał drobnoklastycznych. Ośrodek o niejednorodnej oporności, pomiędzy 10 a 300 omm interpretowany jest jako koluwia, w dolnej części prawdopodobnie nawodnione. Partie przypowierzchniowe, o wysokiej oporności, powyżej 500 omm są interpretowane jako partie koluwiów, w których występują otwarte szczeliny. Na przekroju ERT zwraca uwagę kształt granicy pomiędzy piaskowcami a koluwiami w północno - zachodniej części profilu. Stronne i cechujące się znacznym gradientem granice, sugerują występowanie przestrzennie skoncentrowanego rozerwania pakietu piaskowców, oraz mogą wskazywać na niestabilność

elewacji zbudowanych z pakietów piaskowców na pozostałych części przekroju. Profil ERT równocześnie nie wskazuje na założone pierwotnie występowanie zwiększonej zawartości przeławień drobno-klastycznych w podłożu osuwiska. Zsuw nastąpił prawdopodobnie po ławicy łupkowej o niewielkiej miąższości, co zdaje się być potwierdzone przez wiercenia wykonane na osuwisku.

LITERATURA

- Burtan J., Sokołowski S., Sikora W., Żytko K., 1959. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Milówka.
- Burtan J., 1973a. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Wisła.
- Burtan J., 1973b. Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Wisła.
- Burtan J., Golonka J., Oszczypko N., Paul Z., Ślęczka A., 1981. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 200 000, Arkusz Nowy Sącz.
- Książkiewicz M., 1974a. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Sucha Beskidzka.
- Książkiewicz M., 1974b. Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Sucha Beskidzka.
- Wójcik A., Jasionkiewicz J., Szymakowska F., 1992. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Jasło.
- Wójcik A., Paul Z., (materiały autorskie), 1992. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000, Arkusz Limanowa.