

Kontrola prac stabilizacyjnych na osuwisku przy kaplicy Świętego Jana z Dukli

Dr Zbigniew Bednarczyk

Instytut Górnictwa Odkrywkowego „Poltegor-Instytut”, Wrocław

Kaplica Świętego Jana z Dukli jest położona na górze Zaśpít w Beskidzie Niskim. Miejsce to każdego roku odwiedza dziesiątki tysięcy pielgrzymów. Papież Jan Paweł II także kilkakrotnie odwiedzał kaplicę. Niestety miejsce to, ze względu na położenie na stoku zbudowanym z gruntów i skał fliszowych, było kilkakrotnie zagrożone przez procesy osuwiskowe. Występowały one w 1998, 2000, 2002 i 2004 roku. W 2004 roku kilka metrów poniżej kaplicy utworzyło się bardzo niebezpieczne osuwisko. Prace zabezpieczające wykonano w 2005 roku w ramach programu Ochrona Przeciwośuwiskowa, Komponent A. Zawierały one budowę muru oporowego posadowionego na palach poniżej kaplicy, systemu mikropali, drenażu wgłębne-go i powierzchniowego. Pomiary inklinometryczne wykonane przez autora w ciągu ośmiu lat, kilka razy do roku, pozwoliły na obserwację przemieszczeń wgłębnych na stoku w pobliżu kaplicy. Potwierdziły one, że prace stabilizacyjne były skuteczne, jednak w podłożu gruntowym zaobserwowano obecność niewielkich przemieszczeń.

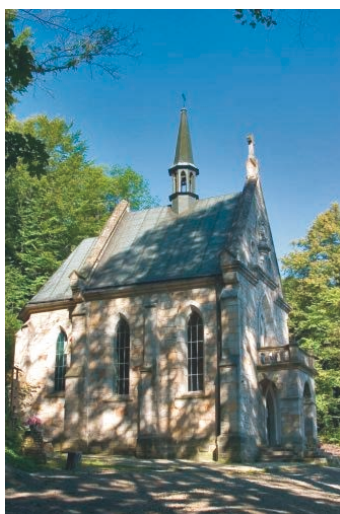
HISTORIA KAPLICY

Kaplica Świętego Jan z Dukli znajduje się około 1,5 km od miejscowości Trzciana (rys. 1). W 1773 roku Maria Amalia Mniszchów ufundowała kaplicę w miejscu, gdzie zgodnie z tradycją św. Jan prowadził życie pustelnika. Niestety kaplica dwukrotnie była zniszczona przez pożary, ostatni raz w 1883 roku. Zachowaną do dnia dzisiejszego świątynię wybudowano z cegły w stylu neogotyckim w latach 1906-1908. Była ona zaprojektowana przez Ojca Kamila Żarnowskiego, Bernardyna. Na jej ścianach wewnętrznych umieszczono zabytkowe obrazy namalowane przez artystę Władysława Lisowskiego z Sanoka ukazujące życie Św. Jana. Obok kościoła znajduje się drewniany dom dla pielgrzymów, taras widokowy i sztuczna grotta z dwoma ujęciami wody źródlanej. Papież Jan Paweł II kanonizował

św. Jana z Dukli w 1997 roku. Przez to wyjątkowe miejsce przebiega także szlak papieski. Woda ze źródła koło pustelni ma według pielgrzymów szczególne właściwości zdrowotne.

LOKALIZACJA I WARUNKI GEOTECHNICZNE

Pasma Beskidu Niskiego, gdzie mieści się kaplica, jest zbudowane z utworów fliszowych. Reprezentują je głównie piaskowce, łupki i zlepińce z Górnej Kredy i Paleocenu. Znajdują się one w południowo-wschodniej części płaszczowiny magurskiej w obrębie jednostki Dukli. Najważniejszym elementem powstałej w Neogenie płaszczowiny magurskiej są liczne występujące w badanym terenie piaskowce. W ramach wododziału Dukli grzbiety górskie są utworzone przez piaskowce cergowskie. Najwyższy szczyt w Beskidzie Dukielskim ma wysokość 759 m. Beskid Niski jest terenem o jednej z najwyższych gęstości osuwisk w Polsce [4]. Na jeden kilometr kwadratowy powierzchni przypada tam jedno osuwisko. W Beskidzie Dukielskim przemieszczeniom masowym sprzyja stosunkowo strome nachylenie zboczy. Osuwiska rejestrowano tam często w czołowej części jednostki Dukielskiej zbudowanej z iłolupków, na północnych stokach Cergowej i na wschodnich stokach Mszany. Iłolupki po nasyceniu wodą gruntową stają się preferencyjnymi powierzchniami poślizgu dla górnych warstw piaskowców. Tego rodzaju procesy obserwowano również w niektórych częściach wzgórza Zaśpít na wysokości około 500 m n.p.m., gdzie znajduje się kaplica. Pierwsze duże przemieszczenia w pobliżu kaplicy zarejestrowano wiosną 1998 roku, po intensywnych opadach atmosferycznych. Wiosną 2000 roku powstała nowa główna skarpa osuwiska. Górna krawędź osuwiska znajdowała się wtedy w odległości kilku metrów do wejścia do kaplicy. Wzmocniona aktywność osuwiskowa występowała również wiosną 2002 roku. Po tym okresie przemieszczenia wgłębne ustały. W 2004 roku przemieszczenia nasiliły się ponownie w rejonie istnieją-



Rys. 1. Kaplica św. Jana z Dukli, wewnątrz świątyni i obraz przedstawiający św. Jana



Rys. 2. Lokalizacja kaplicy św. Jana i osuwiska



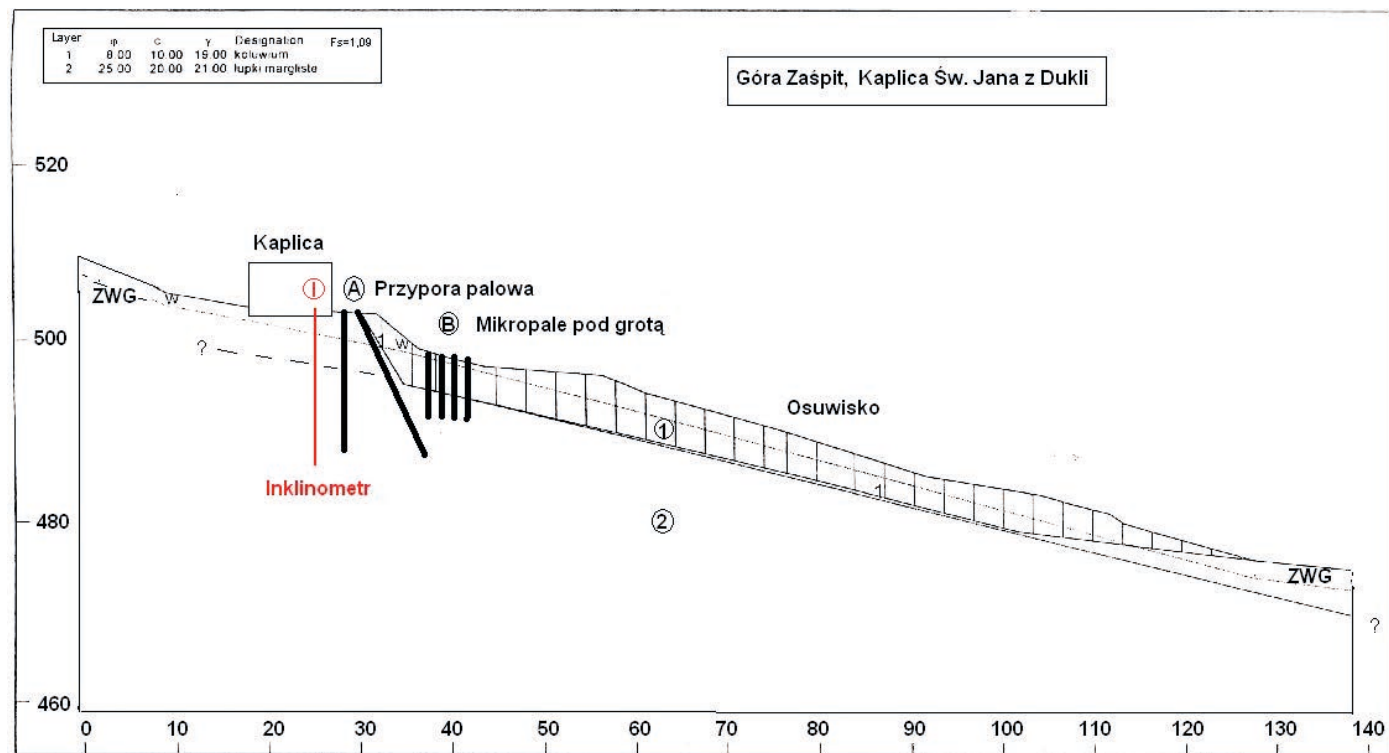
Rys. 3. Skarpa główna osuwiska, przy kaplicy i domu pielgrzymów (2005)

cego wcześniej osuwiska. Po wiosennej odwilży, na relatywnie stromym zboczu poniżej świątyni ($> 20^\circ$), powstało nowe, duże osuwisko o długości 400 m i szerokości $50 \div 100$ m (rys. 2-3).

Górna krawędź głównej skarpy osuwiska przybliżyła się niebezpiecznie blisko do domu pielgrzymów (rys. 3). Głębokie spękania powstały wtedy na ścianach i podłodze kaplicy św. Jana. Pęknięcia zaobserwowano również na dziedzińcu przed wejściem do kaplicy. Prawa krawędź osuwiska znalazła się w odległości zaledwie kilku metrów od wejścia do kaplicy. W prawej części korony osuwiska, na długości 4 m, grunt osunął się o prawie pół metra. Pierwsze prace zabezpieczające, w tym budowa ściany oporowej na fundamencie palowym w pobliżu kaplicy, i prowizoryczny drenaż zrealizowano w 2002 roku. W badaniach geotechnicznych wykonanych przez Instytut Techniki Budowlanej (ITB) z Warszawy stwierdzono występowanie koluwiów do głębokości około 10 m ($\phi = 8^\circ$ $c = 10$ kPa, $\gamma = 19$ kN/m³) i płytkiego zwierciadła wód gruntowych. Podłoże reprezentowały łupki margliste ($\phi = 25^\circ$ $c = 20$ kPa, $\gamma = 21$ kN/m³). Wykonana w 2003 roku przez ITB analiza stateczności górnej reaktywowanej części osuwiska metodą równowagi granicznej (Janbu) wskazywała na duże prawdopodobieństwo dalszego rozwoju procesów osuwiskowych. Stwierdzony przed zabezpieczeniem wskaźnik stateczności stoku był niekorzystny i wynosił $F_s = 1,09$ (rys. 4).

PRACE ZABEZPIECZAJĄCE

W 2005 roku osuwisko zakwalifikowano do zabezpieczenia w ramach programu Osłona Przeciwsuwiskowa. Prace stabilizacyjne były sfinansowane przez budżet państwa i kredyt z Banku EBI. Inwestycję w imieniu Klasztoru Bernardynów nadzorował Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego. Projekt prac zabezpieczających przygotował Instytut Techniki Budowlanej z Warszawy. Zawierał system drenażu terenu osu-



Rys. 4. Przekrój przez górną część osuwiska wraz z lokalizacją monitoringu, zabezpieczeniem i analizą stateczności ITB (przed zabezpieczeniem $F_s = 1,09$)

wiska i budowę ściany oporowej (rys. 4 ÷ 6). Przyporę palową skonstruowano z rur stalowych o średnicy 305 mm połączonych belką oczepową. Pale kozłowe od długości 22 m były nachylnie pod kątem 30°, natomiast pale pionowe miały długość 18 m. Zabezpieczenie kaplicy objęło również zbudowanie sztucznej groty tzw. „komory pustej”, systemu odwodnienia podziemnego i dwóch ujęć wody źródlanej poniżej kaplicy. Grotę posadowiono na fundamencie zbudowanym z mikropali odwierconych do głębokości 10 ÷ 12 m. Dolną część mikropali posadowiono w warstwach charakteryzujących się korzystnymi parametrami geotechnicznymi. W celu odprowadzenia wód opadowych poza rejon osuwiska zbudowano system odwodnienia w postaci rowów wyścielonych geowłókniną i wypełnionych blokami kamiennymi (rys. 6). We wnętrzu kaplicy zabezpieczono istniejące na jej ścianach spękania. Zbudowano także nową drogę do kaplicy. Wszystkie prace stabilizacyjne przyczyniły się do poprawy warunków stateczności. Po pracach stabilizacyjnych wykonanych w 2006 roku teren osuwiska był pod ciągłą obserwacją Zakonu Bernardynów. Nie stwierdzili oni żadnych istotnych przemieszczeń w pobliżu kaplicy, jednak ten ogólny wniosek był oparty tylko na wizji lokalnej i nie było żadnych pomiarów potwierdzających skuteczność zabezpieczeń. Nie wykonano także żadnego systemu kontroli i ostrzegania przed zagrożeniami.



Rys. 5. Teren przy kaplicy stabilizacji – widoczny punkt monitoringu



Rys. 6. Budowa systemu drenażu osuwiska

MONITORING OSUWISKA

W celu sprawdzenia skuteczności prac stabilizacyjnych Karpacki Oddział Państwowego Instytutu Geologicznego w 2006 roku doradził zamontowanie punktu pomiarów inklinometrycznych w pobliżu kaplicy (rys. 4, 5, 7 ÷ 12). Aby upewnić się, że rury inklinometryczne będą osadzone w skałach podłoża, zainstalowano je do głębokości 20 m. W celu zbadania poziomu wód gruntowych zbudowano piezometer z filtrem na głębokości 5 m. Do budowy systemu pomiarów inklinometrycznych zastosowano rowkowane rury ABS średnicy 70 mm, łączone na szybko-złączki i uszczelki. Do instalacji rur pomiarowych zastosowano zaprawę cementowo-bentonitową specjalnie przygotowaną dla skał występujących w rejonie kaplicy. Główny kierunek rowków pomiarowych był zorientowany w kierunku nachylenia stoku. Pomiary przemieszczeń wgłębnych były realizowane za pomocą dwuosiowej sondy inklinometrycznej (pro-



Rys. 7. Zerowy pomiar inklinometryczny (marzec 2006)

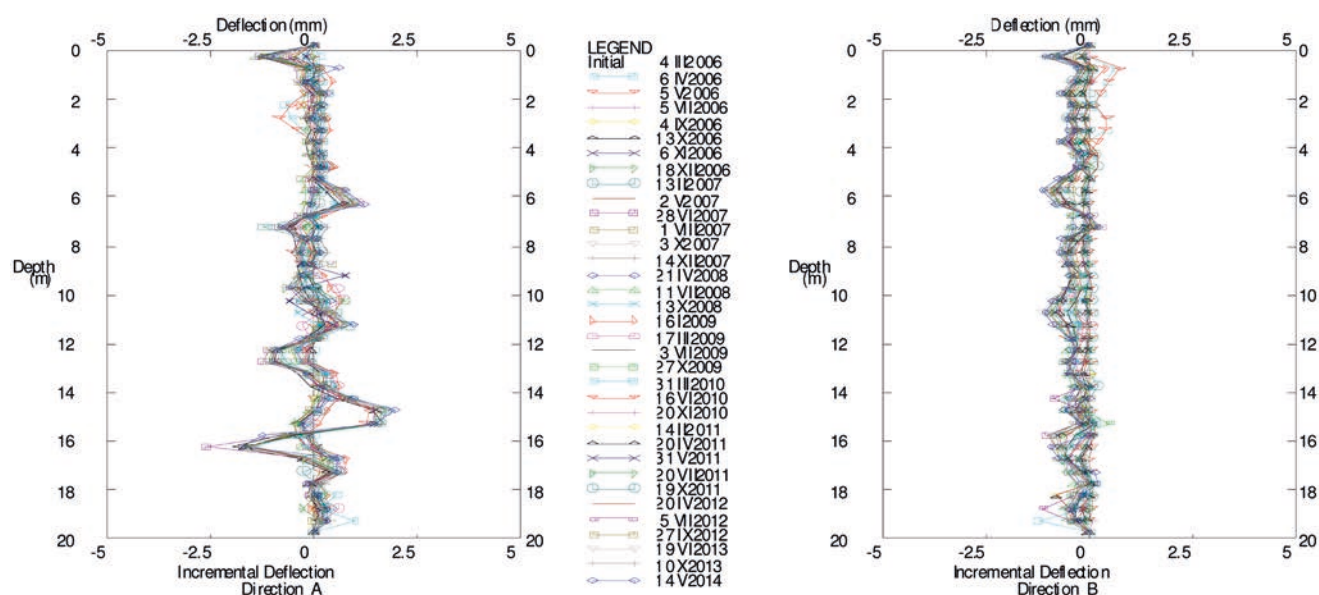


Rys. 8. Pomiary monitoringowe 2007-2014

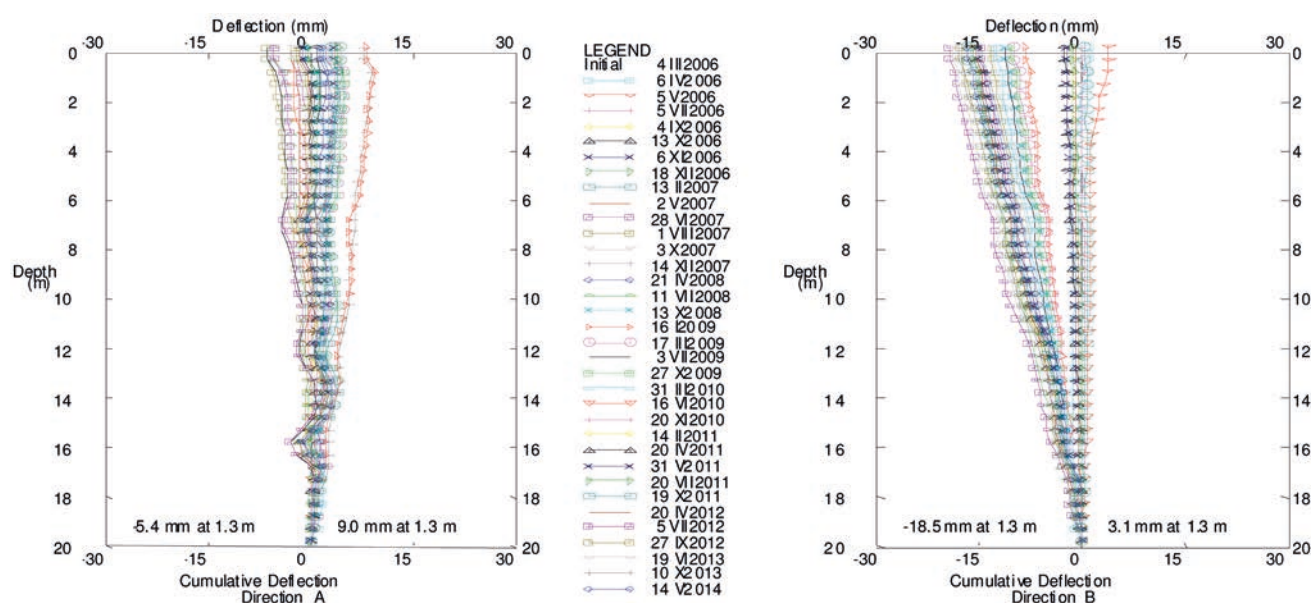
dukcji UK). Przeszacowania różnych punktów wewnątrz rur pomiarowych mierzono co 0,5 m w kierunku nachylenia stoku i w kierunku do niego prostopadłym (rys. 7 i 8). W celu sprawdzenia wyników każdy pomiar powtarzano po obrocie sondy o kąt 180°. W ciągu pierwszych czterech lat po instalacji wykonywano do 10 serii pomiarowych rocznie. W ciągu ostatnich dwóch lat pomiary przeprowadzono 2 ÷ 4 razy w roku. Było to spowodowane brakiem środków finansowych na ten cel oraz wysokimi kosztami dojazdów. W ciągu ostatnich ośmiu lat wykonano bez oficjalnego finansowania 50 serii pomiarów kontrolnych. Było to możliwe ze względu na inne prace geotechniczne prowadzone przez autora w pobliskich rejonach [1 ÷ 3]. Ostatni pomiar zrealizowany we wrześniu 2014 roku wykazał, że jednostkowe przeszacowania rur inklinometrycznych w kierunku A, zgodnym z nachyleniem stoku, wahały się od (-) 2,5 mm do (+) 1,7 mm. W kierunku B, prostopadłym do nachylenia stoku, przeszacowania były zróżnicowane i wynosiły od (-) 1 mm do (+) 0,1 mm (rys. 9). Wartości przeszacowań skumulowanych

w kierunku A były najwyższe na stosunkowo płytkiej głębokości 1,3 m, gdzie w kierunku nachylenia stoku wahały się od (+) 10 do (-) 10 mm (rys. 10).

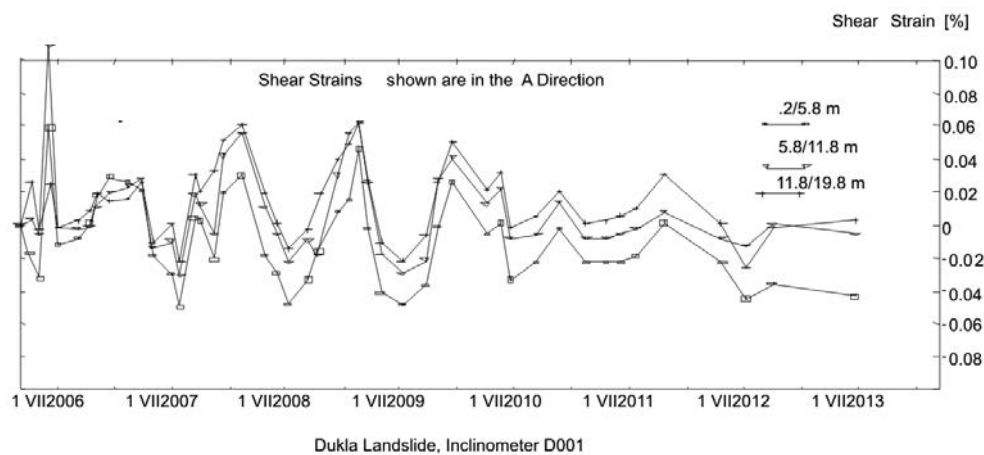
W kierunku (-) B, ku osi osuwiska skumulowane przeszacowania obserwowane w ciągu siedmiu lat były jednak większe i wyniosły maksymalnie przy powierzchni terenu 17 mm (rys. 10). Do głębokości 14 ÷ 16 m wartości skumulowanych przeszacowań w tym kierunku wskazują wartości do 6 mm. Wartości skumulowanych przeszacowań nie są jednak w pełni reprezentatywne, ponieważ mogą one być wykorzystywane jedynie jako wskaźniki głębokości zachodzących ruchów. Lepszą charakterystykę rzeczywistych przeszacowań na poszczególnych głębokościach można osiągnąć za pomocą przeszacowań jednostkowych, które wykazały zdecydowanie mniejsze wartości. Analizie poddano przeszacowania jednostkowe w trzech zakresach głębokościowych 0 ÷ 5,8; 5,8 ÷ 11,8; 11,8 ÷ 19,8 m. Pozwoliło to na określenie procentowe składowych ścinających naprężenia w kolumnie inklinometrycznej (rys. 11). W kierunku



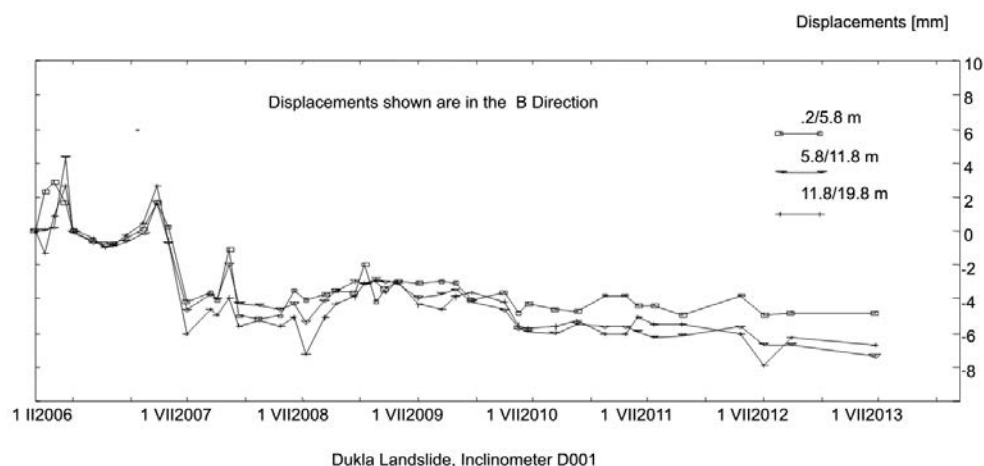
Rys. 9. Przeszacowania jednostkowe 2006-2014 (lokalizacja punktu pomiarów na rys. 4, 5)



Rys. 10. Przeszacowania skumulowane 2006-2014 (lokalizacja punktu pomiarów na rys. 4, 5)



Rys. 11. Napężenie ścinające, kierunek A, 2006-2014



Rys. 12. Skumulowane przemieszczenia wgłębne, kierunek B, 2006-2014

nachylenia stoku (+) A najwyższe napężenie stwierdzono poniżej głębokości około 12 m. W kierunku (-) B najwyższe skumulowane przemieszczenia zaobserwowano w latach 2006-2007. W rozbiciu na poszczególne strefy głębokości wynosiły mniej niż 4 mm do głębokości 5,8 m, 6 mm do głębokości 11,8 m i do 7 mm poniżej tej głębokości (rys. 12). Najwyższe jednostkowe przemieszczenia w latach 2007-2014 wahały się w granicach $2 \div 3$ mm. Planuje się, że w przyszłości pomiary powinny być wykonywane co najmniej dwa razy w roku, ale zależy to od możliwości uzyskania finansowania i innych projektów w tej okolicy.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono wyniki monitoringu osuwiska w pobliżu zabytkowej kaplicy św. Jana w Dukli. Przez osiem lat, począwszy od marca 2006 roku, wykonano 50 serii pomiarów. Pozwoliło to na obserwację zachowania się stoku i wczesne ostrzeżenie o zagrożeniach. Dotychczas zaobserwowane jednostkowe przemieszczenia wgłębne wykazały maksymalną wartość $-2,5$ mm / $1,7$ mm, do głębokości 19,5 m. Wykryto jednak nieco większe skumulowane przemieszczenia w kierunku osi osuwiska wynoszące 4 mm do głębokości 5,8 m, 6 mm do głębokości 11,8 m oraz 7 mm poniżej tej głębokości. Były one najwyższe w latach 2006-2007, a następnie wahały się w granicach $2 \div 3$ mm. Pomiary potwierdziły fakt, że prace stabi-

lizacyjne obniżyły ryzyko osuwiskowe w rejonie kaplicy, jednak pomiary monitoringowe wskazują, że w podłożu wciąż zachodzą kilkumilimetrowe przemieszczenia wgłębne. Ze względu na niekorzystne warunki geotechniczne tego rejonu, potrzebę kontroli prac zabezpieczających i ochrony tego wyjątkowego miejsca dla przyszłych pokoleń pomiary powinny być wykonane także w latach następnych.

LITERATURA

1. Bednarczyk Z.: Flysch landslides geotechnical monitoring in Beskidy, The Carpathian Mountains Poland. ISC-3 Conf. ISSMGE, Taylor & Francis, Taipei 2008, 269-274.
2. Bednarczyk Z.: Landslide geotechnical monitoring network for mitigation measures in chosen locations inside the SOPO Landslide Counteraction Project, Carpathian Mountains, Poland. The First World Landslide Forum, ICL, UN, Tokyo 2008, 71-75.
3. Bednarczyk Z.: Geotechnical modelling and monitoring as a basis for stabilization works at two landslide areas in Polish Carpathians. Proc. of 11th International & 2nd North American Symp. on Landslides. Canadian Geotechnical. Soc, Banf 2012, 1419-1425.
4. Raczkowski W., Mrozek T.: Activating of landsliding in the Polish Flysch Carpathians by the end of 20th century. Studia Geom. Carpatho-Balcanica 36, Kraków 2002, 91-111.