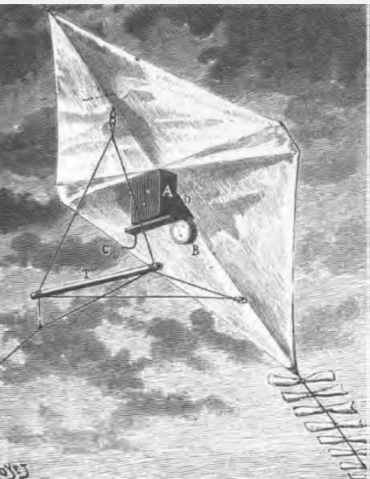




ZASTOSOWANIE BEZZAŁOGOWYCH APARATÓW LATAJĄCYCH (BAL) W KARTOWANIU I MONITORINGU OSUWISK W KARPATACH



Marek GRANICZNY¹, Zbigniew KOWALSKI¹,
Wieńczysław PLUTECKI³, Antoni WÓJCIK²

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa,

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział
Karpacki, Kraków

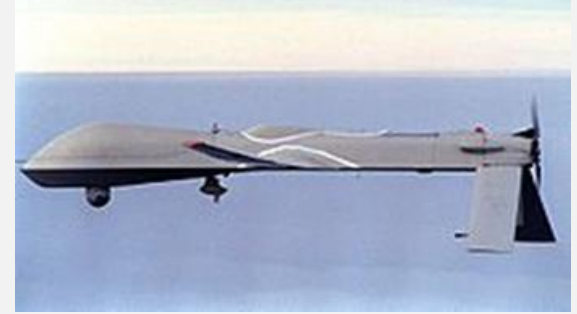
³ TAXUS SI Sp. z o.o., Warszawa.

DEFINICJA

- Bezzałogowy aparat latający (BAL)
- Bezzałogowy statek latający (unmanned aerial vehicle, UAV)
- Bezzałogowy system latający (unmanned aerial system, UAS)
- Dron - statek powietrzny

Jest to statek powietrzny, który nie wymaga do lotu załogi obecnej na pokładzie oraz nie ma możliwości zabierania pasażerów, pilotowany zdalnie lub wykonujący lot autonomicznie.





RQ-1 Predator

Klasyfikacja BAL według masy

Oznaczenie	Masa	Przykład BSP
Bardzo ciężki	>2000 kg	Global Hawk
Ciężki	200 – 2000 kg	A-160
Średni	50 – 200 kg	Raven
Lekki	5 – 50 kg	RPO Midget
Bardzo lekki	<5 kg	Dragon Eye



AVI-1

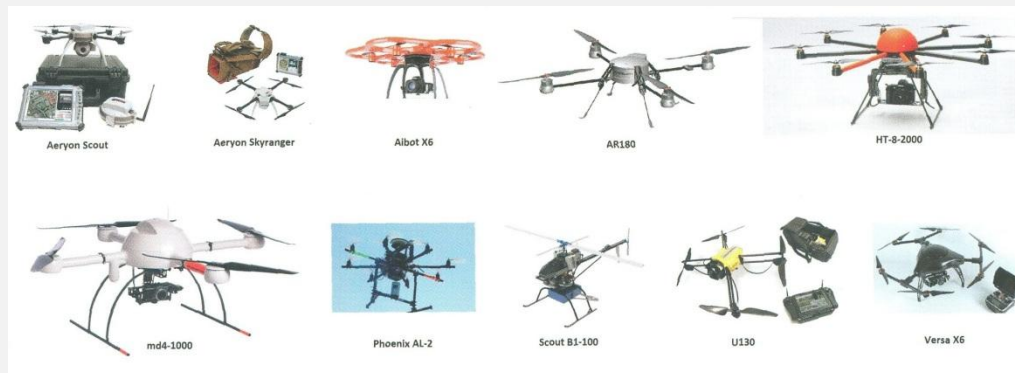


płatowce

Klasyfikacja BAL według maksymalnej wysokości n.p.m.

Kategoria	Maksymalna wysokość n.p.m .	Przykład BSP
Niska	< 1000 m	Pointer
Średnia	1000 – 10000 m	Finder
Wysoka	> 10000 m	Darkstar

koptery



ZASTOSOWANIE BAL

Wojsko i bezpieczeństwo

- Rekonesans terenowy/wywiad
- Działania ofensywne
- Monitoring/kontrola
- Wspomaganie policji
- Wspomaganie działań straży pożarnej
- Wspomaganie ratownictwa



Cywilne

- Wykonywanie zdjęć powierzchni terenu
- Pomiary geodezyjne (NMT, NMPT)
- Monitorowanie geozagrożeń/ katastrof
- Monitoring górnictwa odkrywkowego/stanu środowiska
- Monitoring stanu środowiska
- Stan pokrywy lodowej/roztopy
- Pomiary grubości warstwy ozonowej, zanieczyszczeń atmosfery, przepływ aerozoli
- Monitorowanie infrastruktury przemysłowej
- Przekazniki telekomunikacyjne
- Wspomaganie rolnictwa
- Branża nieruchomości
- ?



OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OSUWISKA W KŁODNEM

Położenie

W środkowej części Karpat , koło Limanowej,
na terenie Beskidu Wyspowego, we wschodniej
części Grzbietu Jaworza

Geologia

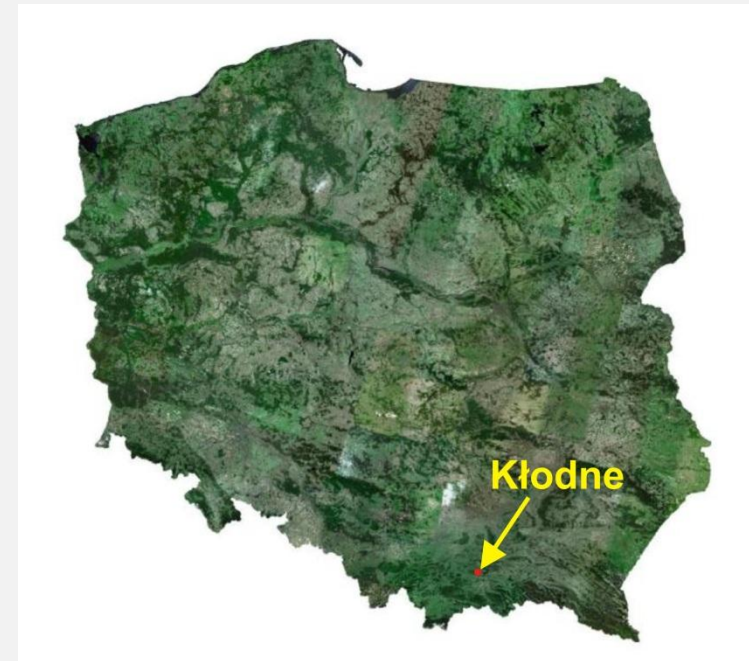
Piaskowce i łupki – warstwy magurskie – eocen – oligocen

Łupki piaskowce – warstwy hieroglifowe – eocen górny

Łupki – łupki pstre - eocen

Osuwisko obsekwentne, ruch poprzeczny do biegu warstw (skały zapadają ku północy)

Utwory poprzecinane uskokami zrzutowo – przesuwczymi o kierunku zbliżonym do południowego.



ROZWÓJ OSUWISKA W KŁODNEM

- Osuwisko w Kłodnem jest osuwiskiem nowym. Na zdjęciach lotniczych wykonanych do **2009 r.** nie stwierdzono obecności osuwiska na tym terenie, widać natomiast na nich duże osuwisko skalne położone na wschód od omawianego terenu.
- Nowe osuwisko utworzyło się po opadach w **maju 2010 r.**
- Ruchy grawitacyjne rozpoczęły się z **31 maja na 1 czerwca 2010 r.**, a ich największą intensywność obserwowano przez kilka kolejnych dni zarówno w strefie skarpy głównej, jak i w strefie czoła osuwiska.
- Nocą **1 czerwca** ruchy były już na tyle intensywne, że spowodowały uszkodzenia budynków mieszkalnych oraz zabudowań gospodarczych, w efekcie czego konieczne okazało się wykwaterowanie mieszkańców. W ciągu następnego dnia całkowitemu zniszczeniu uległo 17 budynków.
- Przemieszczenia mas skalnych w górnej części osuwiska w pierwszych dniach ruchu wyniosły od kilku do ponad 50 m. Do **końca 2010 r.** przemieszczenia poziome wyniosły co najmniej 80 m, obniżenia pionowe poniżej skarpy głównej – ok. 20 m, a wypiętrzenia w dolnej części jezora osuwiska – 8 m



WYMIARY I MORFOLOGIA OSUWISKA

Powierzchnia – 51 ha

Długość – 1050 m

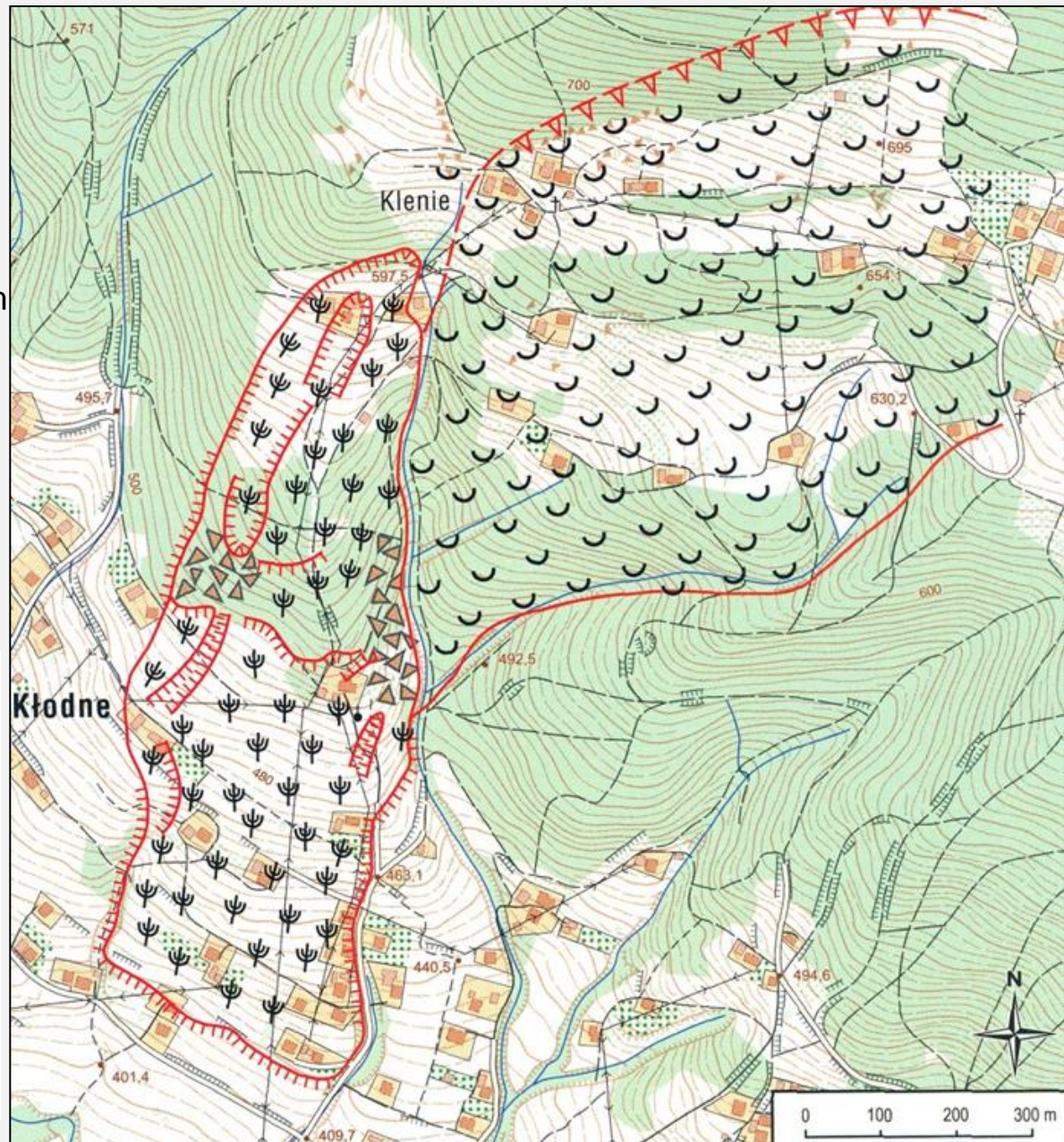
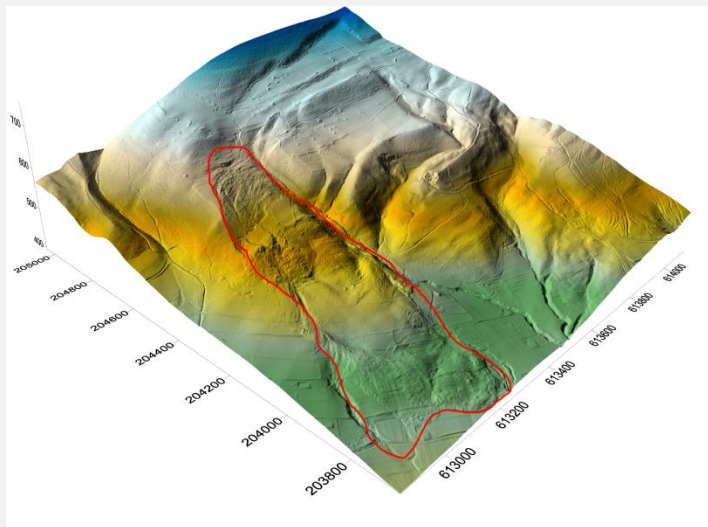
Szerokość – 460 m

Wysokość maksymalna 597 – 610 m n.p.m.

Wysokość minimalna 410 m n.p.m.

Średnie nachylenie 18°

Azymut ruchu osuwiska 185°



ZNISZCZENIA W KŁODNEM

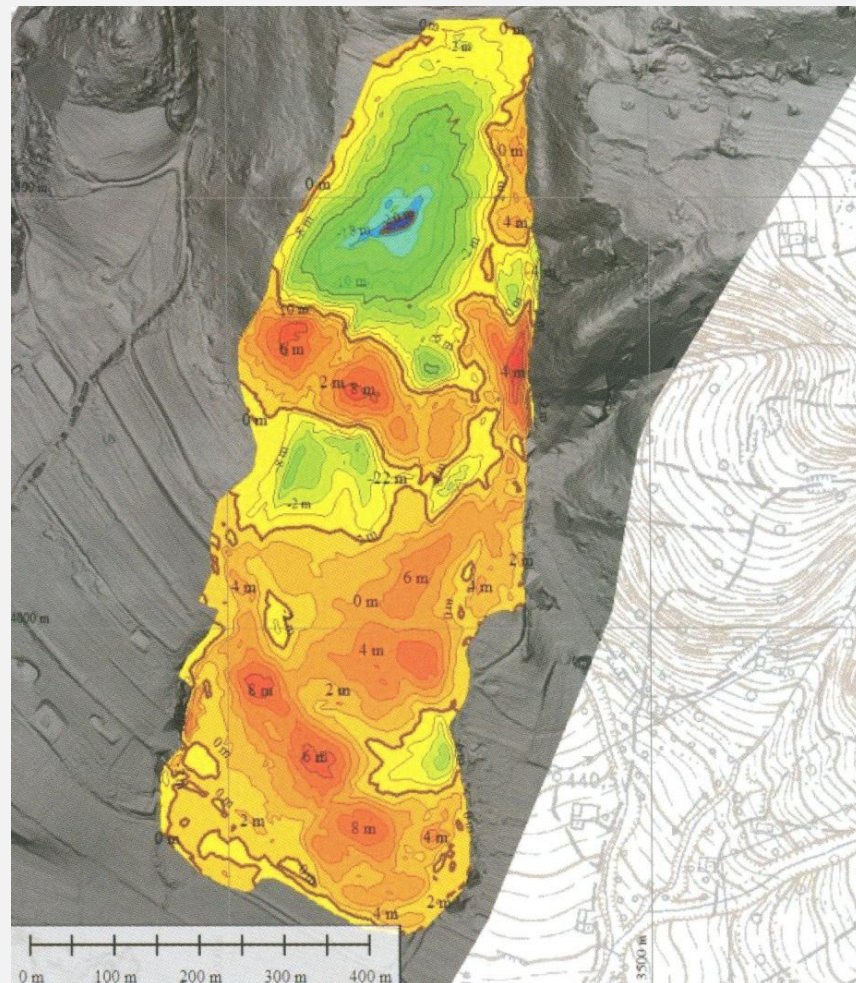


BADANIA NA OSUWISKU W KŁODNEM

Na osuwisku w Kłodnem PIG-PIB przeprowadził szereg badań , wykorzystując między innymi:

- pomiary GPS,
- panchromatyczne zdjęcia lotnicze
- lotniczy skaning laserowy (ALS),

Wyniki badań potwierdziły mobilność osuwiska oraz umożliwiły wykonanie map przemieszczeń pionowych w okresie od czerwca do lipca 2010 r.



Mapa przemieszczeń pionowych na podstawie porównania modeli terenu: fotogrametrycznego i ALS w okresie 01.06 - 02.07.2010 (A. Wójcik, Z. Perski, T. Wojciechowski)

Podstawowe elementy systemu



Model samolotu AVI – 1

- konstrukcja kompozytowa
- pełna mechanizacja płata
- napęd elektryczny
- udźwig: 2 aparaty kompaktowe lub 1 lustrzanka
- długotrwałość lotu – ok. 1 godzina,
- obszar pojedynczego nalotu: kilka km²
- rozpiętość 3.5 m
- wyposażony w autopilot

TAXUS•SI



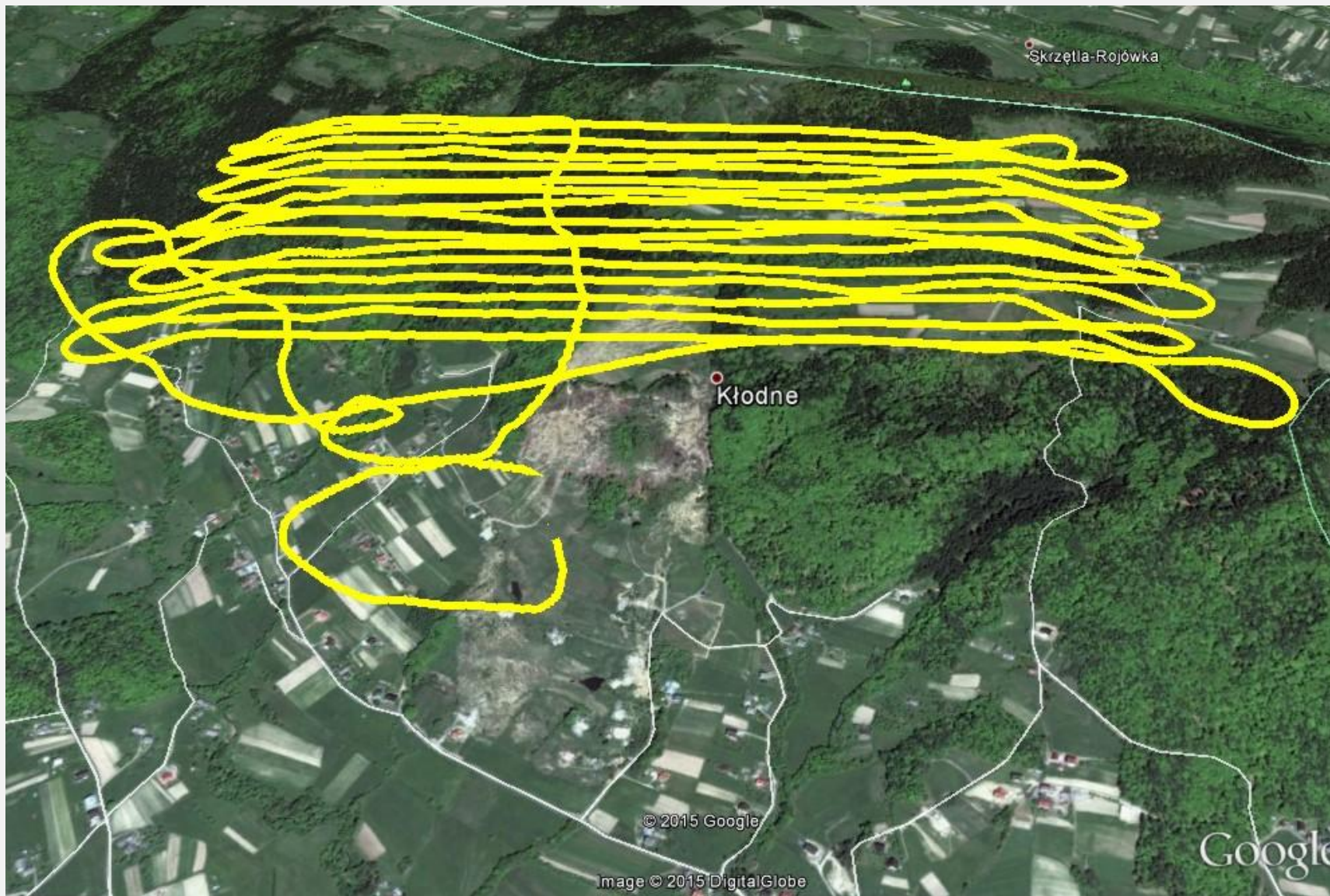
NALOTY BAL W KŁODNEM

- Eksperymentalne loty z wykorzystaniem bezzałogowego aparatu latającego **AVI-1**, udostępnionego Państwowemu Instytutowi Geologicznemu – Państwowemu Instytutowi Badawczemu przez firmę TAXUS SI, wykonano **2 sierpnia 2011** r., rok po katastrofalnych wydarzeniach.
- Lot fotogrametryczny odbył się w rejonie osuwiska w Kłodnem o powierzchni **1,2 km²**. Przed nalotem fotogrametrycznym zasygnalizowano w terenie kilkanaście fotopunktów (**GCP**). Współrzędne fotopunktów (XYZ) pomierzono przy pomocy geodezyjnych odbiorników GNSS.

Nalot fotogrametryczny trwał około **0,5 godziny**. Łącznie zostało wykonanych **150 pionowych zdjęć**, zrobionych z wysokości 250–400 m nad osuwiskiem. Pokrycie podłużne zdjęć wynosiło 80%, a pokrycie poprzeczne 60%.

- Do opracowania ortomozaiki oraz numerycznego modelu terenu wykorzystano oprogramowanie szwajcarskiej firmy **pix4D**. Po wykonaniu aerotriangulacji uzyskano **ortomozaikę** o terenowej wielkości piksela (GSD) 15 cm a metodą fotogrametryczną **numeryczny model pokrycia terenu (NMPT)**.





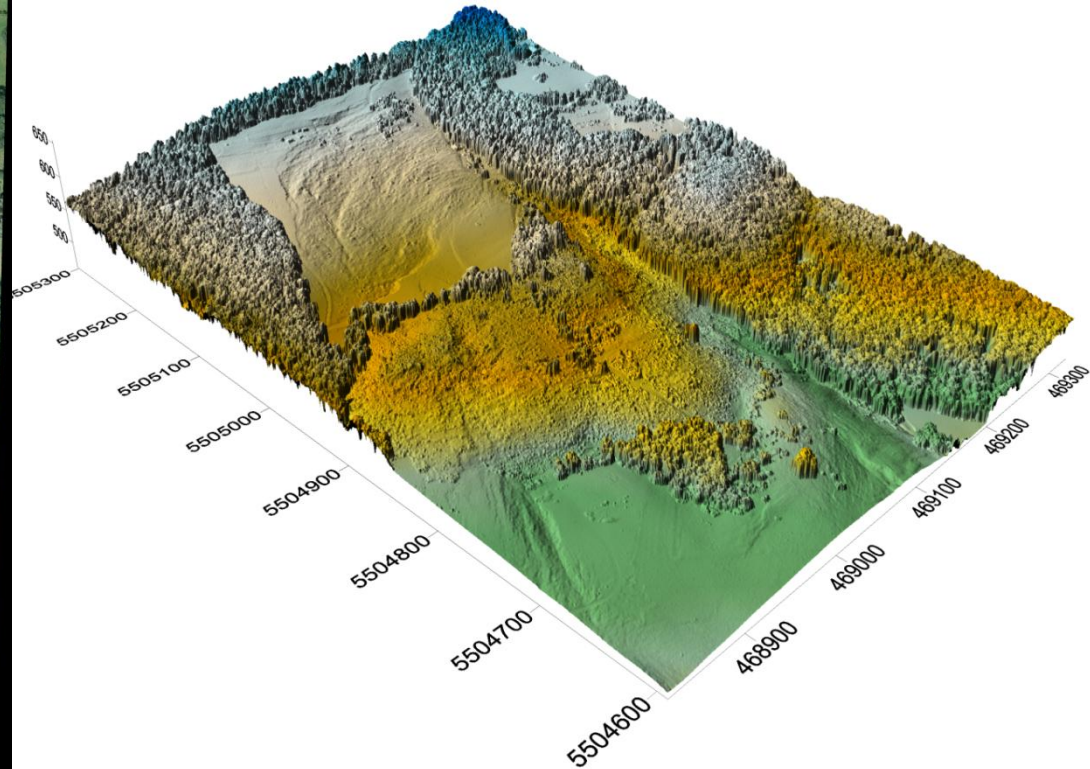
Nalot fotogrametryczny BAL nad Kłodnem 2.08.2011



BAL PRODUKTY



ORTOMOZAIKA



NMPT



ANALIZA WYNIKÓW BAL

- Ortomozaikę oraz cyfrowy model powierzchni terenu porównano z produktami opracowanymi na podstawie lotniczego skaningu laserowego, wykonanymi przez firmę **MGGP w 2010** r. (na zlecenie PIG-PIB) oraz pomiarami kontrolnymi geodezyjnymi odbiornikami GPS.
- Z analizy wynika, że dokładność sytuacyjna wynikowej ortomozaiki dla obszaru Kłodnego ze zdjęć BAL wynosiła średnio 3 piksele (0.45 m). Dokładność ta była porównywalna z dokładnością sytuacyjną ortofotomapy uzyskaną podczas skaningu laserowego.
- Dokładność wysokościowa chmury punktów z BAL była 2-3 krotnie **niższa** od dokładności ALS (0.15 m) i wynosiła średnio 0.3 m. Mniejsza dokładność pionowa wynika z przede wszystkim z innej metodologii tworzenia numerycznego modelu terenu oraz dużego wpływu roślinności na proces generowania modelu.
- Z analizy porównawczej danych z **ALS (2010 r.)** oraz z **BAL (2011 r.)** wynika, że na terenie Kłodnego nie doszło do większych przemieszczeń powierzchni terenu, które mogłyby wskazywać na aktywizację ruchów osuwiskowych.

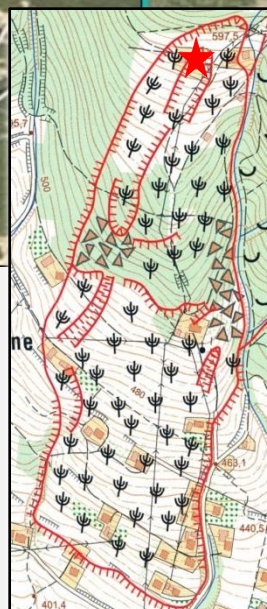


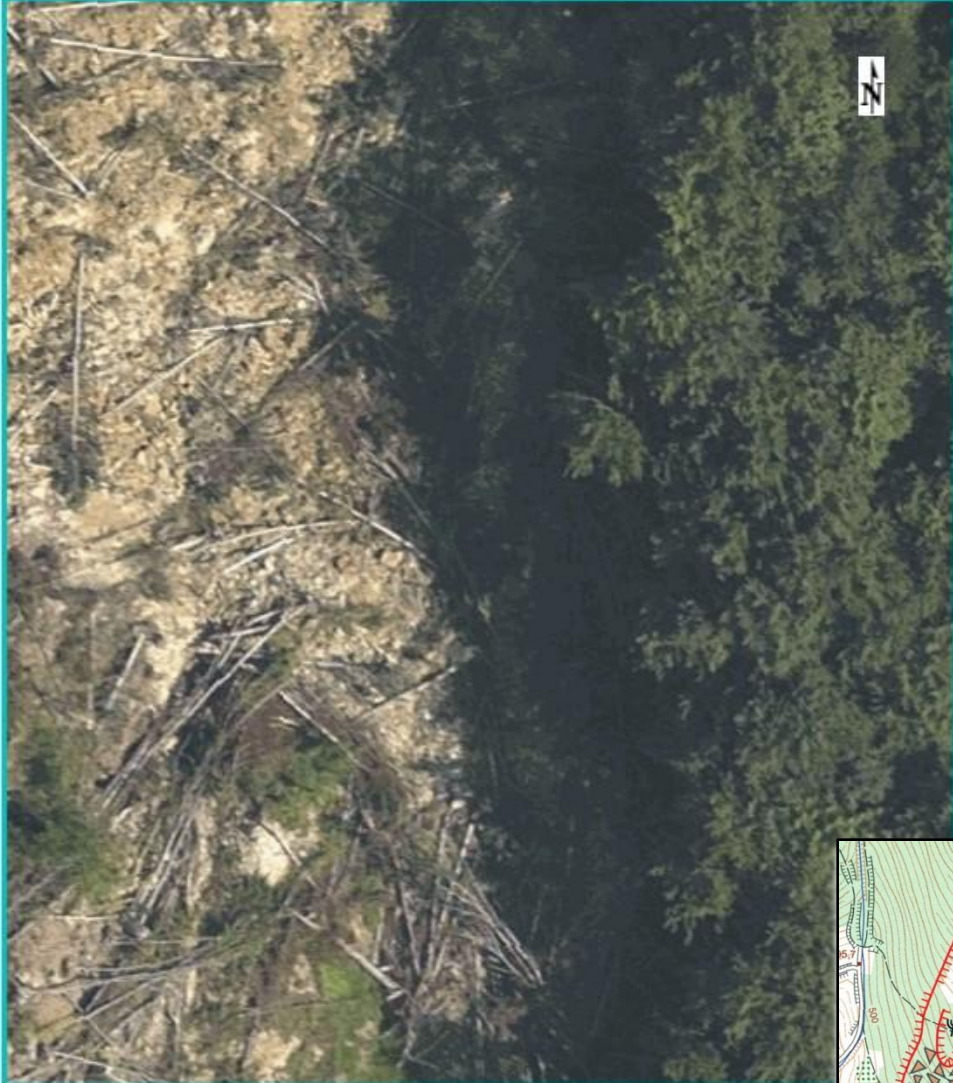


ALS - 2.07.2010

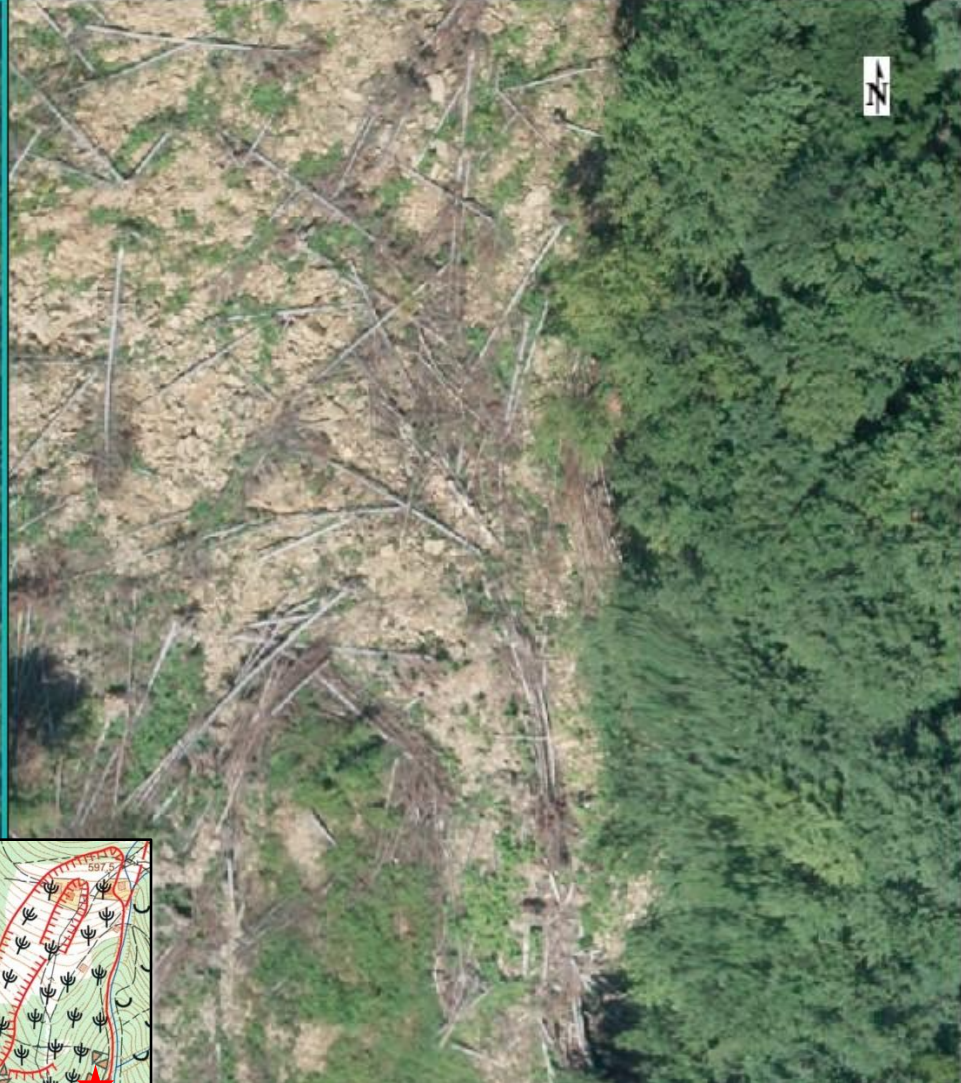


BAL - 2.08.2011

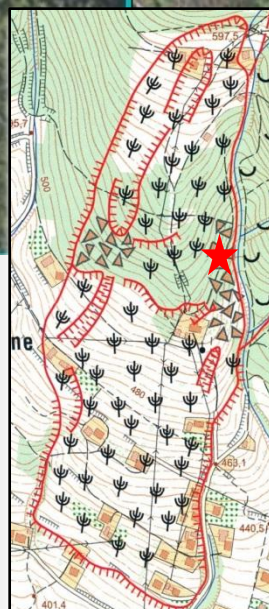




ALS - 2.07.2010



BAL - 2.08.2011

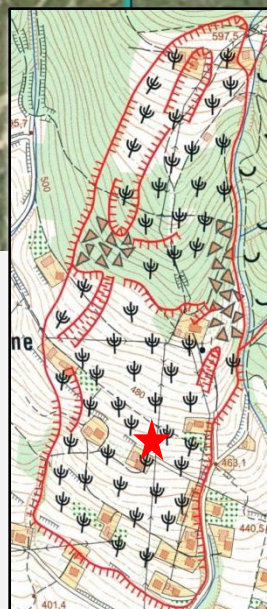




ALS - 2.07.2010



BAL - 2.08.2011



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

DLACZEGO WARTO STOSOWAĆ BAL?

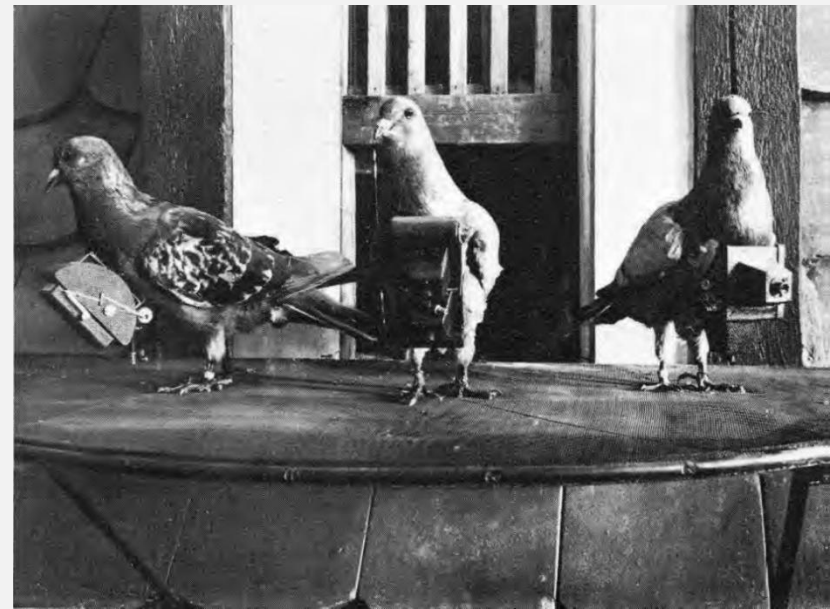
- Uzyskane wyniki w pełni potwierdziły potencjał i użyteczność bezzałogowych aparatów latających do badania powierzchniowych ruchów masowych, tj. osuwisk, obrywów, spęływań czy osiadań.
- Ta nowa technologia powinna znaleźć zastosowanie w monitoringu małych obszarów (o wielkości kilku kilometrów kwadratowych), takich jak np. osuwiska karpackie.
- Nie bez znaczenia – w porównaniu z technologią lotniczego skanowania laserowego (ALS) – są kilkakrotnie niższe koszty użycia bezzałogowych aparatów latających oraz szybkość możliwej reakcji.
- Dodatkową zaletą jest bardzo szybki postęp technologii bezzałogowych aparatów latających polegający na instalowaniu na nich ultralekkich skanerów laserowych, kamer termalnych lub hiperspektralnych a nawet aparatury geofizycznej.



Phoenix AL 3 UAV LIDAR Octocopter



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl