

Nowoczesne technologie teledetekcyjne w geologii

Source: JohanSwanepoel/FOTOLIA.com

Mirosław Kamiński, Zbigniew Perski,
Jacek Rubinkiewicz, Tomasz Wojciechowski



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Teledetekcja - zespół metod badawczych (technologii) pozwalających uzyskać informacje o badanym obiekcie w sposób zdalny (bezdotykowy, nieniszczący)

W geologii:

- badanie form rzeźby powierzchni terenu (geomorfologia) i jej zmian (deformacje)
- badanie głębokiej budowy geologicznej bez udziału wierceń (metody geofizyczne)

TECHNOLOGIE TELEDEKCYJNE STOSOWANE PRZEZ PIG-PIB

1. Zdjęcia lotnicze, Lotniczy i naziemny skaning laserowy:

- wykonywanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi
- wykonywanie i reambulacja map geologicznych, badania tektoniki
- pomiary dynamiki osuwisk

2. Satelitarna interferometria radarowa

- badanie współczesnej dynamiki skorupy Ziemskiej (geodynamika)
- pomiary dynamiki osuwisk
- badanie deformacji związanych z podziemną eksploatacją surowców

3. Tomografia elektrooporowa

- modelowanie 3D głębokiej budowy geologicznej



Wybrane zagadnienia wykorzystania wysokorozdzielczych lotniczych danych skaningu laserowego w kartografii osuwisk i budowy geologicznej Karpat fliszowych oraz Tatr

Jacek Rubinkiewicz, Tomasz Wojciechowski

- Dane wejściowe: chmura punktów pozyskana z lotniczego skaningu w ramach projektu ISOK gęstość od 4 do 12 pkt./m²
- Dane poddane przetwarzaniu i filtracji w CODGiK lub autorskiej filtracji w dostępnym oprogramowaniu np. LP 360, Scoop++, DTMaster w celu uzyskania numerycznego modelu powierzchni terenu
- Wizualizacja danych w oprogramowaniu Global Mapper, ArcGis, Microdem, LP360, Scoop++, DTMaster itp.



Geologiczna interpretacja numerycznego modelu powierzchni terenu pochodzącego z lotniczego skanowania laserowego obejmująca rejon Doliny Suchej Kasprowej

Wójcik i inni, 2013; Cymerman, 2014;
Wojciechowski i in., 2014

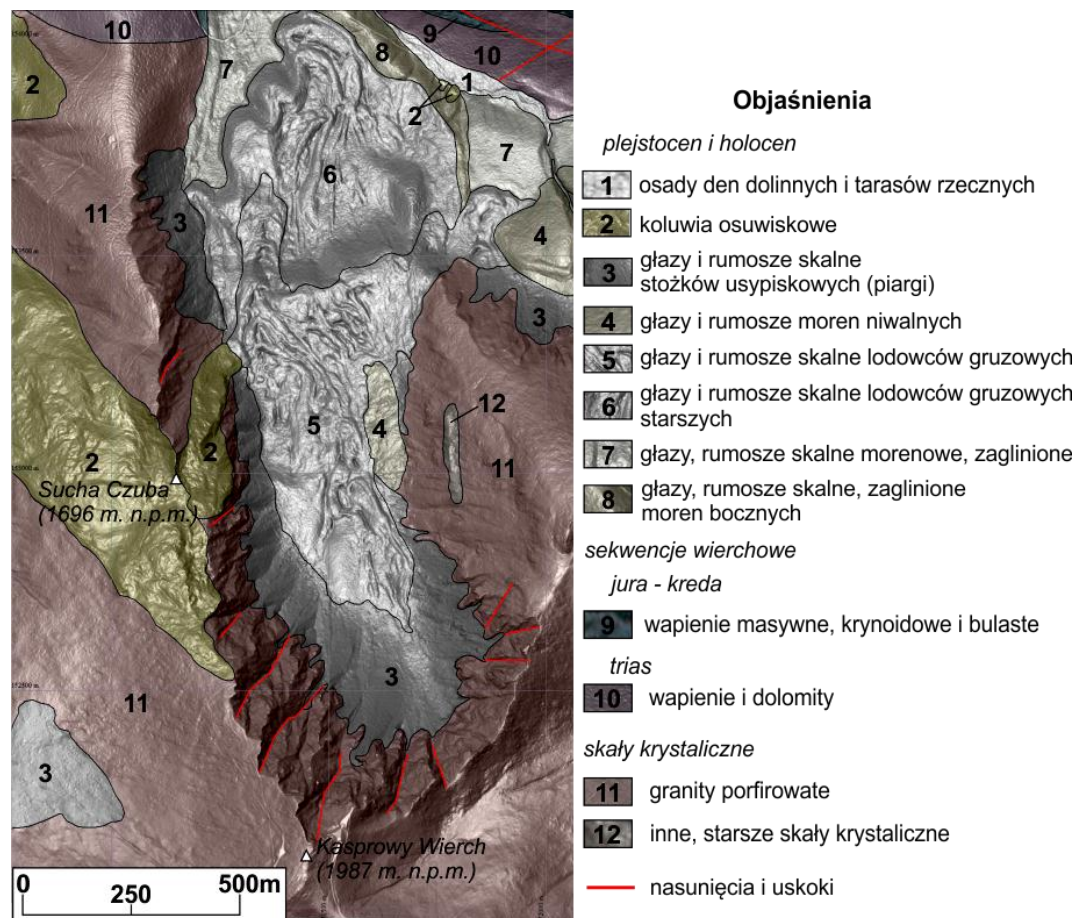
Wojciechowski, Perski, 2014: Badania geologiczne i geomorfologiczne [w:]
Wykorzystanie danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego.

Podręcznik - w druku



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

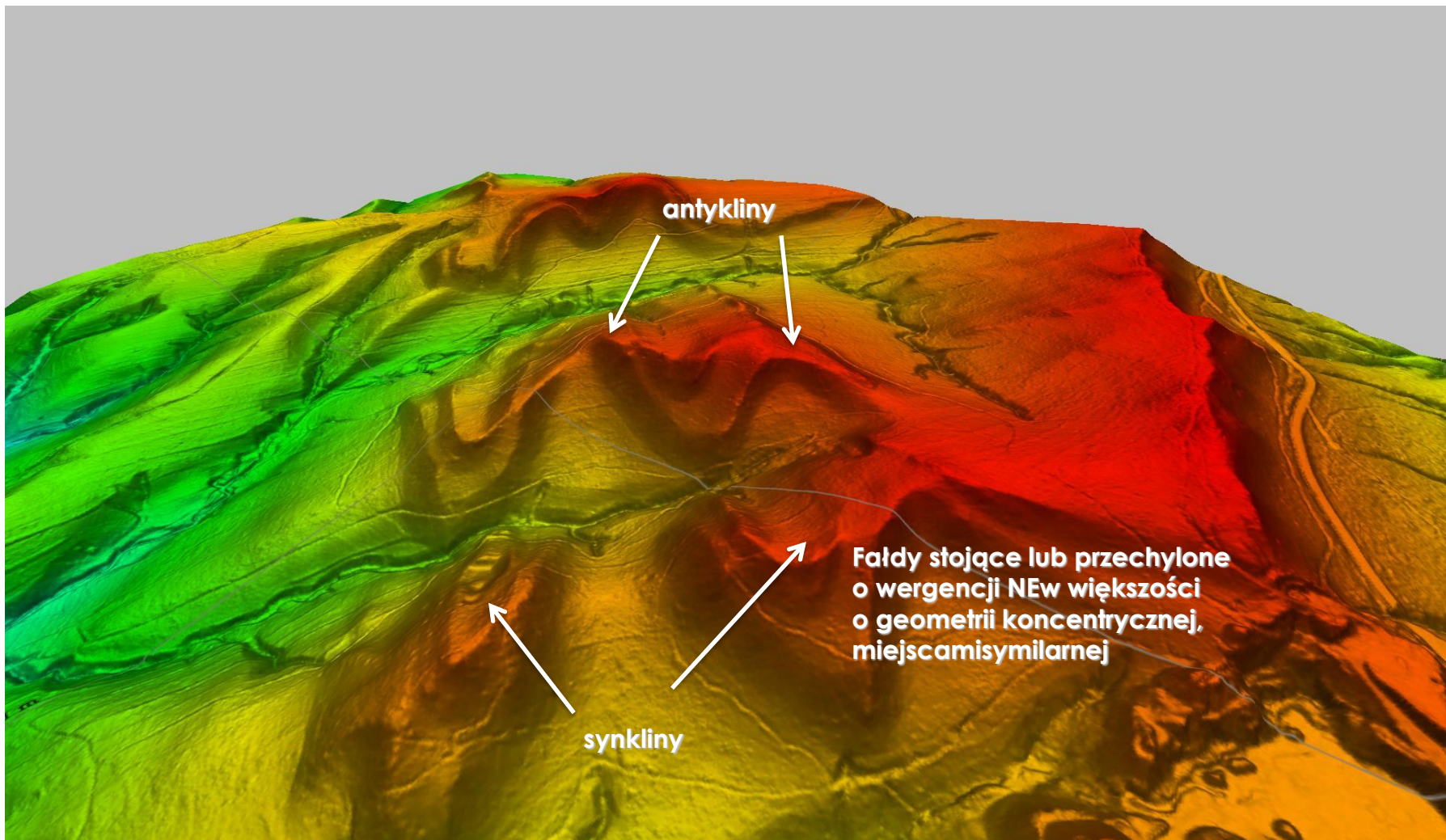
www.pgi.gov.pl



Geometria fałdów

J. Rubinkiewicz - Dane ISOK

Struktury geologiczne w piaskowcach magurskich budujących obszar w strefie granicznej Polski ze Słowacją, w rejonie Przełęczy Beskid i Czeremchy. Wizualizacja danych ISOK.

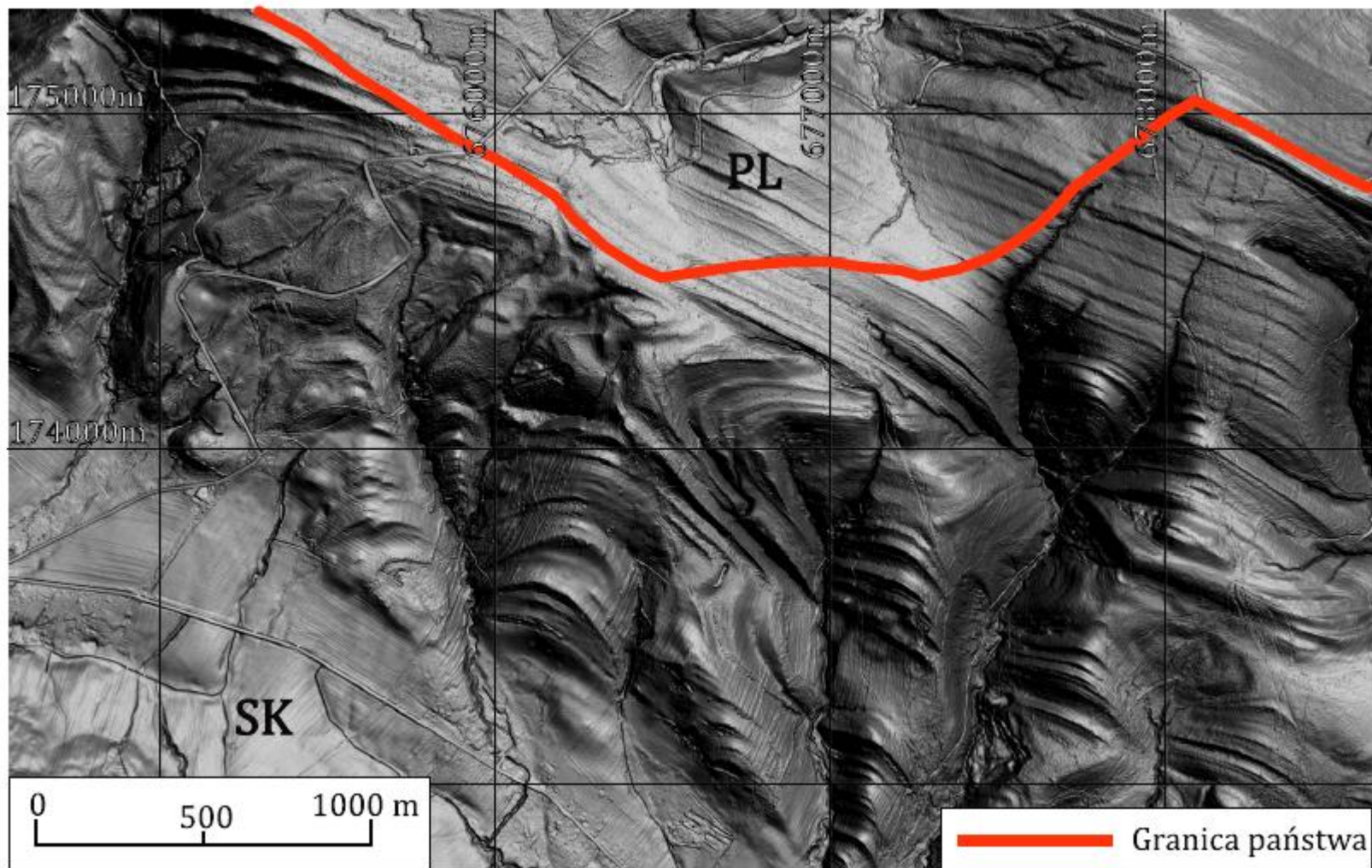


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Wojciechowski, Perski, 2014: **Badania geologiczne i geomorfologiczne [w:] Wykorzystanie danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego.**

Podręcznik – w druku



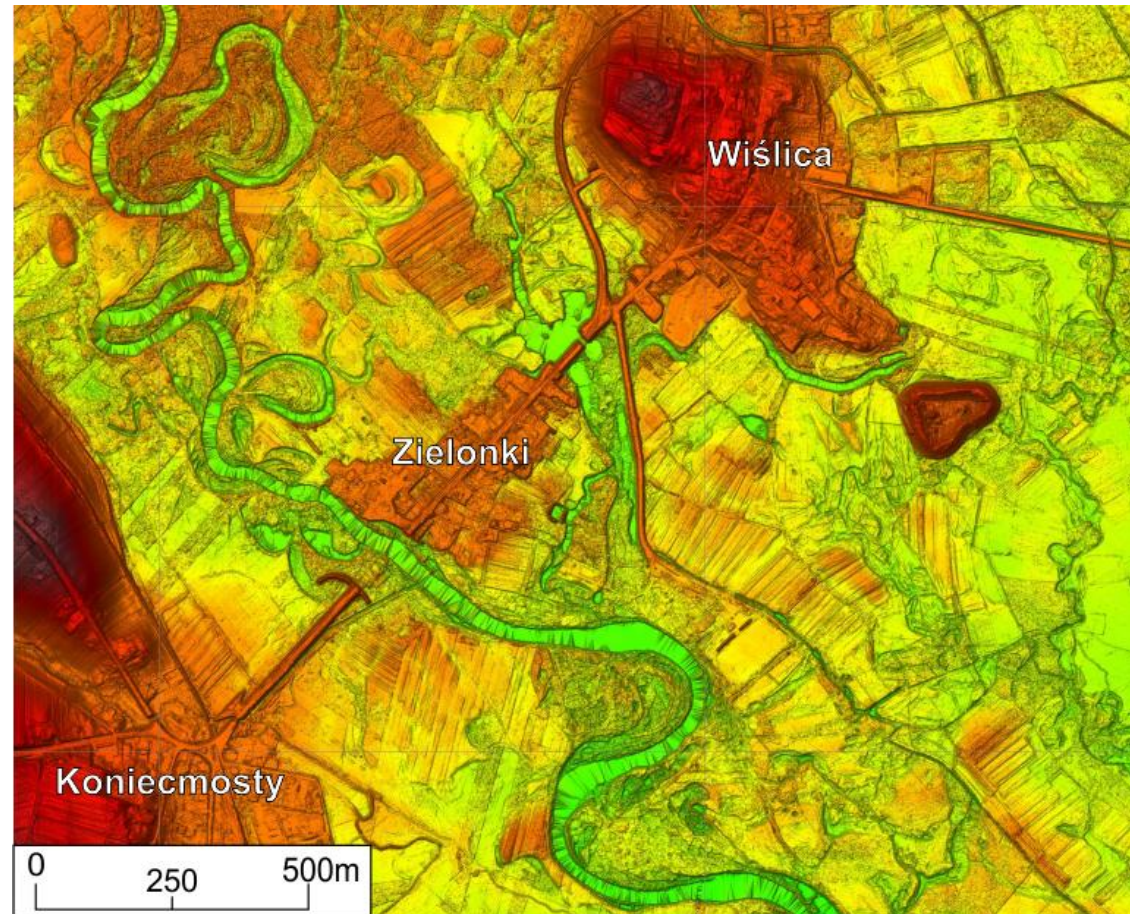
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Wizualizacja danych ALS (ISOK) pod kątem interpretacji holocentrycznych osadów o fluwialnej genezie w Dolinie Nidy

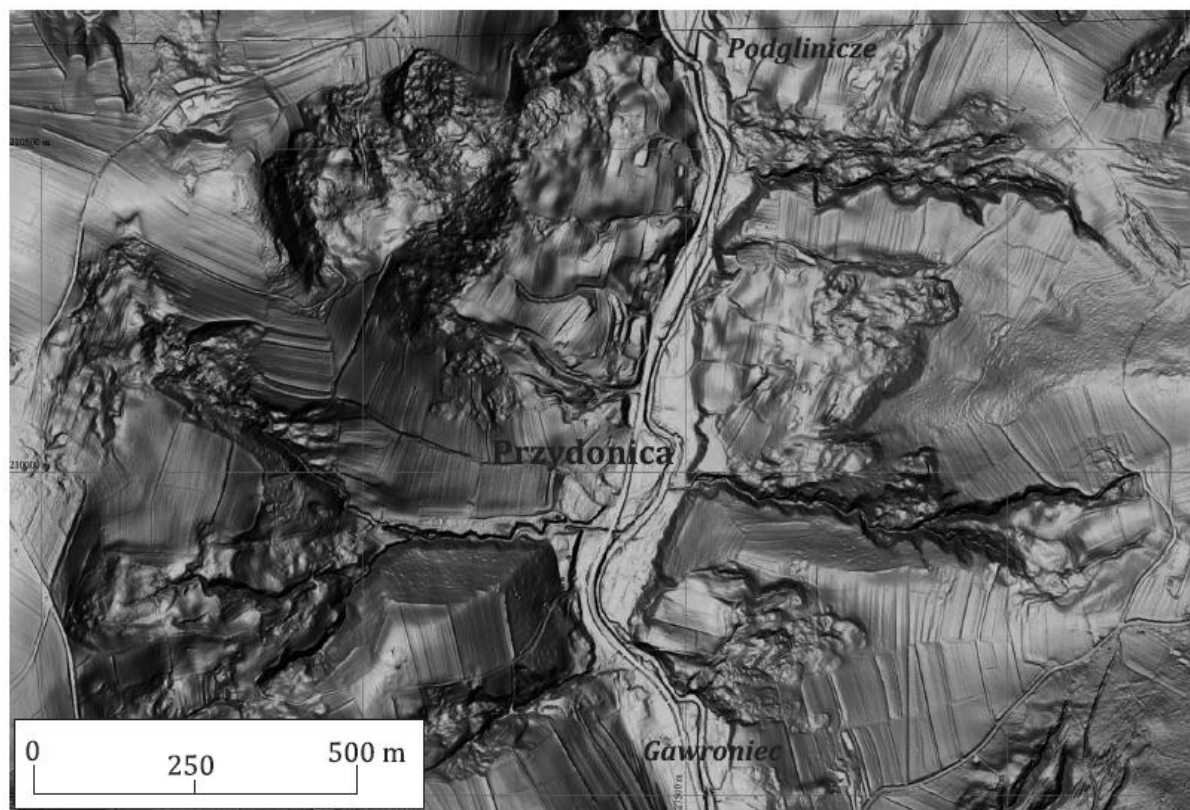
Wyraźnie widoczne jest współczesne, meandrujące koryto, starorzecza, tarasy rzeczne. Wysoczyzny wyznaczają zasięg wychodni gipsów miocentrycznych

Wojciechowski, Perski, 2014:
Badania geologiczne i geomorfologiczne
[w:] Wykorzystanie danych pochodzących z
lotniczego skaningu laserowego.
Podręcznik – w druku



Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk

Obszar rejonu Przydonicy na Pogórzu Rożnowskim, charakteryzującego się wysoką podatnością osuwiskową. Wizualizacja danych ISOK.



Wojciechowski, Perski, 2014:
**Badania geologiczne
i geomorfologiczne [w:]
Wykorzystanie danych pochodzących
z lotniczego skaningu laserowego.**
Podręcznik - nieopublikowane



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

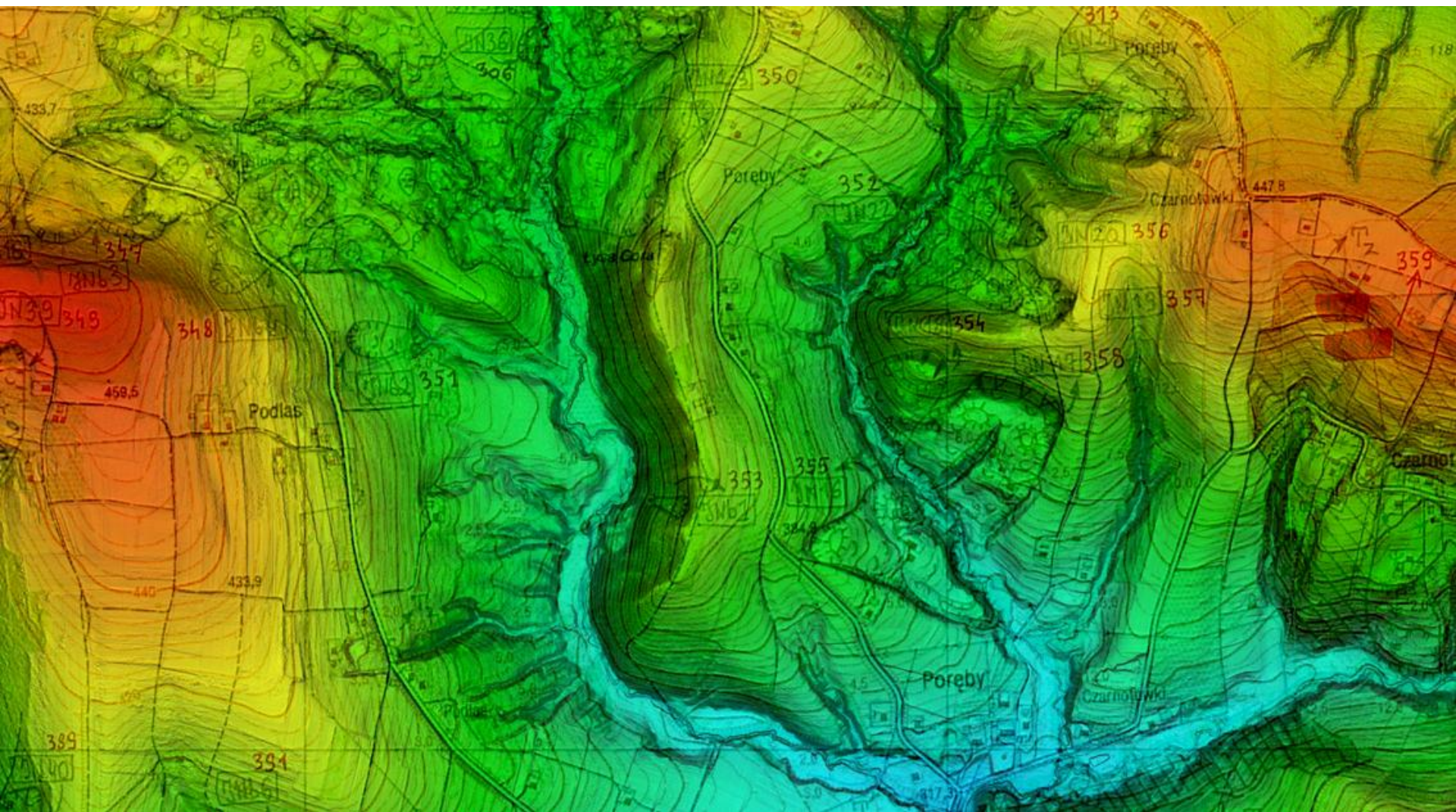
www.pgi.gov.pl

Kartografia osuwisk

J. Rubinkiewicz

Mapa terenowa → Numeryczny Model terenu (ISOK)

→ Weryfikacja

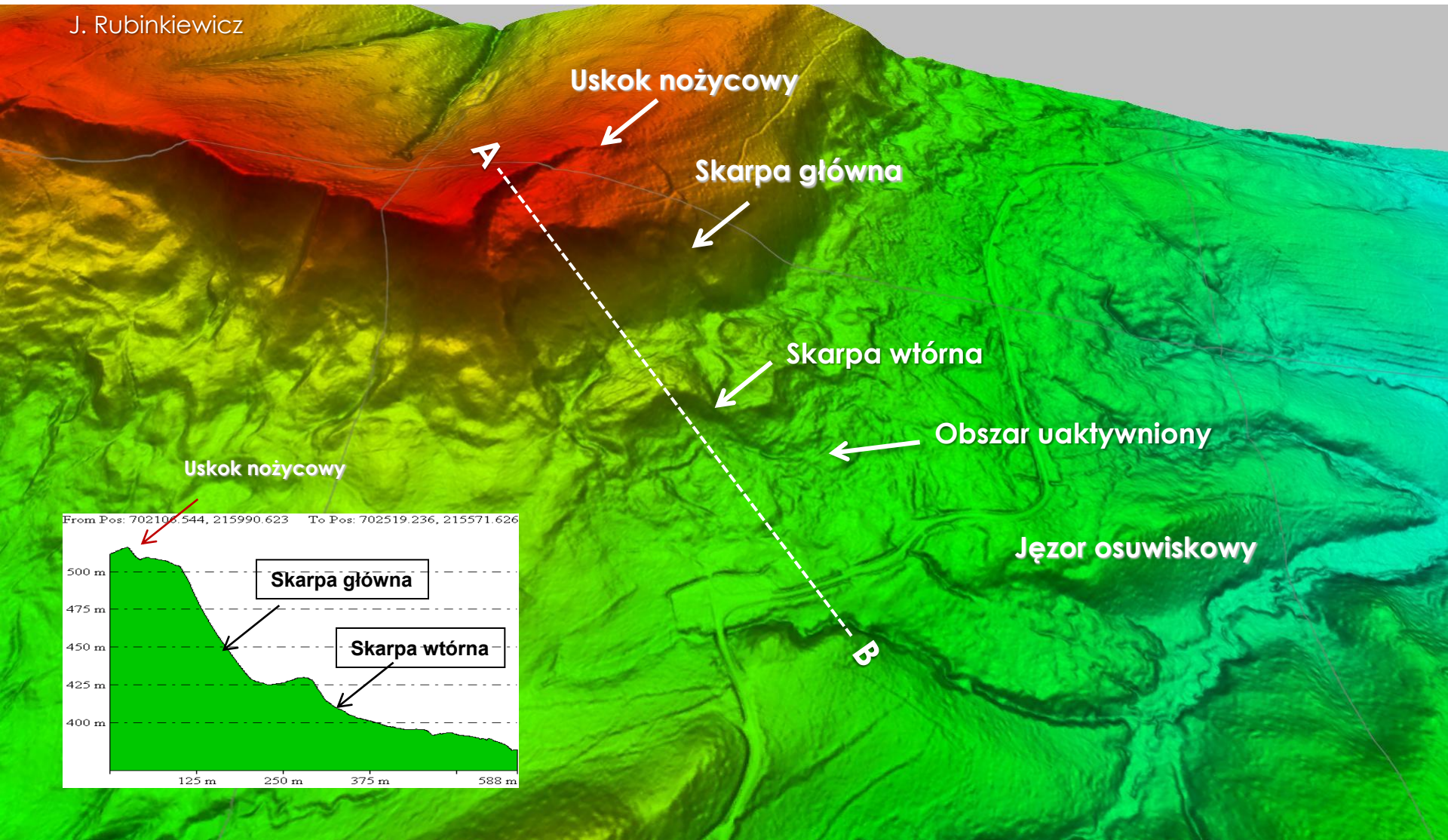


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Kartografia osuwisk

J. Rubinkiewicz

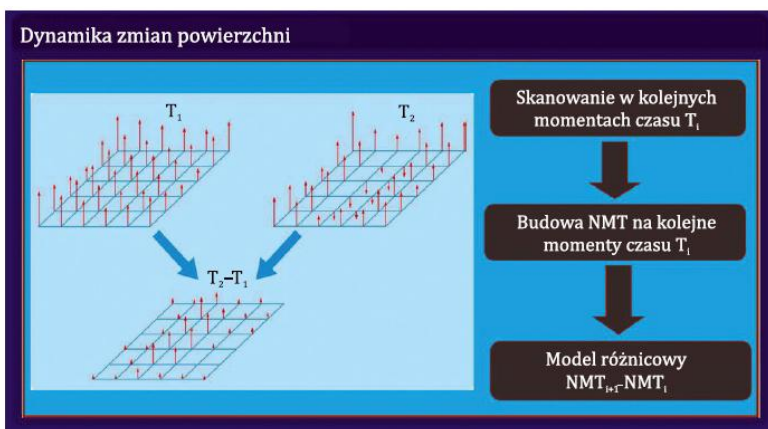


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Badanie dynamiki osuwisk

Model różnicowy obrazujący deformację powierzchni osuwiska w Szczepanowicach w okresie od lipca 2010 (zlecenie PIG-PIB) do listopada 2011 roku (ISOK).



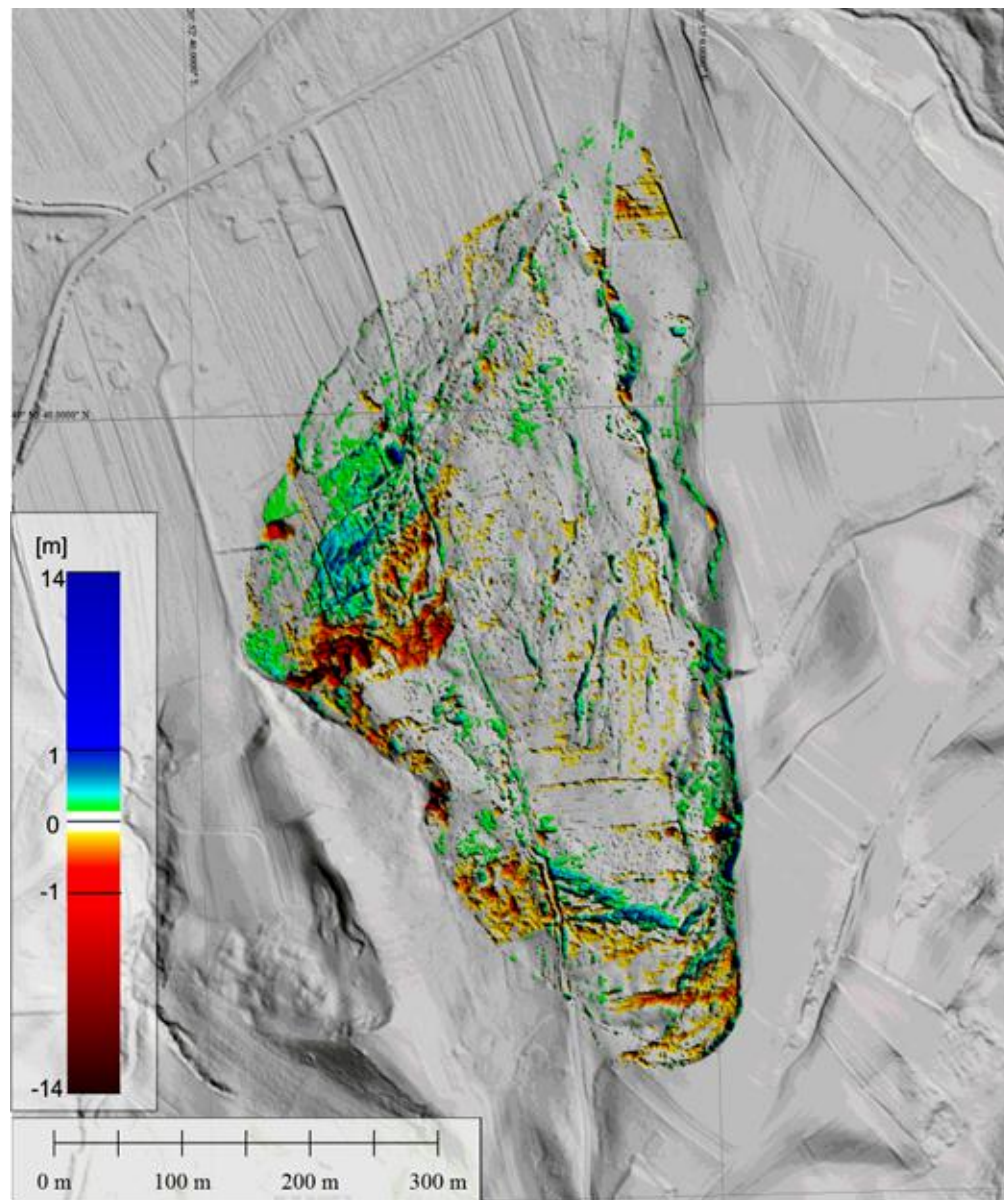
Schemat ideowy tworzenia modeli różnicowych na podstawie powtarzalnego lotniczego skanowania laserowego

(źródło: Borkowski i in., 2012)



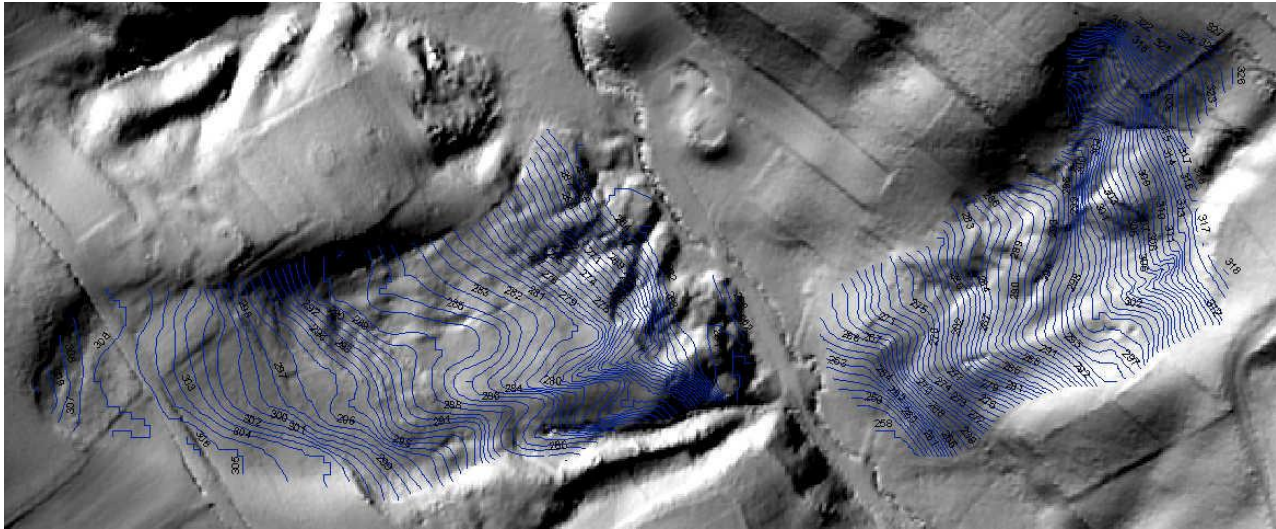
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl



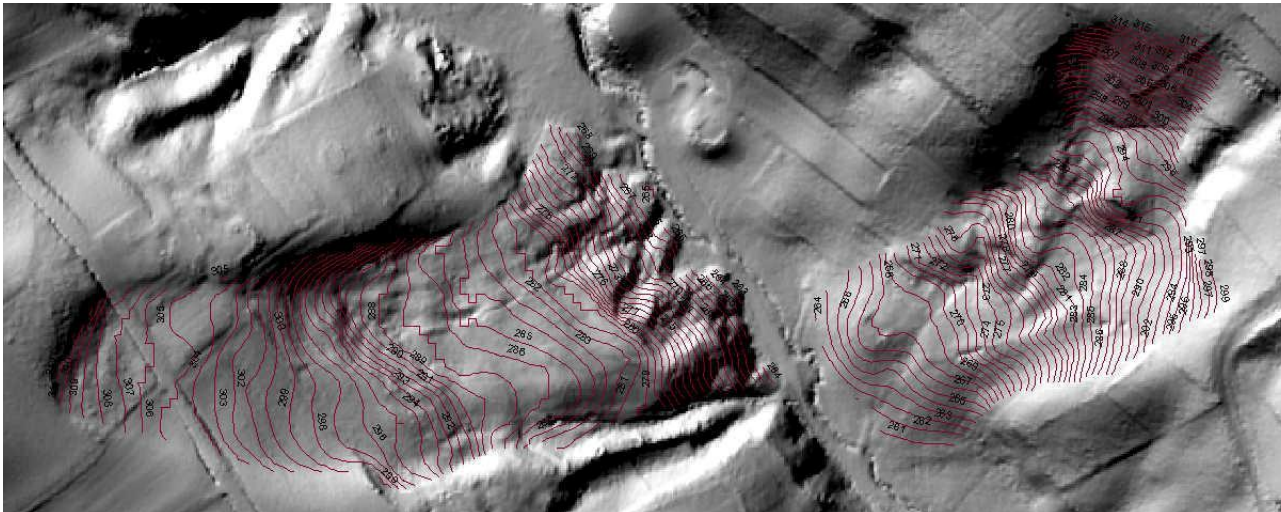
Zdjęcia lotnicze – cyfrowa fotogrametria

1965

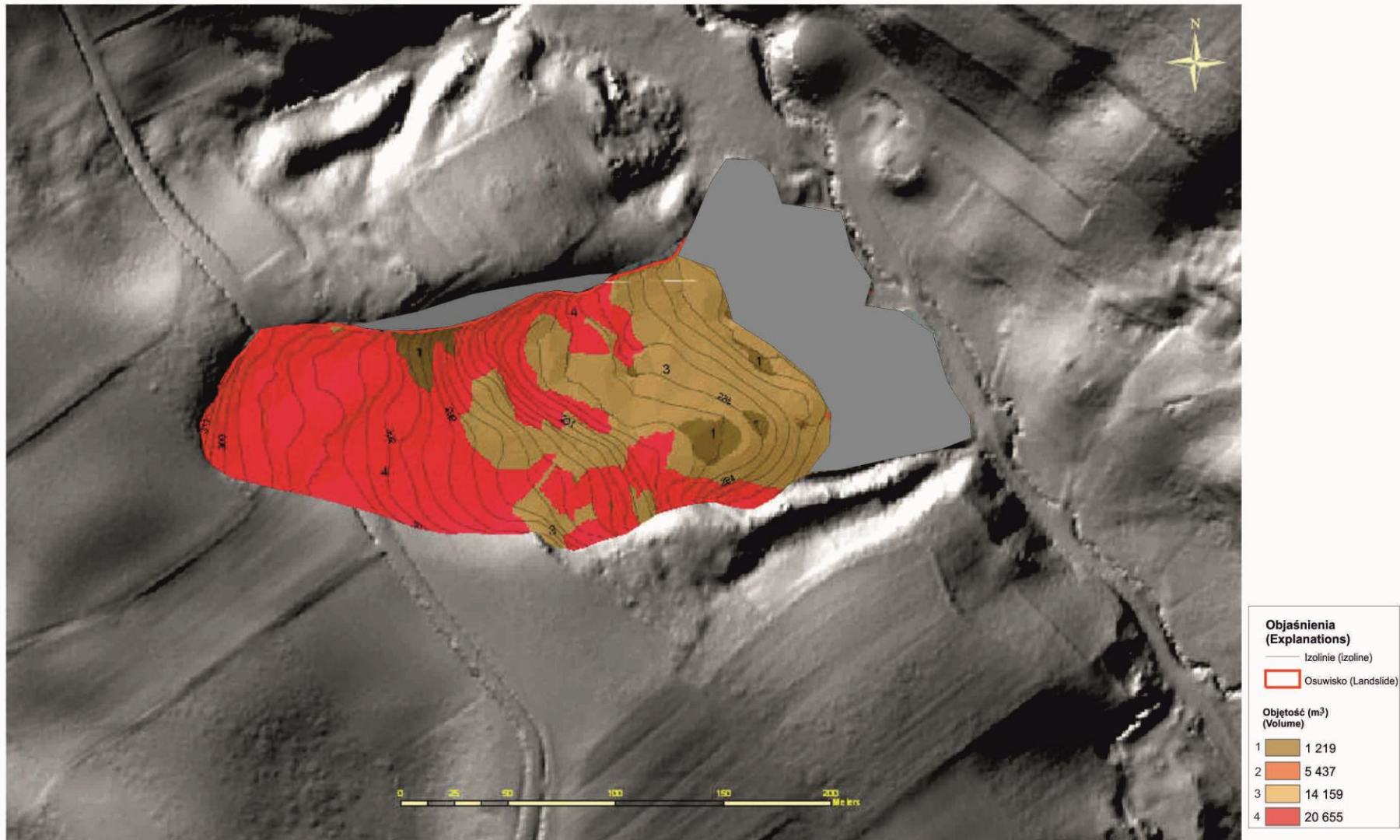


2002

Modele warstwowe



Osuwisko „Śliwnica” – Pogórze Dynowskie



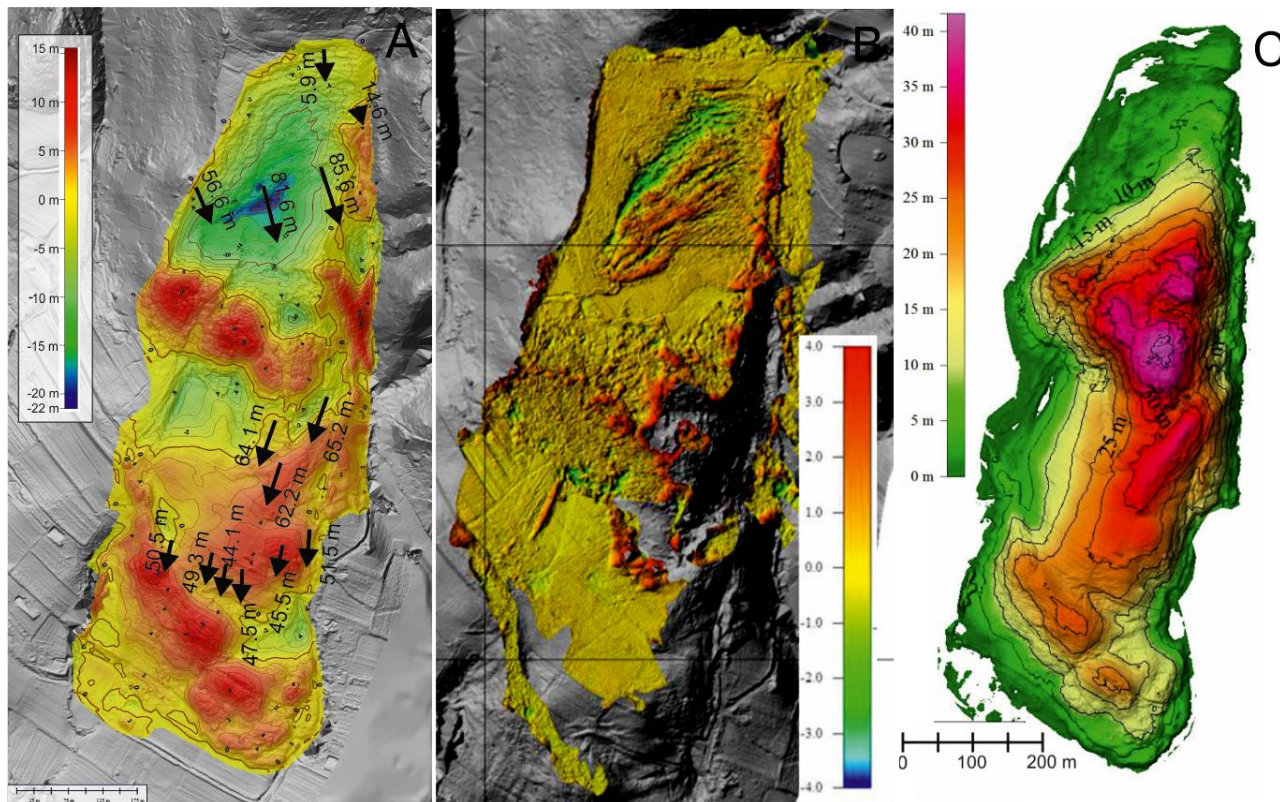
Mapa przemieszczeń mas skalnych pomiędzy 1965 i 2002 rokiem. 1,3 - akumulacja , 2, 4 - erozja.

Dynamika osuwiska w Kłodnem koło Limanowej

Tworzenie modeli różnicowych z wykorzystaniem danych fotogrametrycznych oraz naziemnego i lotniczego skaningu laserowego

A: Deformacja główna (LIDAR - LPIS) **B:** Deformacja 2010-2011 (TLS - LIDAR)

C: Mięszczość koluwiów.

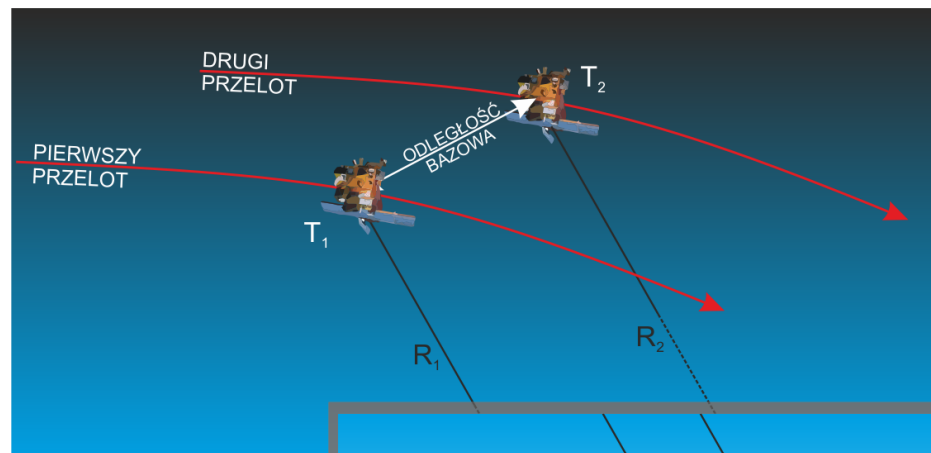


Satelitarna interferometria radarowa

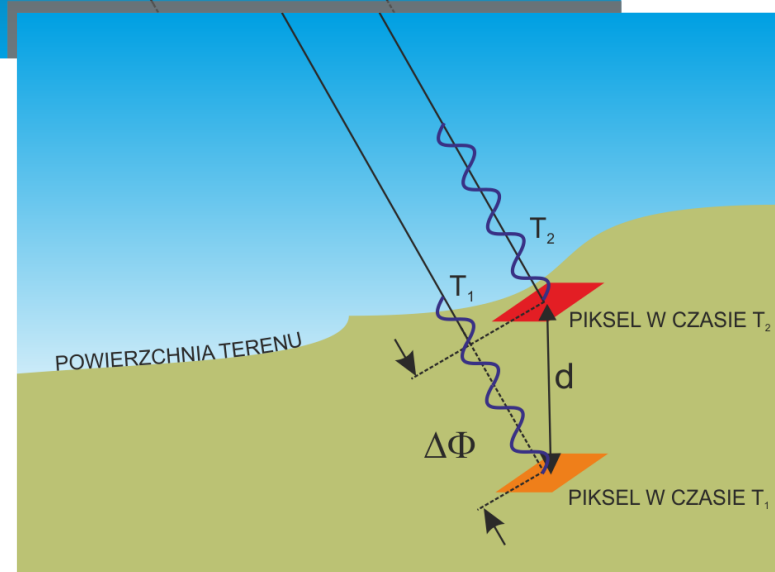
Metoda wykorzystująca wzajemne przesunięcia (różnice) fazy dwóch obrazowań SAR samego obiektu.

Baza geometryczna – różnica pozycji sensora pomiędzy obserwacjami

Baza czasowa – czas jaki upłynął pomiędzy wykonaniem obserwacji

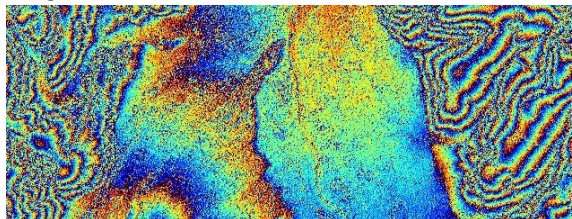


d - deformacja
 $\Delta\Phi$ – różnica fazy



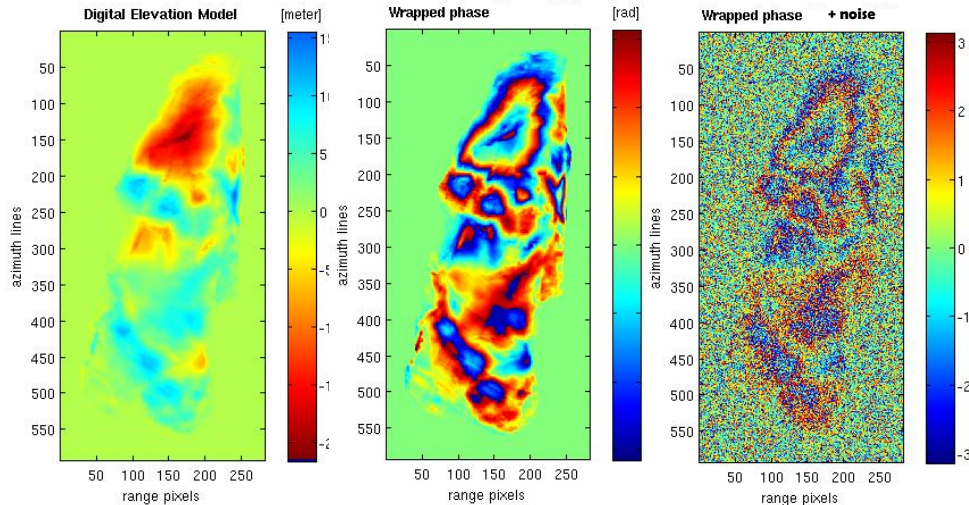
Interferogram

- Faza „zawinięta” w cykle $[-\pi, +\pi]$, liczba cykli nieznana
- Jeden „prążek” to cykl fazy 2π widoczny jako sekwencja barw



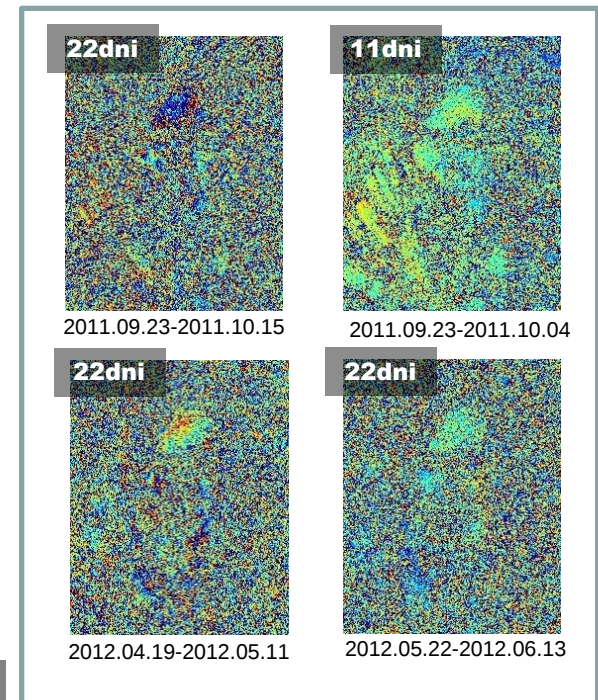
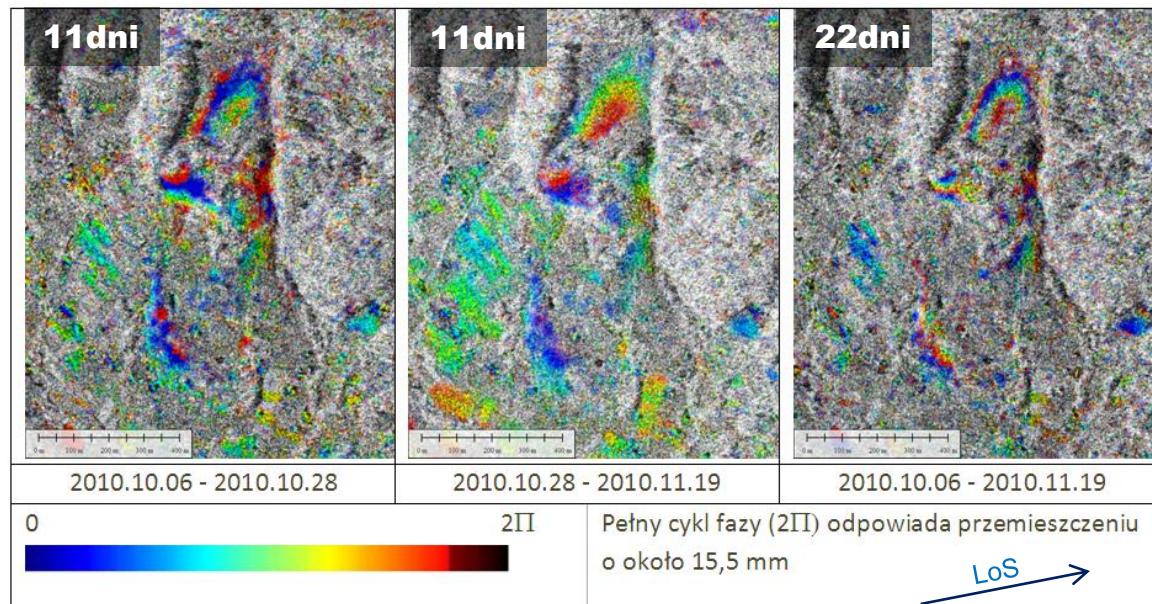
Kłódne InSAR – analiza przemieszczeń (jesień 2011)

interferogramy



Symulacja numeryczna interferogramu:
podstawa: różnicowy NMT głównego
przemieszczenia

Przykłady interferogramów z lat 2011, 2012



Maksymalne prędkości deformacji w okresie 06.10 – 19.11.2010: 0.8 mm/dobę - +0.6 mm/dobę



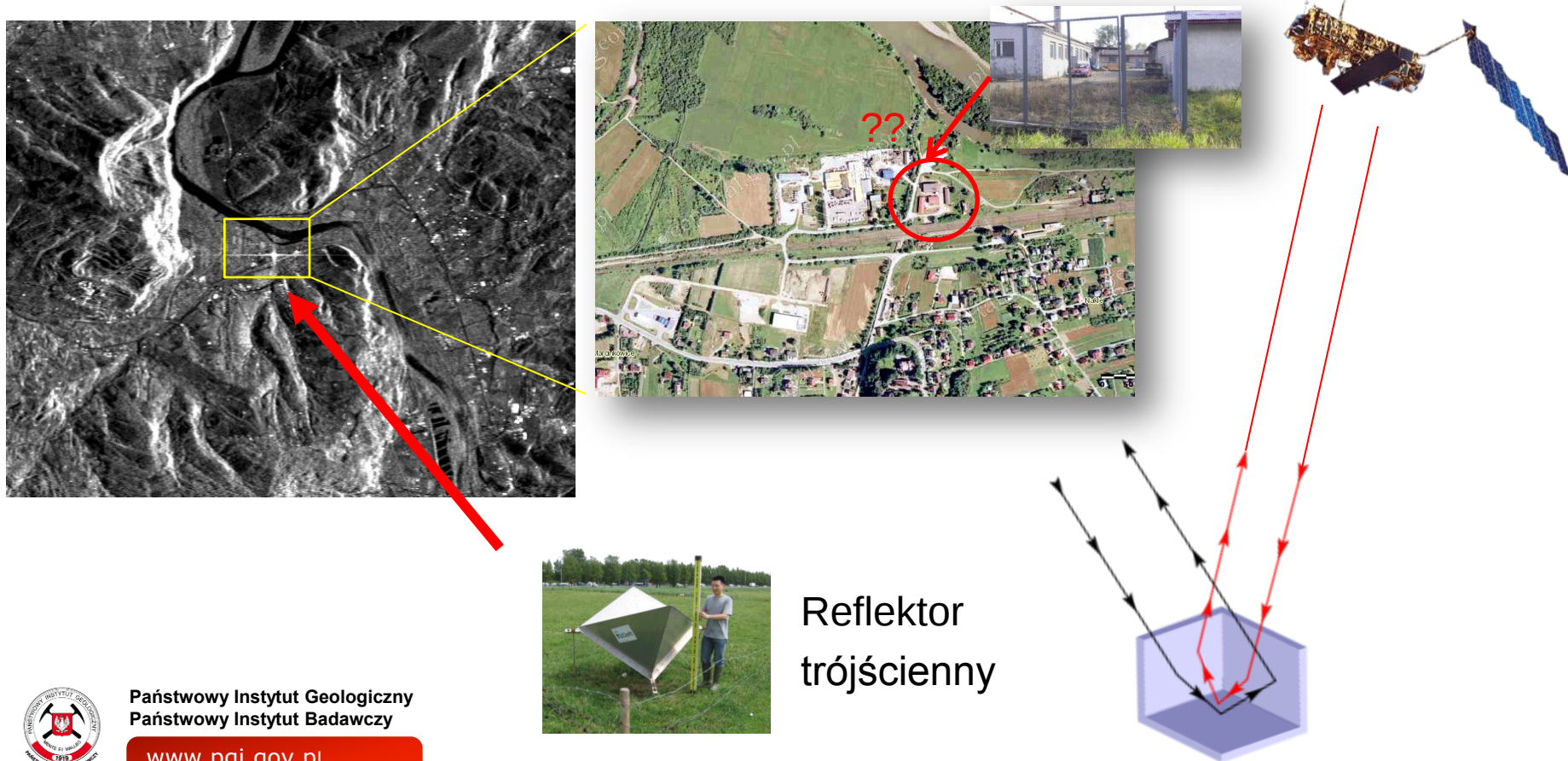
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

PSI: rozpraszacz stabilny (PS)

- Obiekt fizyczny charakteryzujący się bardzo wysokim rozpraszaniem wstecznym którego amplituda jest dominująca dla wartości piksela
- Dla obiektów tego typu, obie składowe sygnału: faza i amplituda wykazują bardzo wysoką stabilność w czasie (dla kolejnych obserwacji).

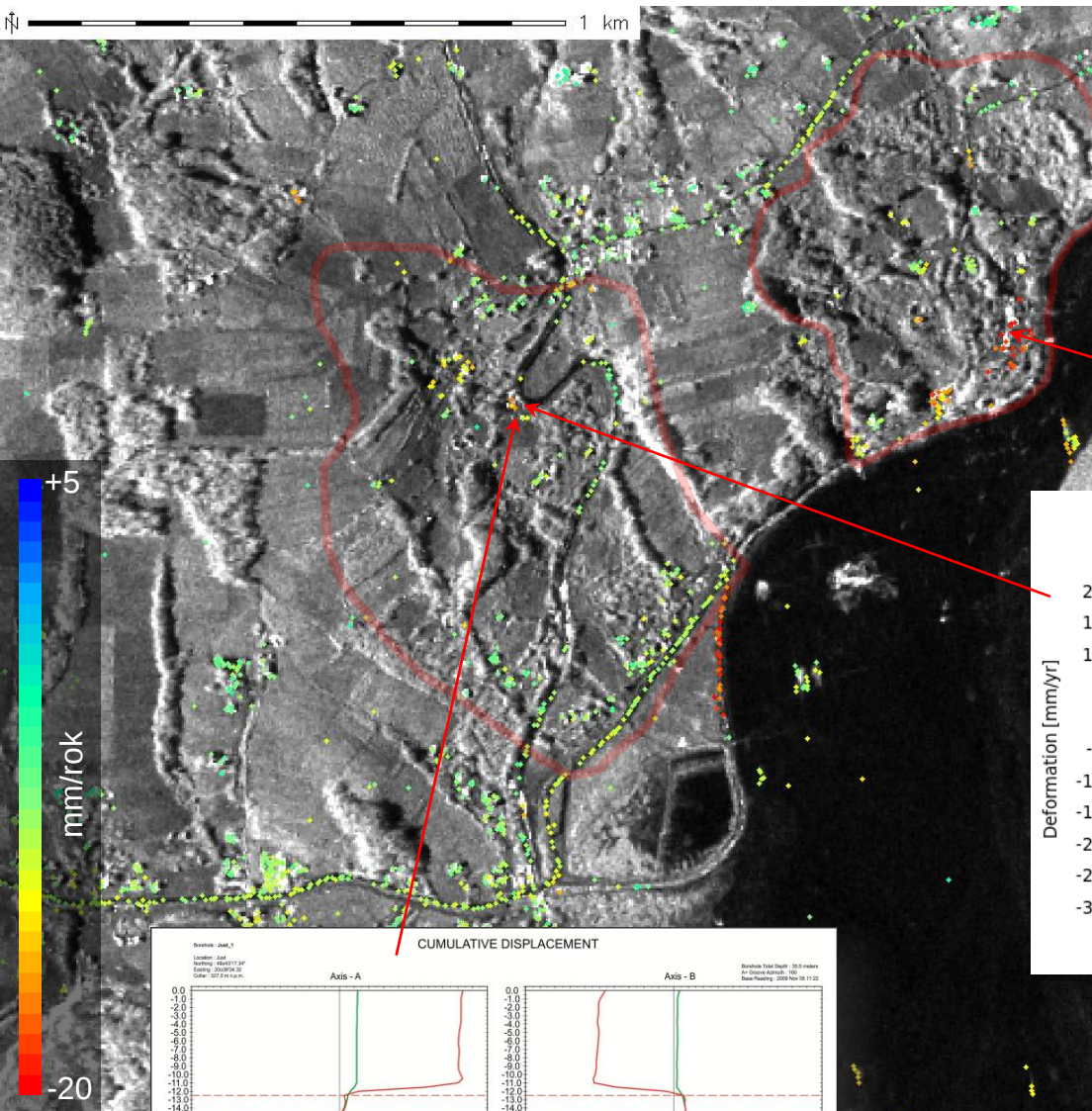
coherent targets, coherent scatterers, PS: persistent scatterers, permanent scatterers



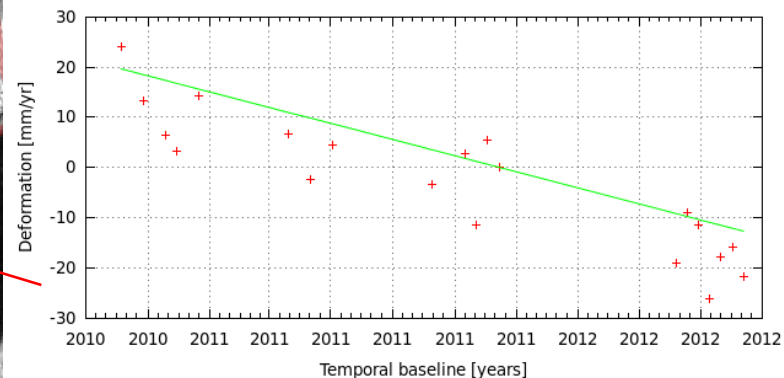
Osuwiska „Just” i „Tęgoborze” – analiza przemieszczeń metodą PSI

1 km

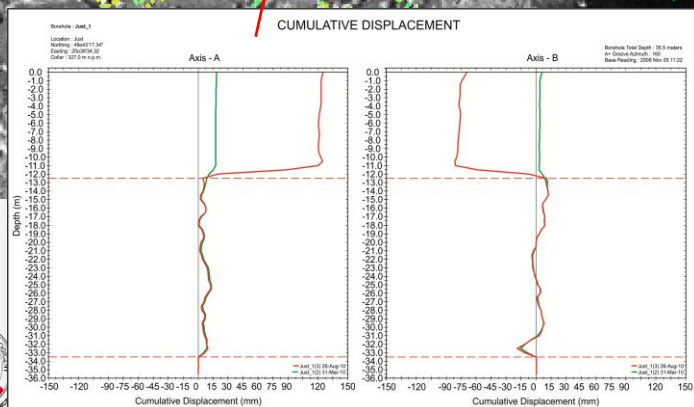
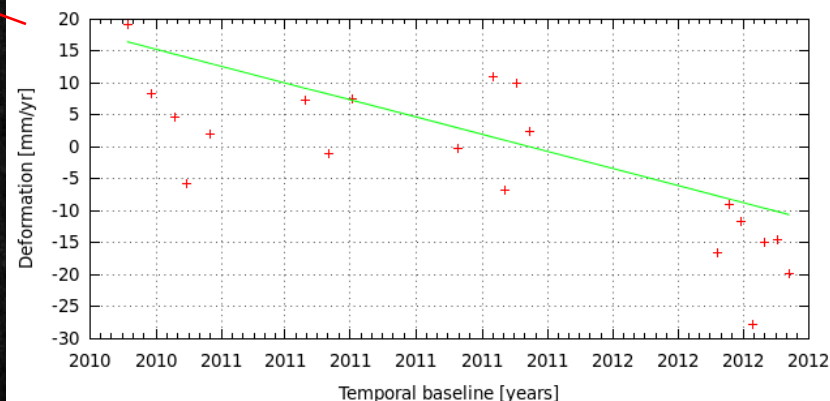
+5
mm/rok
-20



Deformation record of point no: 9019 (StaMPS processing)
x: 619077.40606061(E) y: 207459.80606061(N)
DEM error: -5.6839 [m], linear velocity: -19.1848 [mm/yr]



Deformation record of point no: 8912 (StaMPS processing)
x: 618171.32121212(E) y: 207343.95959596(N)
DEM error: -3.7919 [m], linear velocity: -16.0387 [mm/yr]



← Deformacje w otworze
inklinometrycznym



Uszkodzenia drogi
krajowej



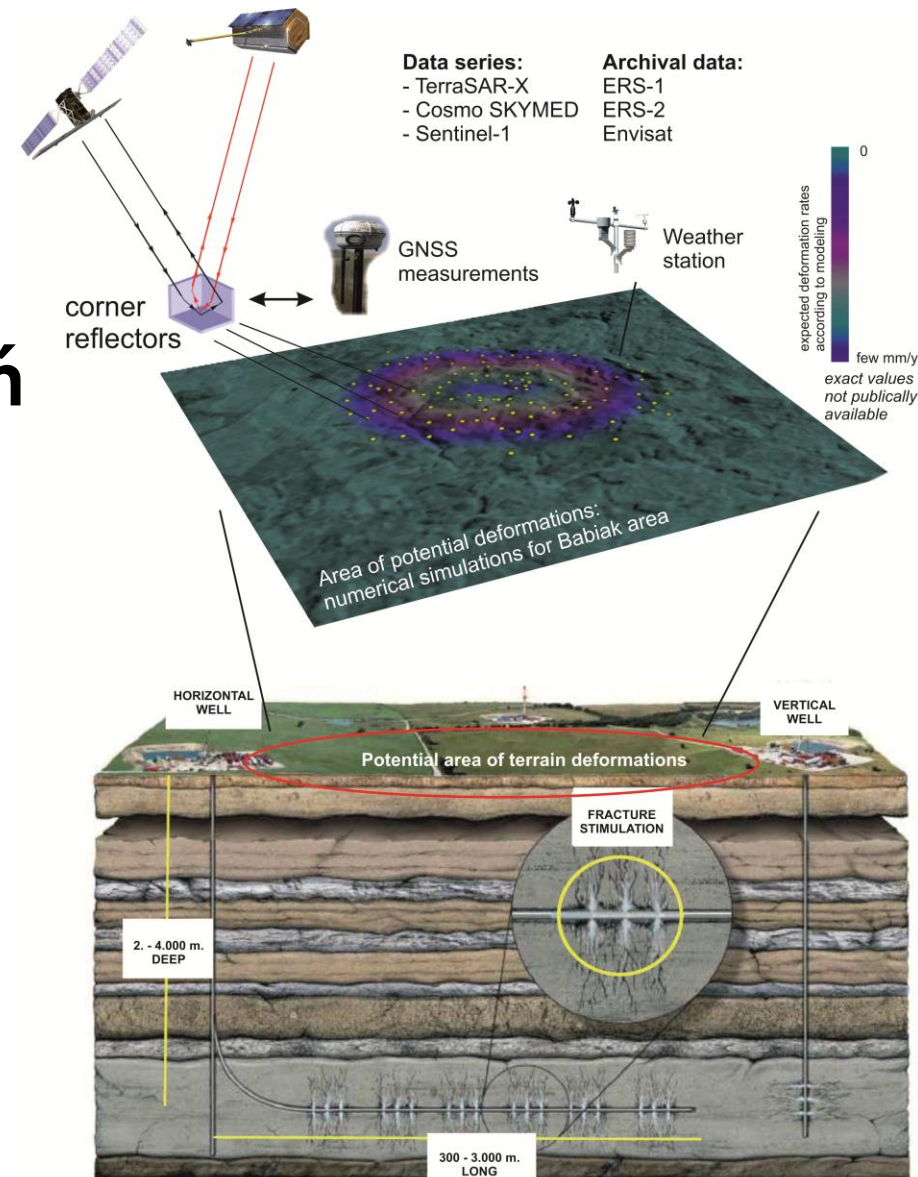
Monitoring osiadania powierzchni terenu w trzech wybranych lokalizacjach poszukiwań gazu łupkowego

Metody pomiarowe;

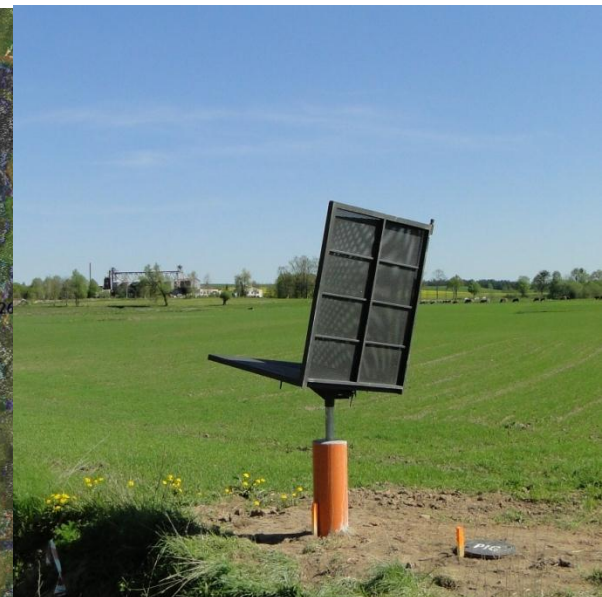
- **Insar**
- **Gnss**

Infrastruktura pomiarowa;

- **Reflektory**
- **Punkty pomiarowe**
- **Punkty referencyjne**
- **Stacje meteorologiczne**

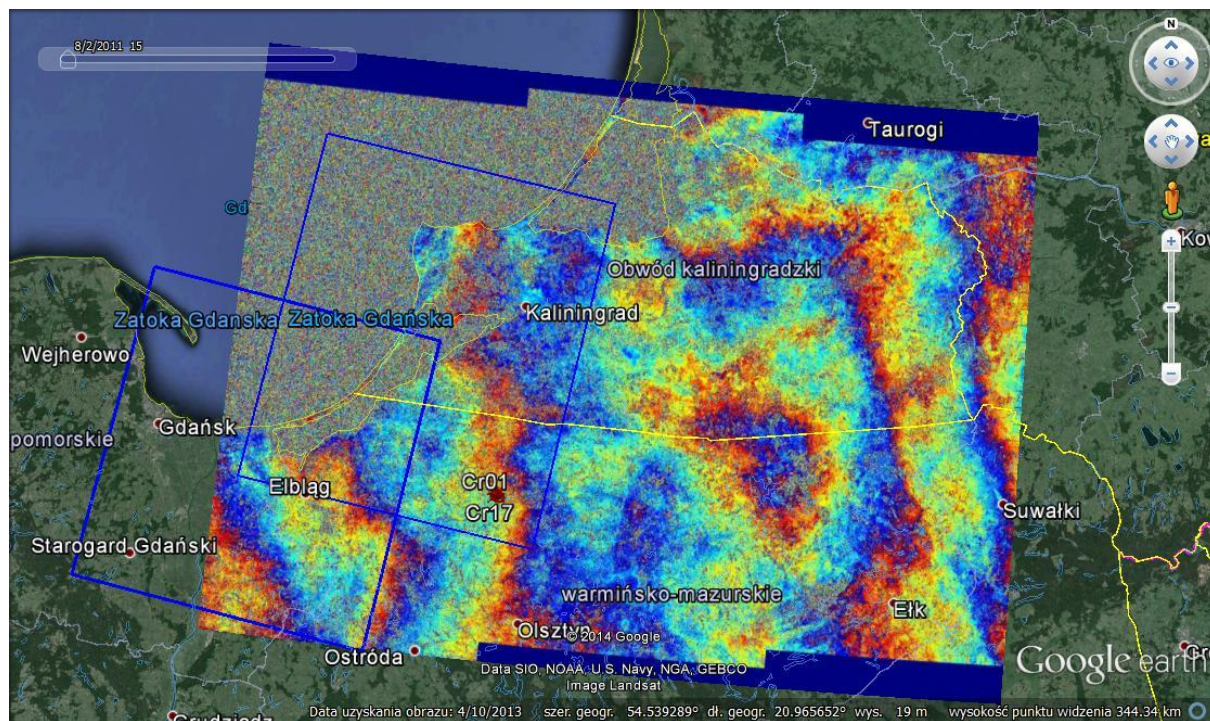


Reflektory radarowe na obrazach SAR z satelity **TerraSAR-X**



Poligon „Lewino” w ramach projektu „**Monitoring osiadania powierzchni terenu w trzech wybranych lokalizacjach poszukiwań gazu łupkowego**”

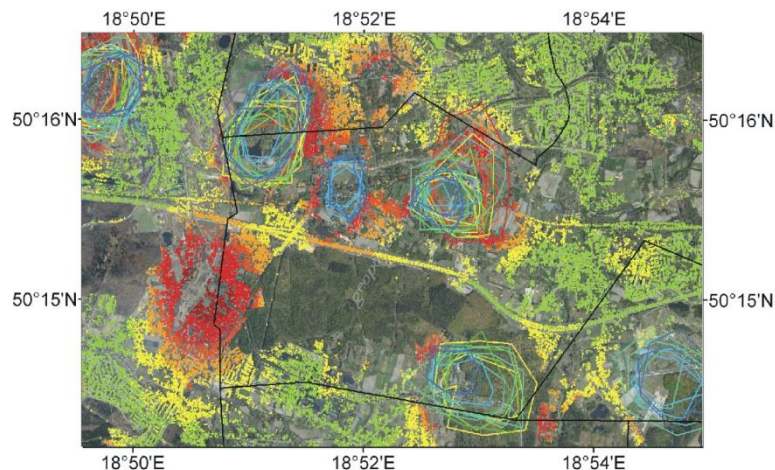
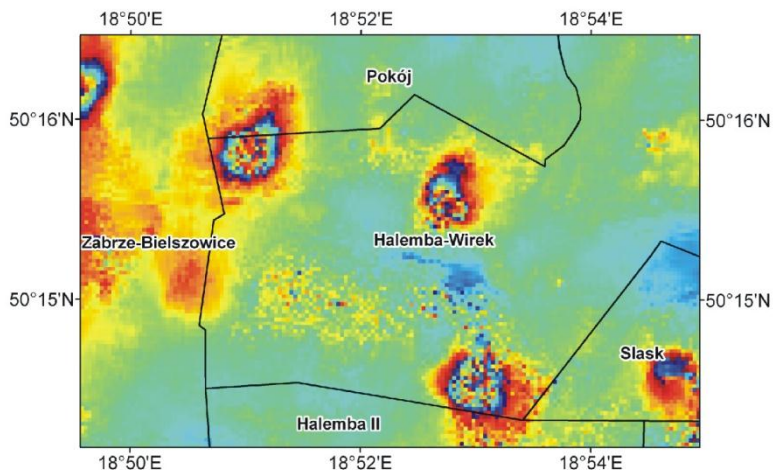
Wykorzystanie reflektorów radarowych do walidacji danych SAR rejestrowanych przez nowego satelitę **Sentinel-1** Projekt InSARap finansowany przez ESA



Pierwszy na Świecie interferogram z danych Sentinel-1 przedstawiający terytorium Polski

Zastosowanie **interferometrii SAR** do badania pogórnich deformacji terenu

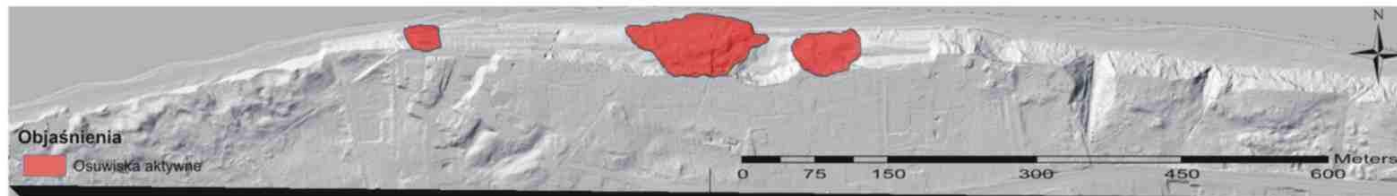
Wyniki międzynarodowego projektu DORIS
(EU-FP-7) - M. Przyłucka, M. Graniczny



Komplementarność danych interferometrycznych metody PSI oraz interferogramów. Rejon Rudy Śląskiej - Górny Śląsk. Dane z satelity TerraSAR-X

Zastosowanie metod geofizycznych - metody tomografii elektrooporowej ERT w badaniach geozagrożeń klifu Jastrzębiej Góry i osuwiska „bachledzki Wierch” w Zakopanem

M. Kamiński



Mapa aktywnych osuwisk w rejonie klifu. Obraz kartograficzny jest wynikiem badań terenowych oraz analizy danych LIDAR.

< Zdjęcie przedstawia aktywne kolumbium osuwiskowe.

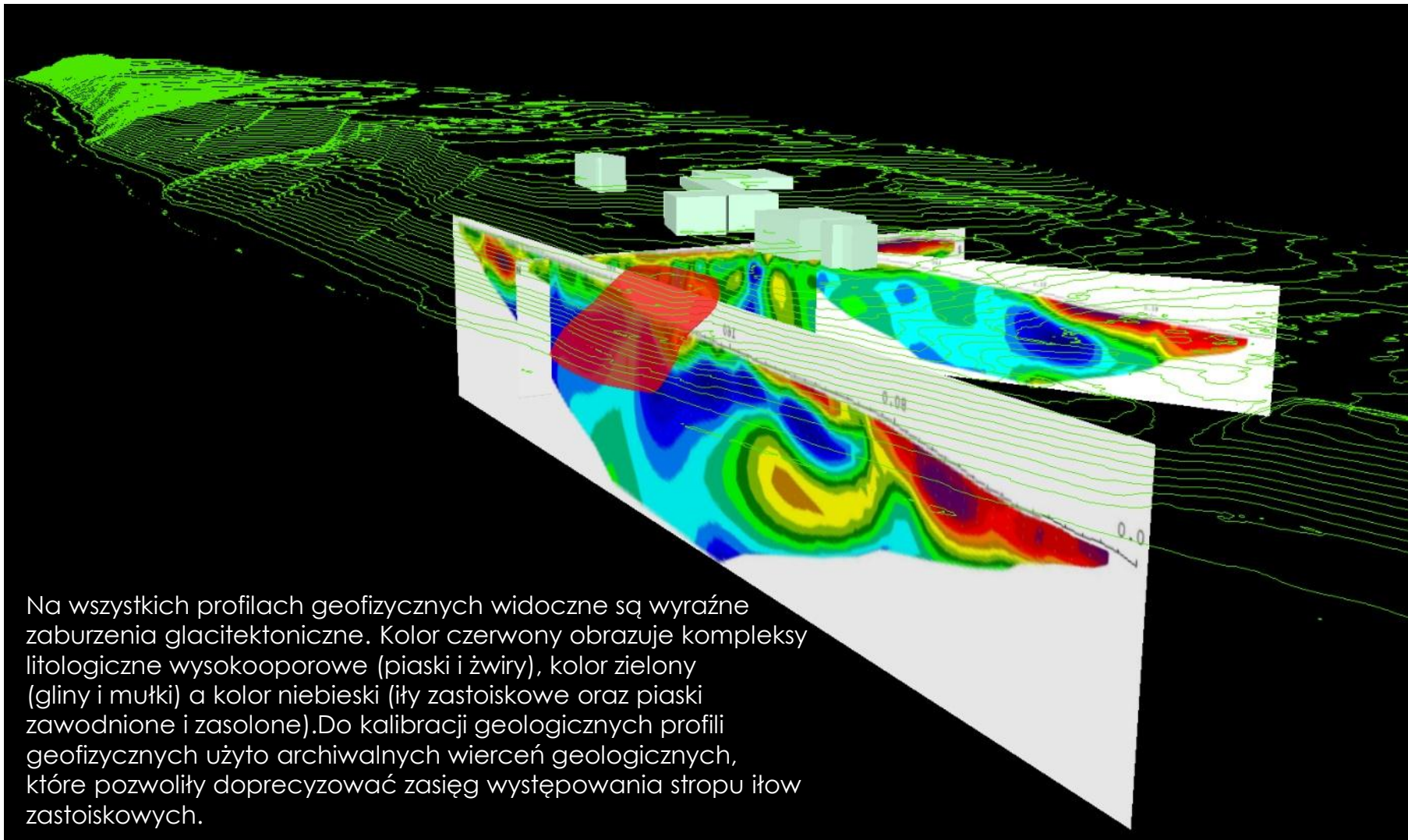
Położenie profili geofizycznych, wykonanych metodą tomografii elektrooporowej ERT (*Electrical Resistivity Tomography*)



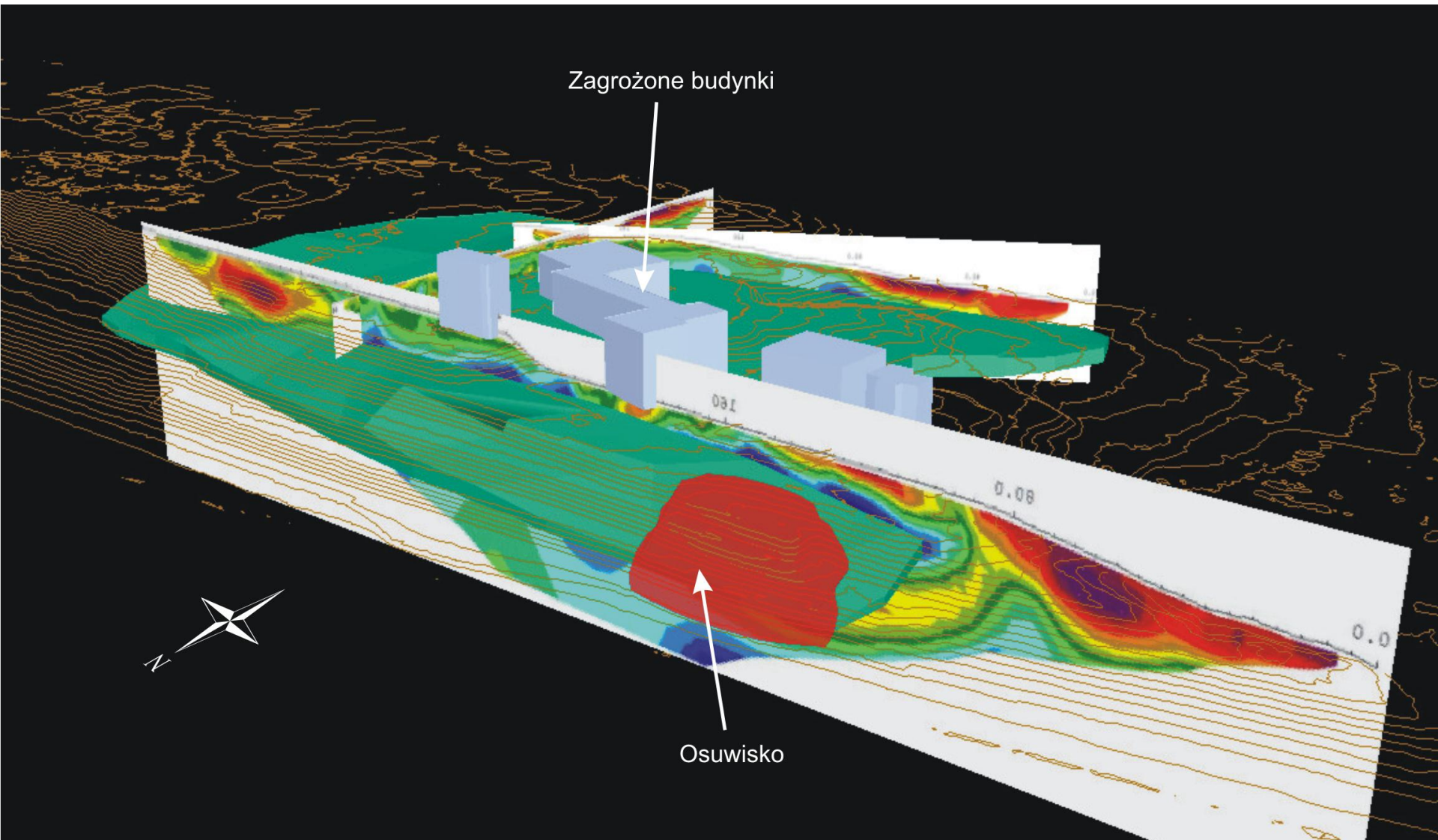
Celem badań geofizycznych było rozpoznanie stref zawodnionych oraz określenie głębokości występowania stropu iłłów zastójskich, które w tym rejonie klifu w Jastrzębiej Górze są przyczyną powstawania osuwisk.

W tym celu wykonano trzy profile geofizyczne **Jasg1**, **Jasg2** i **Jasg.4**

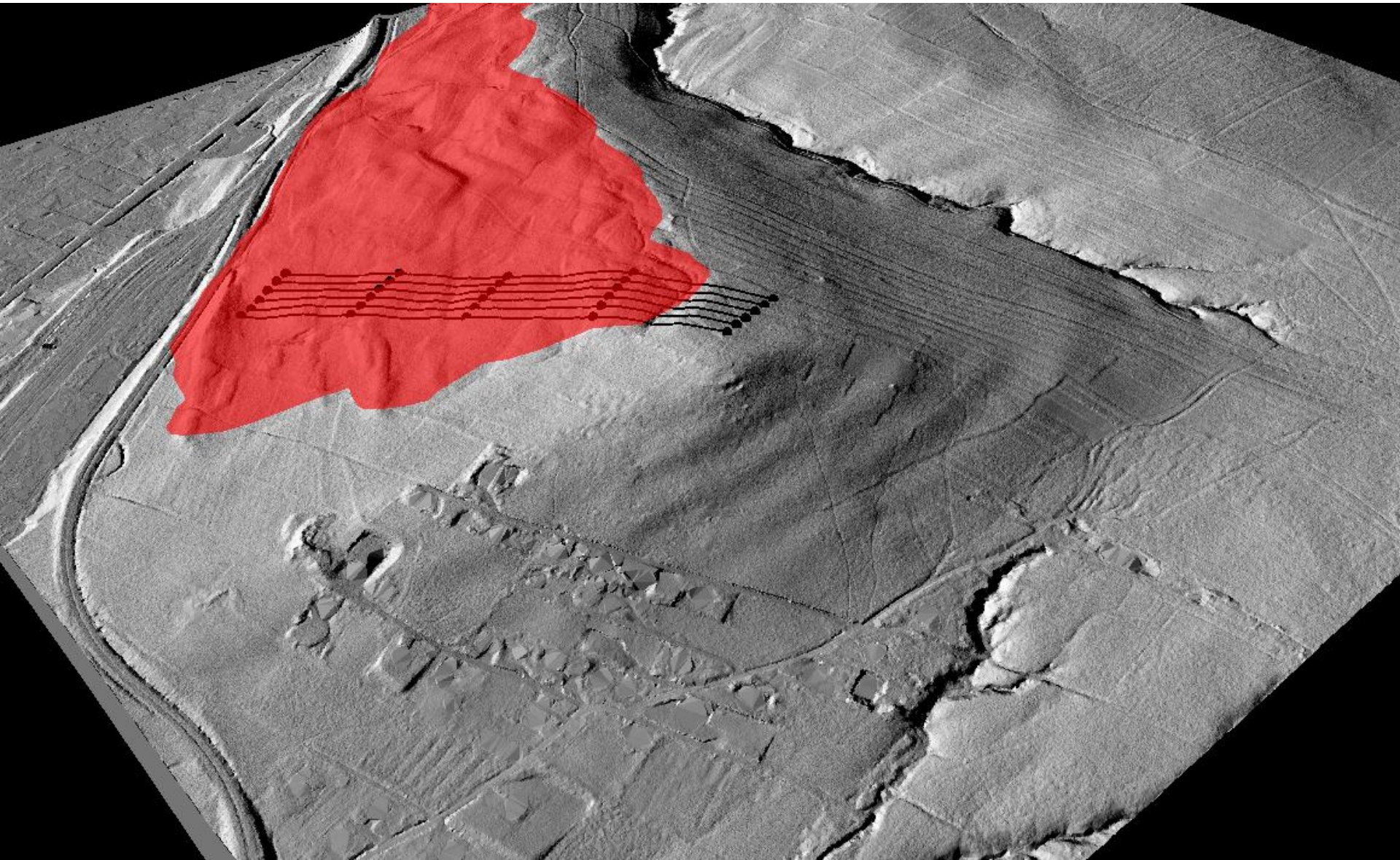
Widok przestrzenny profili geofizycznych ERT



Model geologiczny 3D łąk zastoiskowych

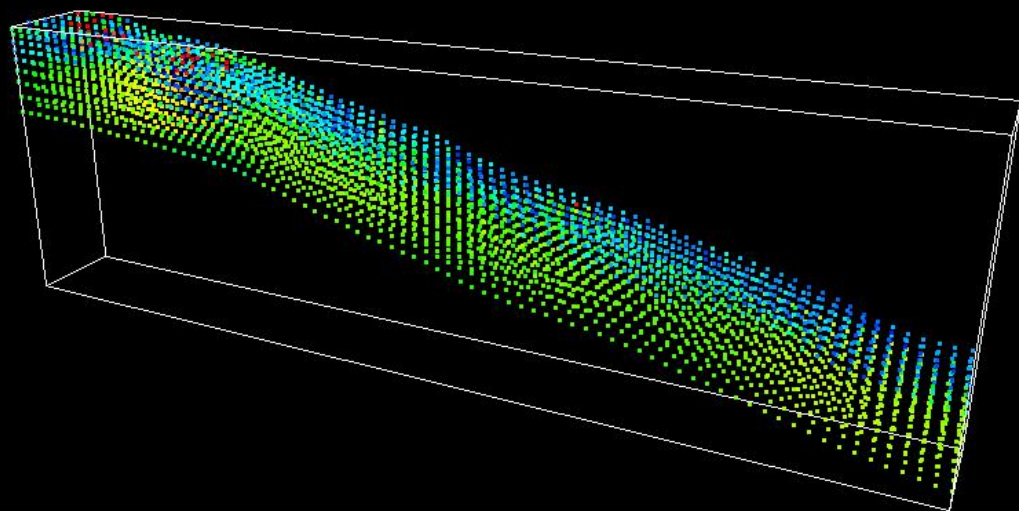


Osuwisko „Bachledzki Wierch - Zakopane



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl



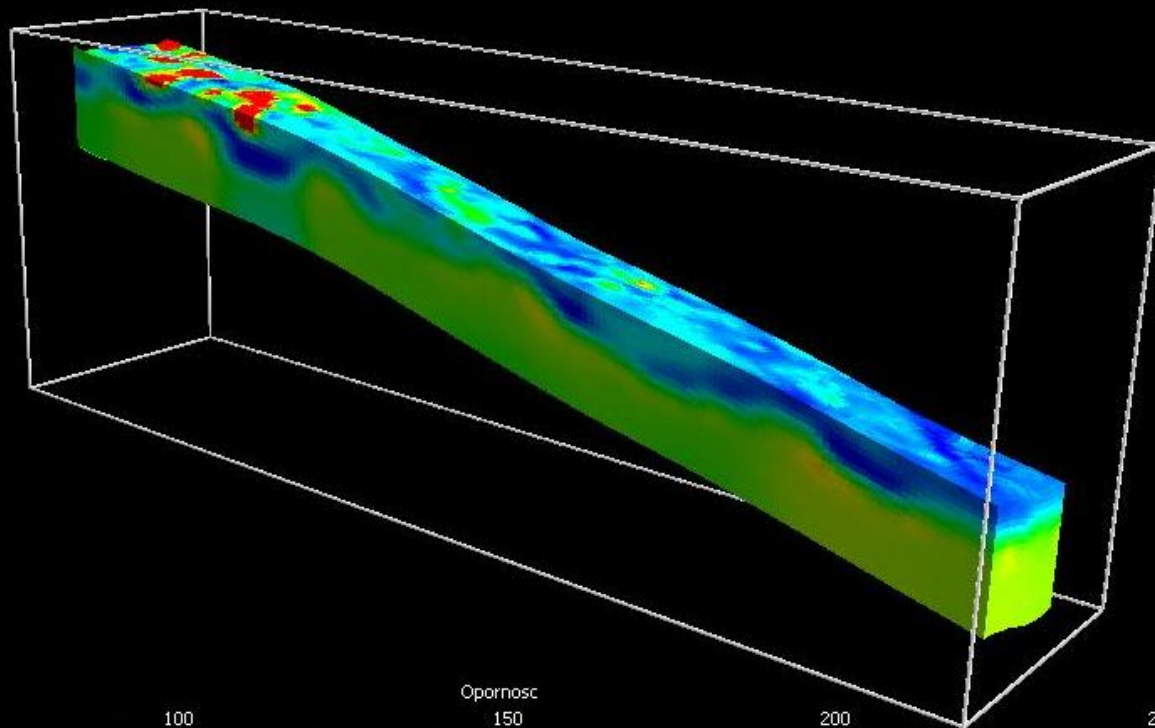
Chmura punktów



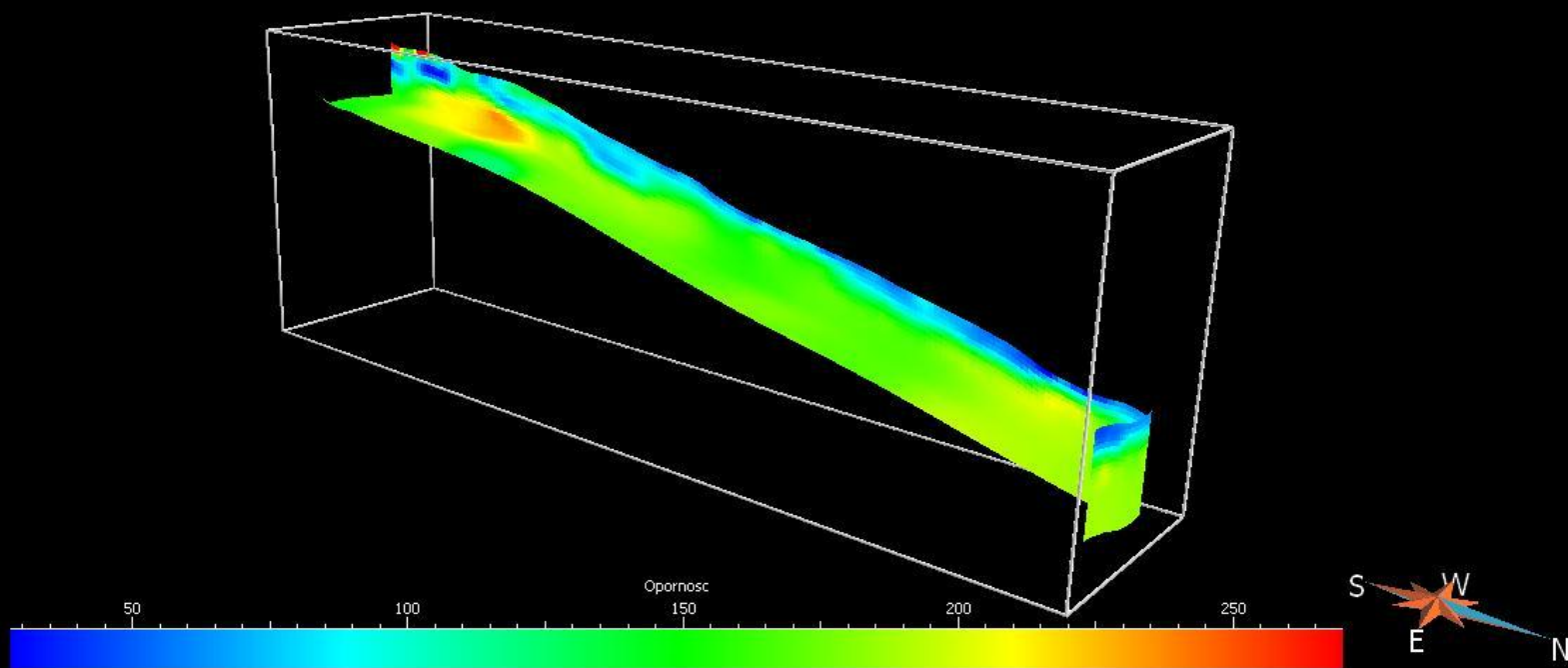
Interpolacja algorytmem
Deterministycznym DSI



Model woxelowy 3D



Przekroje przez model woxelowy 3D



Podsumowanie

- 1. Intensywny rozwój metod teledetekcyjnych stymuluje coraz częstsze ich stosowanie w pracach Państwowej Służby Geologicznej**
- 2. Wiele z prowadzonych prac ma charakter wielodyscyplinarny, na styku geologii, geodezji, geofizyki, geografii, biologii itp.**
- 3. W ramach PIG-PIB metody teledetekcyjne najintensywniej są wykorzystywane w Programie Geozagrożenia. Znalazło to swój wyraz w strukturze organizacyjnej poprzez powołanie Zespołu Teledetekcyjnego**



Dziękuję za uwagę



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl