



# 8.WPGI 2024

## Badania stateczności i monitoring stoku pod kaplicą Św. Jana z Dukli w Trzcianie

ZBIGNIEW BEDNARCZYK

„POLTEGOR-INSTYTUT” INSTYTUT GÓRNICWA ODKRYWKOWEGO, WROCLAW



8.WPGI 2024

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

**poltegor - instytut**  
INSTYTUT GÓRNICWA ODKRYWKOWEGO

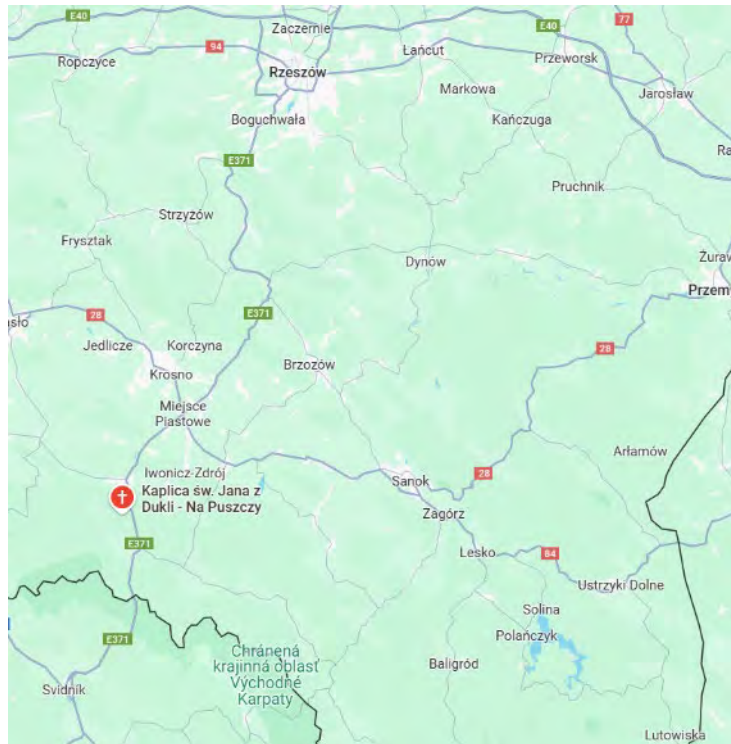
# Wstęp

- W prezentacji przedstawiono wyniki badań geologiczno-inżynierskich przy kaplicy Św. Jana z Dukli w Trzcianie w województwie Podkarpackim.
- Osuwisko, pod kaplicą w przeszłości aktywowało się wielokrotnie a największe szkody wystąpiły w 2004 r.
- W 2006 roku w ramach projektu SOPO zabezpieczono osuwisko przyporą palowa połączoną wieńcem oczepowym, zainstalowano mikropale i system odwodnienia powierzchniowego (wg. projektu ITB Warszawa). Jednak pierwotnie planowany w ramach komponentu B projektu SOPO monitoring nie został zrealizowany.
- Autor prezentacji brał udział w instalacji systemu monitoringu, który jest prowadzony od 2006 roku, w celu sprawdzenia skuteczności zabezpieczenia. Do tej pory wykonano 65 serii pomiarów.
- W 2021 roku, w związku z odnalezieniem dzwonu z 1933 roku i renowacją dzwonnicy, Zakon Bernardynów w Dukli zwrócił się z do autora prośbą o pomoc w określeniu bezpieczeństwa inwestycji.
- Badania terenu pod kaplicą pozwoliły na sprawdzenie skuteczności wykonanych w 2004-2005 roku zabezpieczeń oraz odbudowę dzwonnicy. Umożliwiły także obserwowanie przemieszczeń w podłożu w celu ostrzeżenia o zagrożeniach.



# Lokalizacja

**Północne zbocze góry Zaśpił (660 m n.p.m.) w Masywie Mszany w Beskidzie Niskim.  
1,2 km na zachód od miejscowości Trzciana na zalesionym stoku na wysokości 480-502 m n.p.m.**



**8. WPGI 2024**

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

**poltegor - instytut**  
INSTYTUT GÓRNICWA ODKRYWKOWEGO

# Kaplica Św. Jana z Dukli

Kaplica Św. Jana z Dukli zbudowana z piaskowca w latach 1906-1908 w stylu neogotyckim, na tarasie wyciętym w stoku i zabezpieczonym ponad świątynią murem oporowym z piaskowca o wysokości ok. 1 m. W 1933 roku z okazji jubileuszu 200-lecia beatyfikacji Św. Jana z Dukli przy kaplicy od strony północnej postawiono dzwonnice z trzema dzwonami, z których dwa zaginęły w czasie II Wojny Światowej.



# Odnalezienie dzwonu przy kaplicy Św. Jana z Dukli w 2021 roku



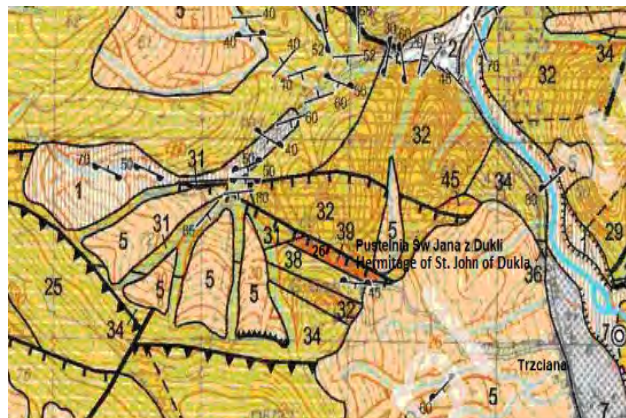
**8.WPGI 2024**

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

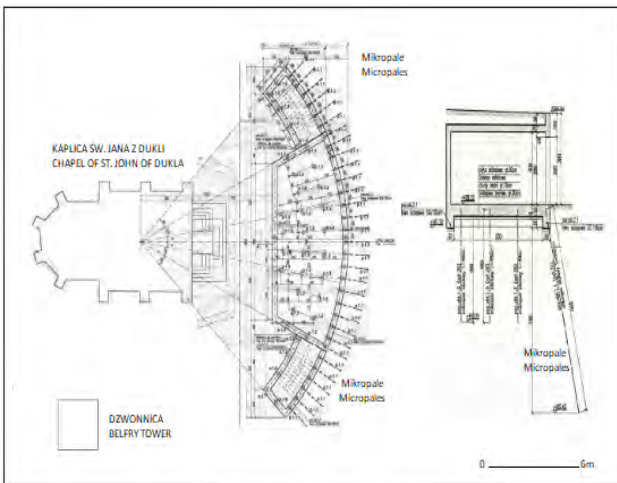
[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

# Budowa geologiczna i osuwisko w pod Kaplicą Św. Jana z Dukli

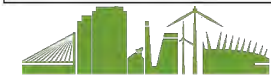
- Podłoże fliszowe, grunty i skały ilaste oraz piaskowce w rejonie uskoku tektonicznego (piaskowce 39 /łupki 32) grunty koluwalne - ility gliny, gliny z rumoszem skalnym, głązy oraz bloki, pakiety fliszu do głębokości 4-18m (5).
- Kaplica posadowiona na warstwie piaskowców, podłoże groty i niżej ległe warstwy - łupki ilaste z dużą podatnością osuwiskową.
- Poziom wodonośny na gł. 1,9-3,2 m na gł. 4,0-4,4 m ślady po przepływającej okresowo wodzie gruntowej. Infiltracja wód opadowych - uplastycznienie skał i gruntów ilastych, zwiększenie ich ciężaru objętościowego. Źródło poniżej kaplicy zasilane bezpośrednio z warstw piaskowcowych. Zmiany ciśnienia sphywowego aktywowały przemieszczenia wglębne- osuwiska w 1998, 2000, 2002 i 2004 r.
- Wiosną 2000 roku powstała nowa główna skarpa osuwiskowa, kilka metrów od wejścia do kaplicy. Wzmozona aktywność osuwiskowa występowała również wiosną 2002 roku. Po tym okresie przemieszczenia ustały.
- Ponowna aktywacja po odwilży wiosną 2004 roku na zboczu poniżej świątyni powstało osuwisko dł. 200 m, sz. 50-100 m na stoku o nachyleniu powyżej 20°. Górna krawędź skarpy głównej przybliżyła się blisko do Domu Pielgrzyma.



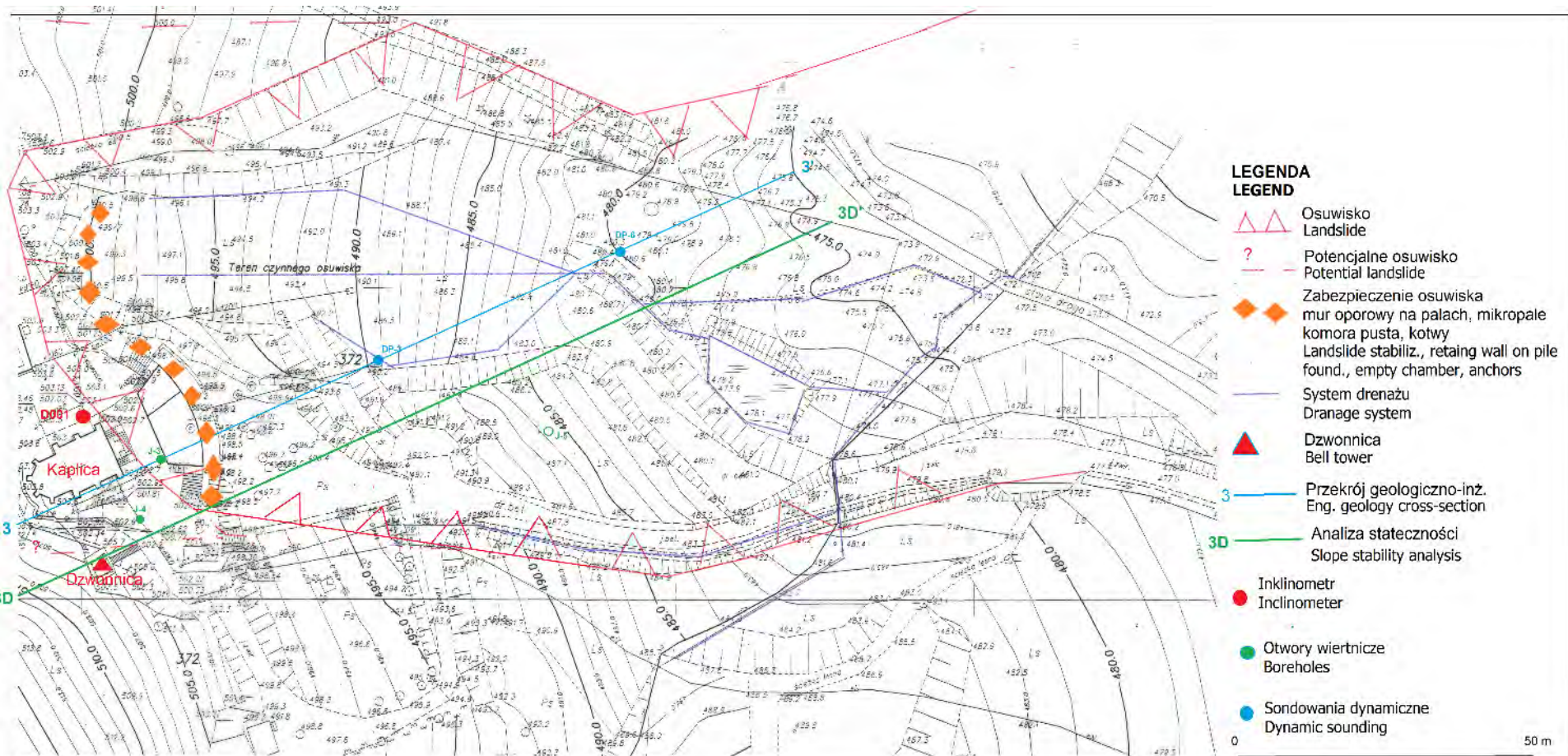
# Zabezpieczenie osuwiska pod Kaplicą Św. Jana z Dukli (projekt ITB Warszawa)



- Prace zabezpieczające zostały zaprojektowane do 2003 roku (Biegun 2001, 2003, Wojtkowski, Frey 2001, Wysokiński 2002), wykonane w latach 2004-2005 po skorygowaniu głębokości pali przez zespół opiniujący projekt SOPO finansowany z budżetu Państwa i pożyczkę z Europejskiego Banku Inwestycyjnego
- Poniżej Domu Pielgrzyma i kaplicy Św. Jana od strony północnej wykonano palisadę składającą się z 40 pali 18-22 m w dwóch rzędach połączonych belką oczepową o szerokości 3,10 m z rozstawem osiowym pali 1,2 m (Wysokiński L., 2002).
- Zabezpieczenie kaplicy - blok oczepowo-oporowy na palościance z mikropalami o długości 8-12 m i z kotwami bocznymi. Zbudowano sztuczną grotę tzw. „komorę pustą”, system odwodnienia podziemnego i dwa ujęcia wody źródlanej poniżej kaplicy. Dolną część pali i mikropali posadowiono w warstwach o korzystnych parametrach geotechnicznych (ITB Warszawa).
- Zbudowano system odwodnienia w postaci rowów z geowłókniną, z umieszczoną w środku rurą drenżową wypełnionych kamieniem (Wysokiński L., 2002).
- We wnętrzu kaplicy zabezpieczono istniejące na jej ścianach spękania. Wzmocniono także fundamenty systemem ściągów podposadzkowych, iniekcji scalających i kotew mocowanych pomiędzy krążankami wejściowymi i ścianą frontową.
- Brak jednak było potwierdzenia skuteczności zabezpieczenia, co podkreślił ekspert Banku EBI na spotkaniu które odbyło się w Dukli po zrealizowaniu inwestycji w 2007 roku. Przedstawione na tym spotkaniu przez autora wyniki monitoringu zostały zaakceptowane przez kontrolera z Banku EBI. Podkreślił on też ich dalszą celowość.



# Mapa osuwiska i zabezpieczenia



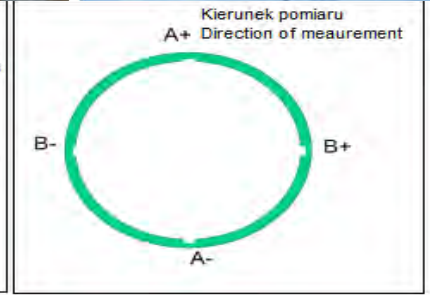
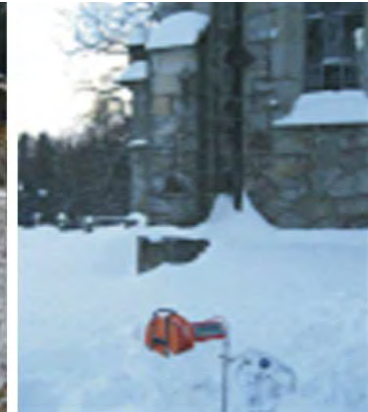
# System drenażu powierzchniowego i ujęcie wody pod kaplicą

Rowy – drenażowe wąskoprzestrzenne  
szer. 0,5-1,2 m, wyścielone geowłókną,  
w środku z rurą drenżową  $\square\square 20$  PEHD  
wypełnione kamieniem łamanym

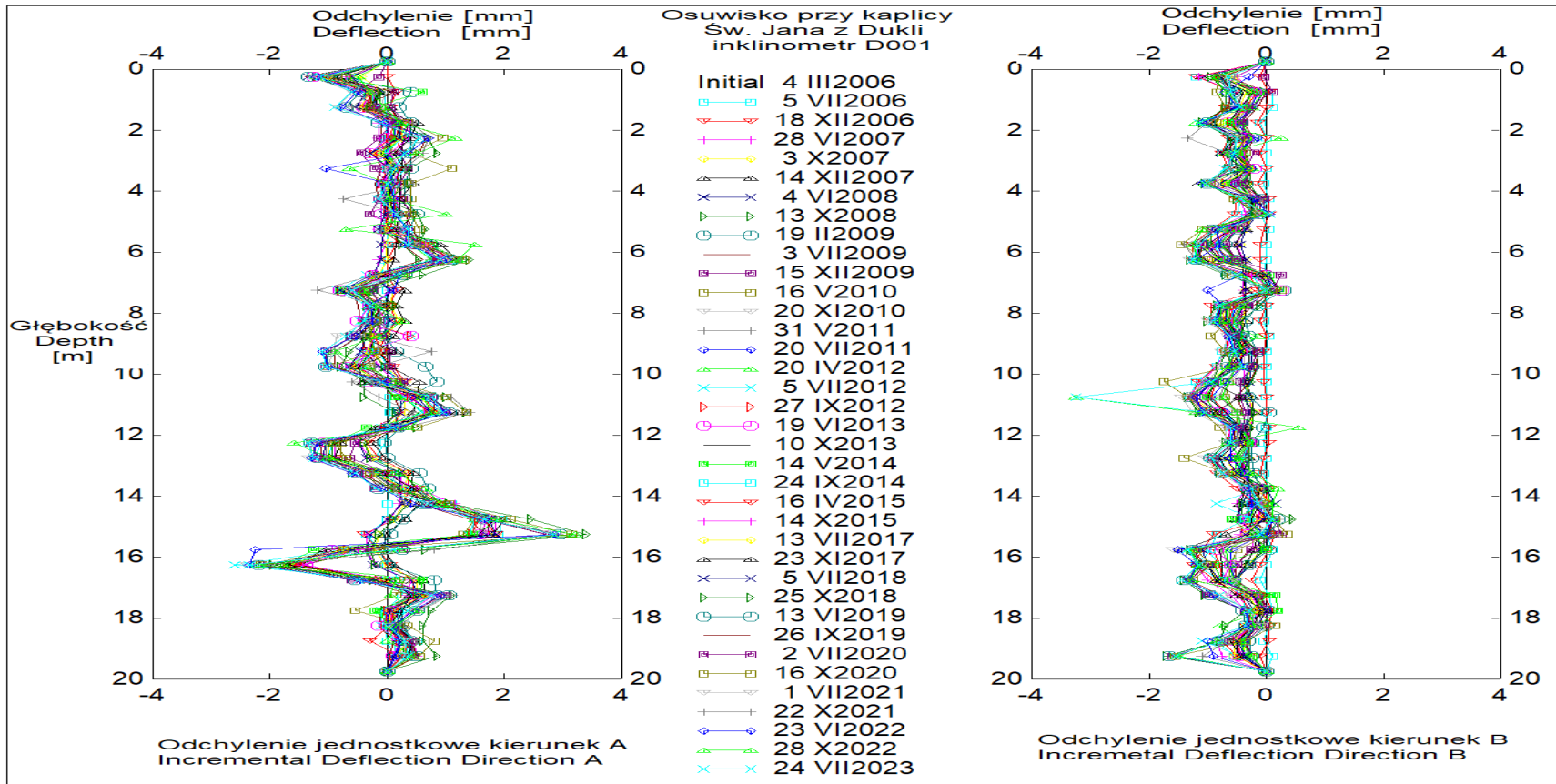


Ujęcie wody pod kaplicą

# Monitoring przy Kaplicy Św. Jana



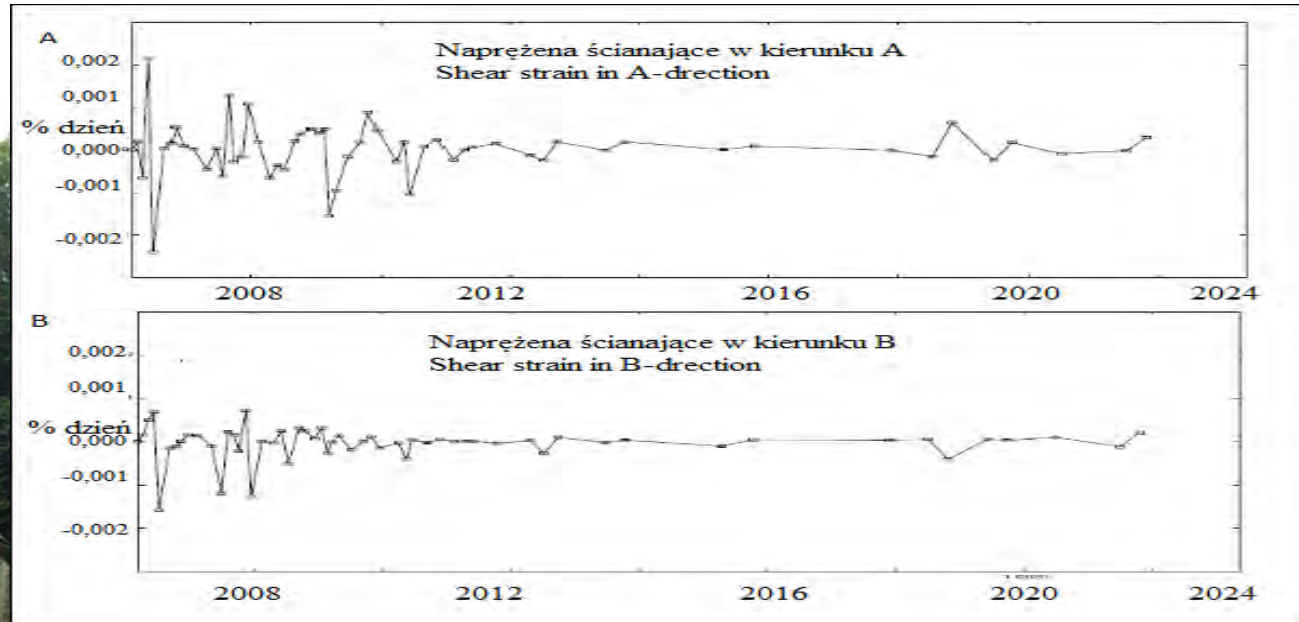
# Monitoring – przemieszczenia jednostkowe [mm]



A maks (+) 3 mm na głęb. 15 m

B maks (-) 1,5-2,5 mm na głęb. 6 m, 11 m, 16 m i 19,5 m.

# Monitoring – naprężenia ścinające



Największe zmiany przemieszczeń jednostkowych

- lato 2006 0,8 mm/dzień
- jesień 2008 0,3 mm/dzień
- wiosna i lato 2010 0,3 mm/dzień
- jesień 2019 0,3 mm/dzień

Największe naprężenia ścinające

- 2006-2011 (+/-) 0,001-0,002% / dzień



# Monitoring

- Łącznie w ciągu ponad 17 lat wykonano 65 serii pomiarów.
- Maksymalne przemieszczenia jednostkowe do 3 mm kierunku A i do 1.5 mm w kierunku B.
- Pomiary pozwalają stwierdzić, że zabezpieczenie pod kaplicą Św. Jana Z Dukli i Domem Pielgrzymów jak dotychczas spełnia swoją rolę i zabezpiecza stok przed znacznymi przemieszczeniami. Okresowo występują jednak naprężenia i niewielkie przemieszczenia.
- W kierunku nachylenia stoku (+) A największe przemieszczenia występowały w okresie zaraz po instalacji rur inklinometrycznych w lecie 2006 roku 0,8 mm/dzień. Zwiększone wielkości przemieszczeń występowały także jesienią 2008, wiosną i latem 2010 jesienią 2019 do 0,3 mm/dzień. W kierunku poprzecznym B, występowały one ku osi osuwiska, w analogicznych okresach czasu jak w kierunku A, jednak były o około połowę mniejsze.
- Największe naprężenia ścinające w rejestrowane, jako procent całkowitych naprężeń ścinających w podłożu na dzień w kierunkach A i B do (+/-) 0,002% na dzień wskazują na analogiczne okresy zwiększonych naprężeń ścinających, podobnie jak przemieszczenia wgłębne w 2008, 2010 i 2019 r.
- Największe zmiany naprężeń i przemieszczeń występowały przez pierwsze 5 lat po zabezpieczeniu do 2011 r.
- Dotychczas wykonane pomiary potwierdziły fakt, że prace stabilizacyjne obniżyły ryzyko osuwiskowe, jednak w podłożu wciąż zachodzą kilkumilimetrowe przemieszczenia wgłębne.
- Ze względu na niekorzystne warunki geotechniczne tego rejonu i potrzebę ochrony tego wyjątkowego miejsca dla przyszłych pokoleń pomiary powinny być wykonane także w latach następnych.



# Analiza stateczności zbocza przyjęte parametry wytrzymałościowe

L.p.	Symbol warstwy (Layer No)	Rodzaj gruntów (Soil type)	$\rho$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [ kPa]	$\phi$ [°]
1	I	Koluwium ilaste (Colluvium)	19.0	12.0	8.0
2	II	Podłoże osuwiska (Bedrock)	21.0	21.0	25.0



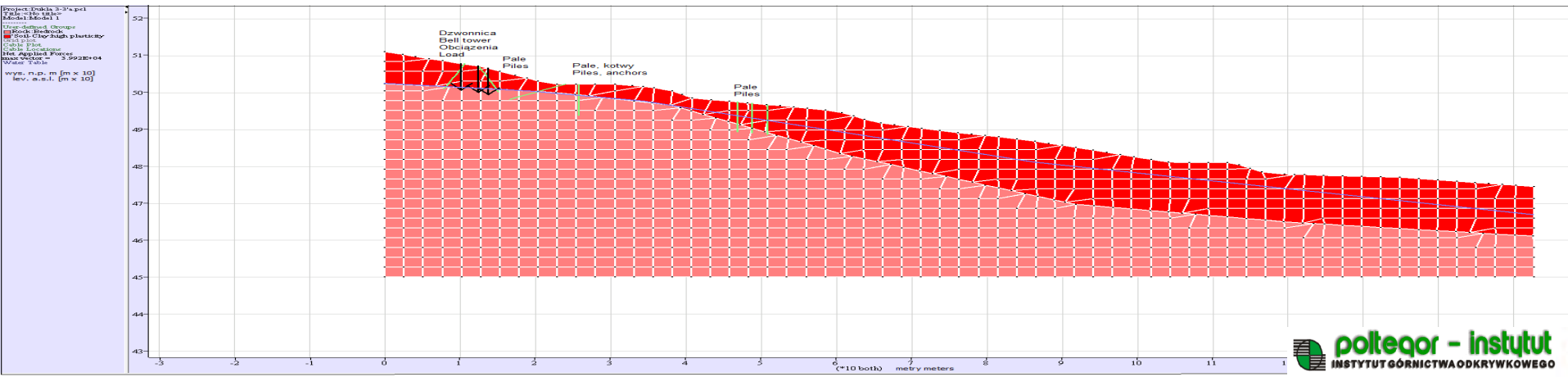
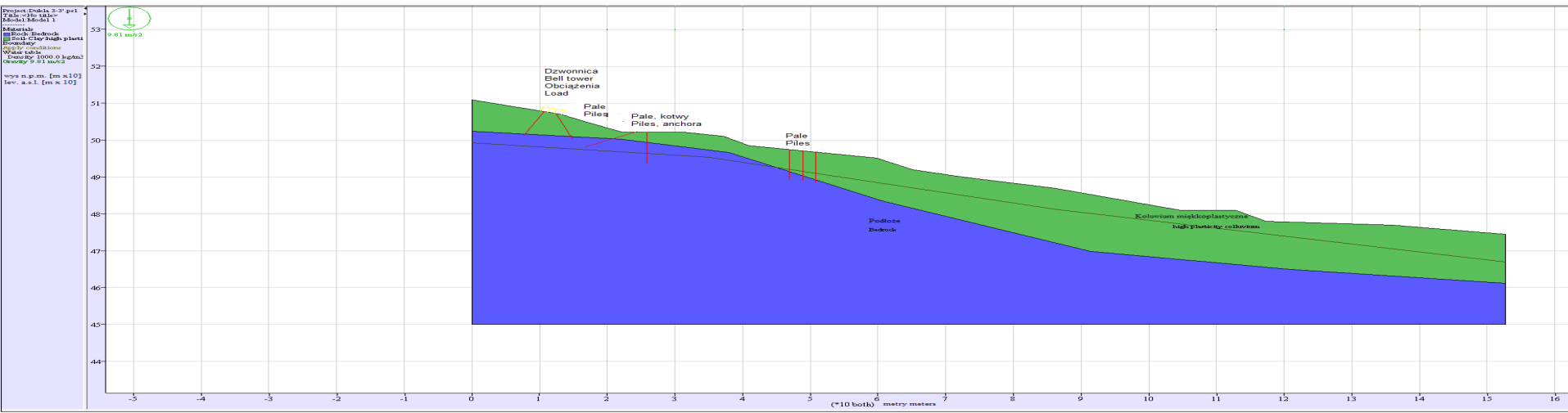
**8.WPGI 2024**

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

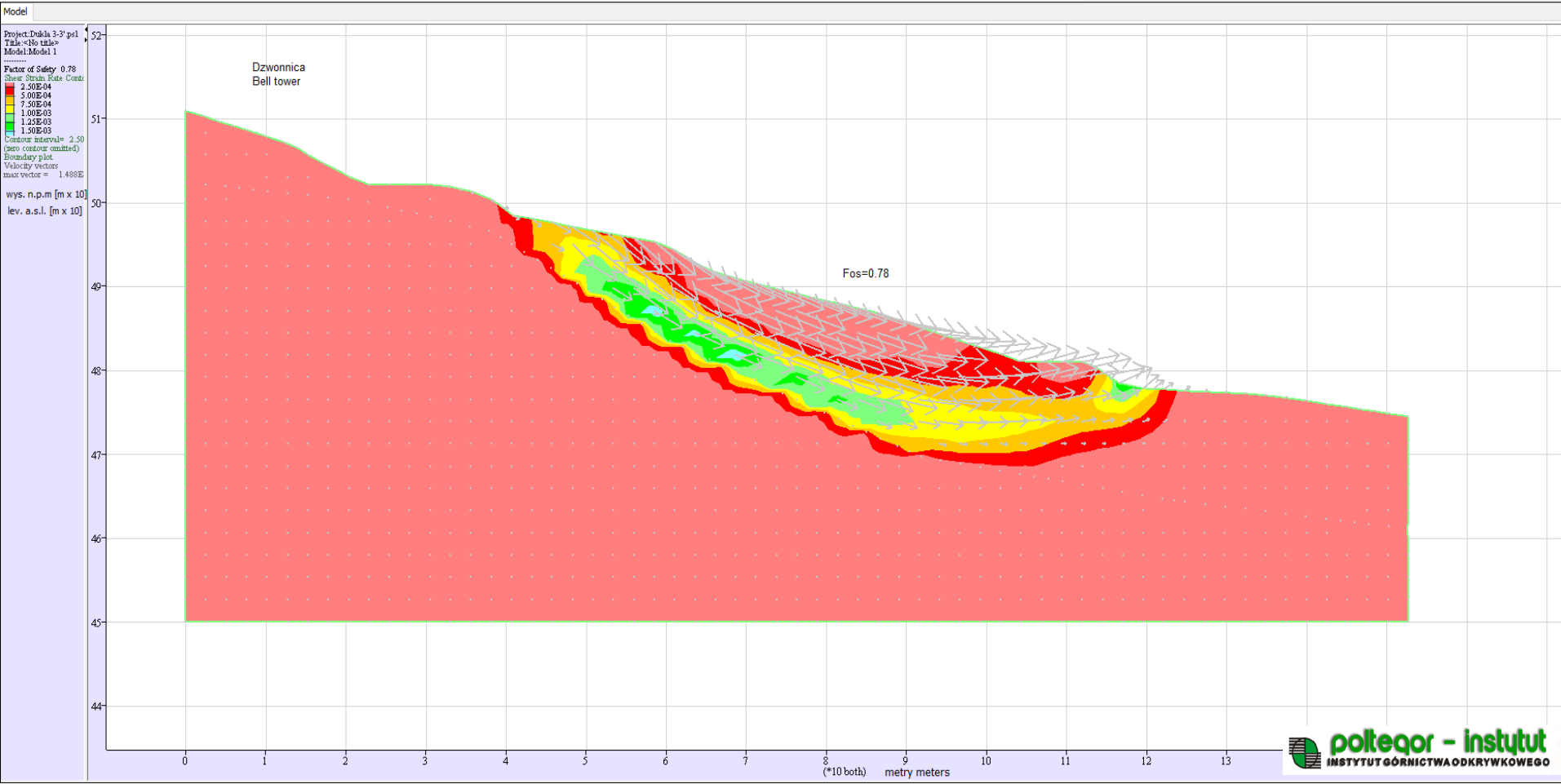
[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

**poltegor - instytut**  
INSTYTUT GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO

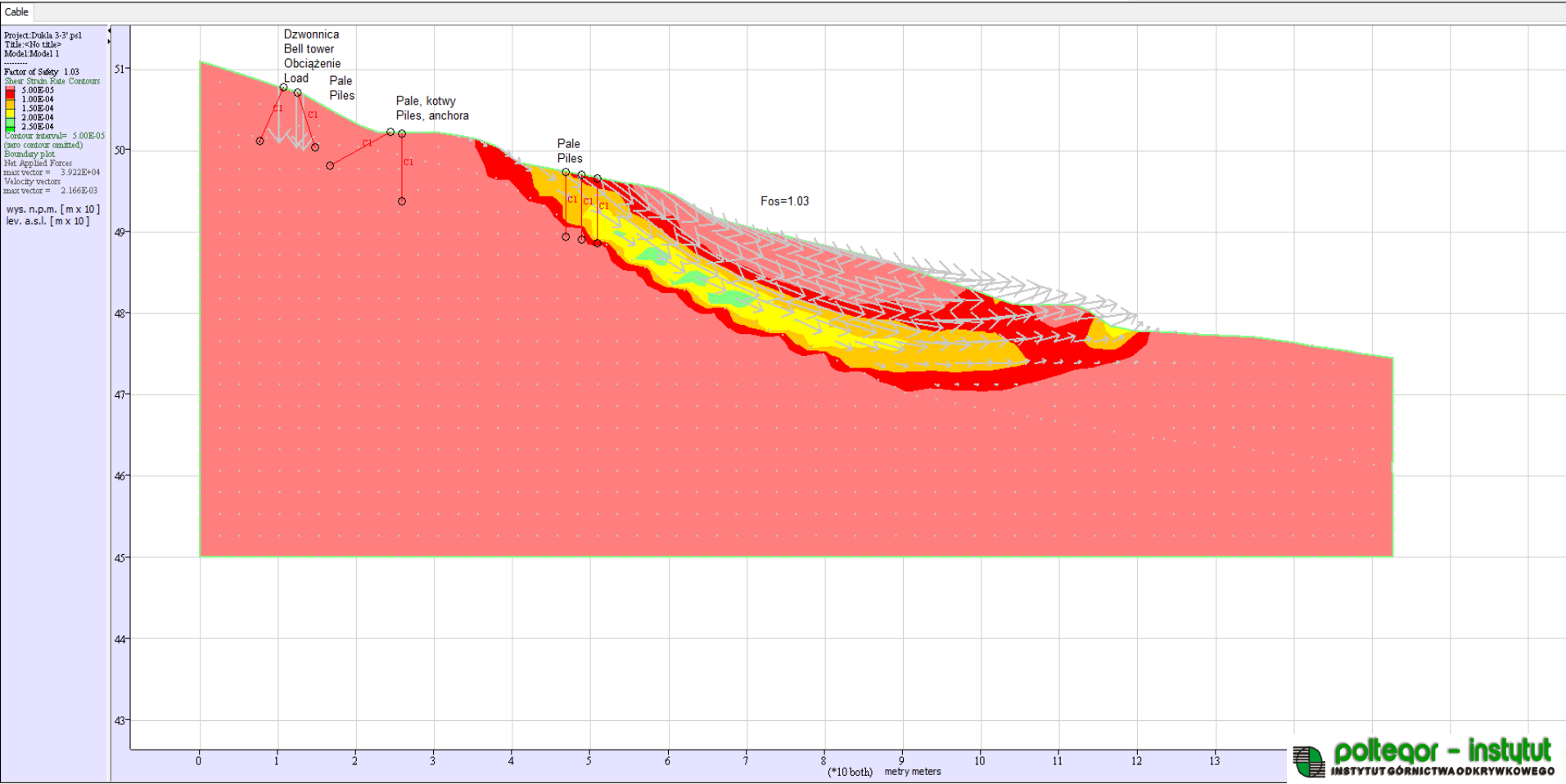
# Analiza stateczności zbocza - model geometryczny i siatka obliczeniowa



# Analiza stateczności zbocza bez stabilizacji Fos=0,78



# Analiza stateczności zbocza z zabezpieczeniem Fos=1,03



# Analizy stateczności zbocza

Metoda Flac. 7.0 Redukcja wytrzymałości na ściananie (SSR) Model linear elastic	Fos bez zabezpieczenia	Uwagi:	Fos po zabezpieczeniu : 3 rzędy mikropali pionowych 8 m pod grotą, mikropale pionowe 8 m i ukośne 12 m przed kaplicą Św. Jana. Pale ukośne (łącznie 4) 7 m pod dzwonnicyą + obciążenie od dzwonnicy fundamentu i aut. wyzwalania (4 t).	Uwagi:
	0.78	Całe zbocze	1,03	Zbocze poniżej kaplicy Św. Jana z Dukli

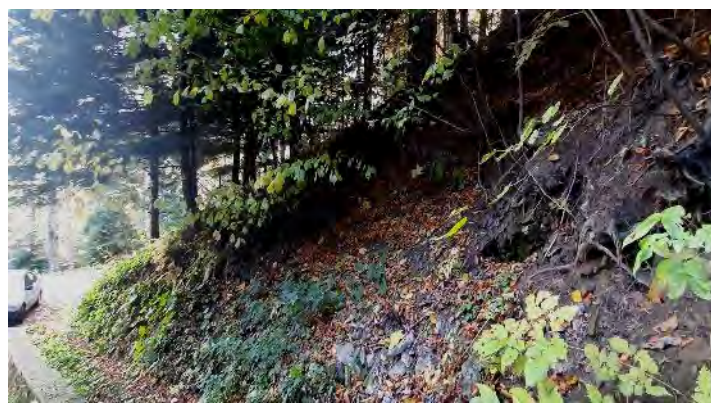


# Zalecenia dla renowacji dzwonnicy

- Dla analizy bezpieczeństwa dzwonnicy przeanalizowano wyniki wcześniejszych badań które wskazywały że strop zwieszonych piaskowców, przy kaplicy Św. Jana od strony dzwonnicy znajdował się na głębokości 2 m p.p.t. Uwzględniając wysokość skarpy, oraz wyniki analiz stateczności stwierdzono, że bezpiecznie będzie posadowienie podpór konstrukcji dzwonnicy w warstwie piaskowców. Długość pali powinna wynosić, co najmniej 7 m. Zalecono żeby fundament pod dzwonnice zabrać. Górna powierzchnia fundamentu została pochylona w stronę stoku, aby umożliwić spływ wód opadowych (10 cm).
- Nową konstrukcję i fundament dzwonnicy wykonano zgodnie z zaleceniem z materiału nie powodującego nadmiernego obciążenia. Przestrzegano też przed podcinaniem stoku pod dzwonnice, głębokimi wykopami oraz wycinaniem rosnących tam drzew, usuwaniem ich korzeni. Zalecono żeby prace budowlane, zaplanować i przeprowadzić możliwie szybko w suchym okresie bez dużych opadów atmosferycznych, najlepiej w lecie.
- Wskazano konieczność zabezpieczenia stoku pod dzwonnice od strony kaplicy przed procesami wymywania gruntu i erozji. Stok pokryto geowłókniną i podparto płytami z kamienia o zredukowanym ciężarze. Istotną rolę miała także odpowiednio dobrana roślinność stabilizująca stok i absorbująca wodę opadową.
- Udrożniono otwory w murze oporowym nad kościołem i wykonano odprowadzenie wody spod muru do systemu odwodnienia osuwiska. Zalecono żeby stok ponad dzwonnice zabezpieczyć przed infiltracją wód opadowych a na fundamencie dzwonnicy umieścić, 2 repery geodezyjne.
- Wskazano, że stateczność dzwonnicy po remoncie i instalacji nowych dzwonów i systemu ich wyzwalania, należy monitorować geodezyjnie przez okres, co najmniej 3 lat - łącznie 6 pomiarów reperów na fundamencie, co roku wiosną i jesienią. Zalecono także kontynuację pomiarów inklinometrycznych i piezometrycznych przy kaplicy.
- Ze względu na fakt, że teren przy kaplicy znajduje się w rejonie osuwiskowym a prace zabezpieczające osuwisko 2004-2005 finansowane były w ramach projektu SOPO nadzorowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny, zalecono żeby przed zgłoszeniem wykonywania remontu w Urzędzie Gminy Dukla i uzyskaniem pozwolenia na budowę, otrzymać opinię Państwowego Instytutu Geologicznego. Uzyskana przez Klasztor Bernardynów opinia zalecała wykonanie dodatkowego otworu pełnordzeniowego do osiągnięcia zwieszłego podłoża pod nowo zaprojektowaną dzwonnice.
- Z uwagi na wysoki koszt budowy nowej dzwonnicy Klasztor zdecydował się na gruntowny remont starej historycznej dzwonnicy. Remont z wykorzystaniem uwag przedstawionych przez autora obejmował wykonanie fundamentu dzwonnicy z dodatkowym zbrojeniem (remont starego fundamentu), wzmocnienie, odrdzewienie i malowanie konstrukcji podpór, wykonanie nowego pokrycia dachu, wykonanie odwodnienia terenu w pobliżu dzwonnicy, udrożnienie otworów w murze oporowym ponad kaplicą



## Zalecenia dla renowacji dzwonnicy



**8.WPGI 2024**

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

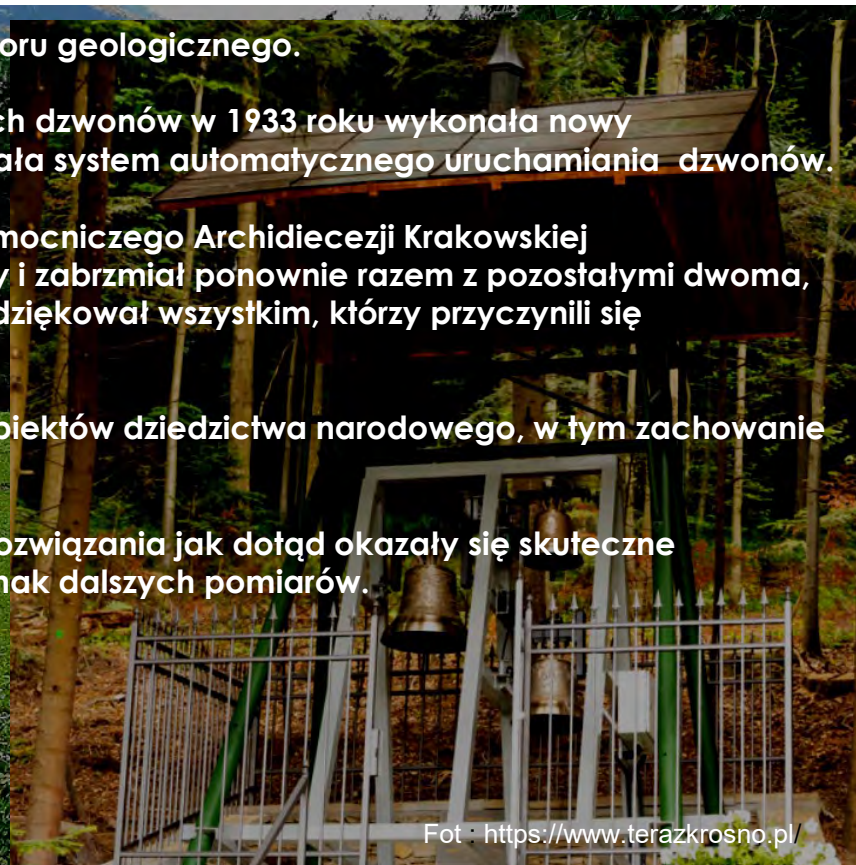
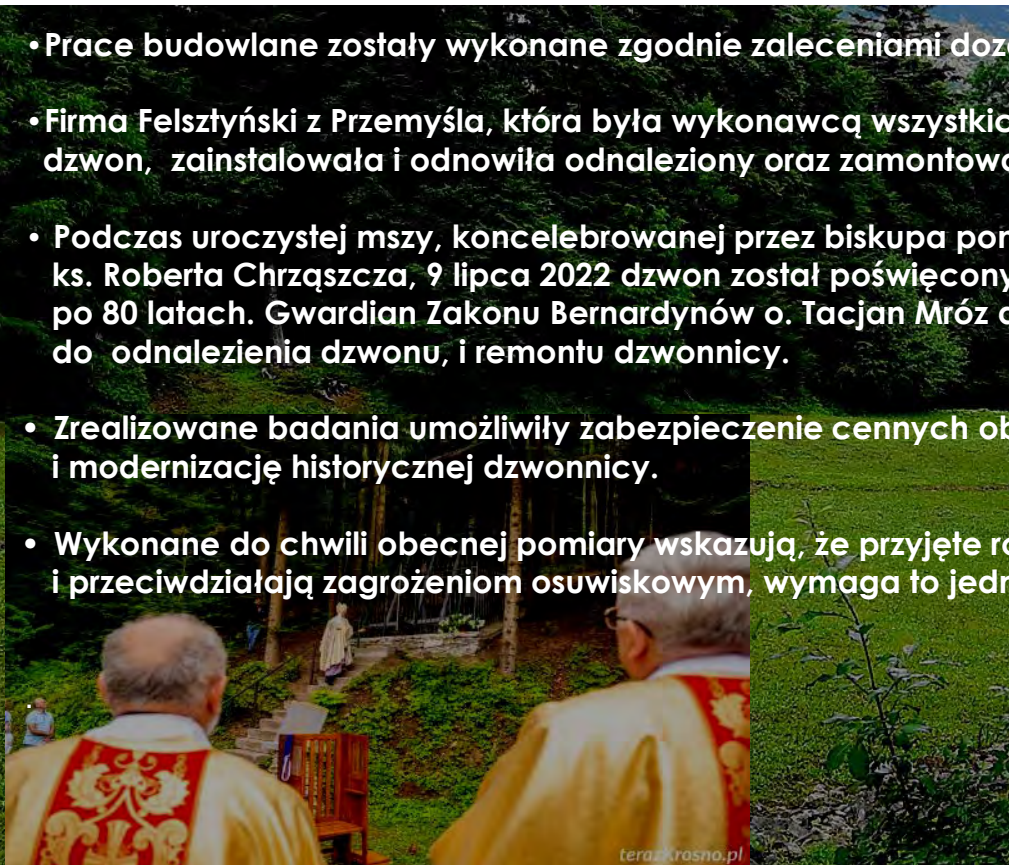
**poltegor - Instytut**  
INSTYTUT GÓRNICWA ODKRYWKOWEGO

# Wnioski

1. Wykonane badania oraz 64 serie pomiarów monitoringowych pozwoliły ocenić skuteczność prac zabezpieczających z 2004 roku oraz stopień stateczności stoku.
2. Pomiaru wskazują, że rejon kaplicy został zabezpieczony przed możliwością powstania przemieszczeń wglębnych o dużej wielkości. Natomiast rejon poniżej wykonanego zabezpieczenia może być w dalszym ciągu narażony na procesy osuwiskowe.
3. Analizy numeryczne w przekroju poniżej dzwonnicy wykonane na podstawie dokumentacji geologicznej z 2002 roku, bez uwzględnienia zabezpieczenia wykazały, że występowały tam bardzo niskie współczynniki stateczności  $Fos = 0,78$  dla całego stoku. Przy uwzględnieniu zabezpieczenia z 2004 roku współczynnik stateczności wzrósł, jednak był dalej stosunkowo niski i wyniósł  $Fos = 1,03$ .
4. Analiza podłoża w rejonie remontowanej dzwonnicy potwierdziła możliwość jej renowacji obejmującej wykonanie nowych fundamentów, mechanicznego systemu uruchamiania jak i zawieszenie odnalezionego po 80 latach dzwonu, co zrealizowano z uwzględnieniem zaleceń przedstawionych przez autora, w maju 2022 roku.
5. Zabezpieczenie kaplicy wydaje się być jak dotąd skuteczne, jednak ze względu na skalę zachodzących w przeszłości zjawisk, dużą różnicę względnych wysokości stoku, niekorzystne parametry wytrzymałościowe podłoża a zarazem szczególny charakter kaplicy Św. Jana z Dukli, pomiary monitoringowe powinny być kontynuowane.

# Poświęcenie odrestaurowanej dzwonnicy i podziękowania

- Prace budowlane zostały wykonane zgodnie zaleceniami dozoru geologicznego.
- Firma Felsztyński z Przemyśla, która była wykonawcą wszystkich dzwonów w 1933 roku wykonała nowy dzwon, zainstalowała i odnowiła odnaleziony oraz zamontowała system automatycznego uruchamiania dzwonów.
- Podczas uroczystej mszy, koncelebrowanej przez biskupa pomocniczego Archidiecezji Krakowskiej ks. Roberta Chrzęszcza, 9 lipca 2022 dzwon został poświęcony i zabrzmiał ponownie razem z pozostałymi dwoma, po 80 latach. Gwardian Zakonu Bernardynów o. Tacjan Mróz dziękował wszystkim, którzy przyczynili się do odnalezienia dzwonu, i remontu dzwonnicy.
- Zrealizowane badania umożliwiły zabezpieczenie cennych obiektów dziedzictwa narodowego, w tym zachowanie i modernizację historycznej dzwonnicy.
- Wykonane do chwili obecnej pomiary wskazują, że przyjęte rozwiązania jak dotąd okazały się skuteczne i przeciwdziałają zagrożeniom osuwiskowym, wymaga to jednak dalszych pomiarów.



Fot : <https://www.terazkrosno.pl/>



**8.WPGI 2024**

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

**poltegor - instytut**  
INSTYTUT GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO



# 8.WPGI 2024



Dziękuję za uwagę!



Autor w tym miejscu pragnie podziękować Panu Dr Wojciechowi Rączkowskiemu za zwrócenie uwagi na konieczność kontroli kaplicy Św. Jana z Dukli.

Podziękowania kieruję także do Prof. Andrzeja Soleckiego z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego za prośbę o pomoc przy remoncie dzwonnicy, Panu Lesławowi Wilkowi z Muzeum Pól Bitewnych w Krośnie oraz Klasztorowi Bernardynów z Dukli za wsparcie w realizowanych pracach.



8.WPGI 2024

[wpgi.pgi.gov.pl](http://wpgi.pgi.gov.pl)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

**poltegor - instytut**  
INSTYTUT GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO