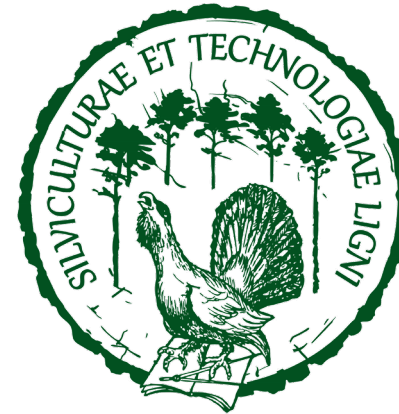


# GEOMATYKA

studia niestacjonarne  
program rozszerzony, wykład 4.  
**2025**



**dr inż. Paweł Strzeliński**

**Biuro Urządzania Lasu  
i Geodezji Leśnej  
Oddział w Brzegu**

**Katedra Urządzania Lasu  
Wydział Leśny i Technologii Drewna  
UP w Poznaniu**



# ZDJĘCIA LOTNICZE I SATELITARNE - PORÓWNANIE




# ZDJĘCIA LOTNICZE I SATELITARNE - PORÓWNANIE

Źródło: [www.zumi.pl](http://www.zumi.pl)



# ZDJĘCIA LOTNICZE I SATELITARNE - PORÓWNANIE

Źródło: <http://maps.google.pl>



# SAMOLOT PIPER PA-31 NAVAJO (PIPER AIRCRAFT, USA)

*Źródło:* <http://pclab.pl/art37726.html>

# SAMOŁOT PIPER PA-31 NAVAJO (PIPER AIRCRAFT, USA)

## Dane podstawowe

Państwo	( <a href="http://pl.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-31_Navajo">http://pl.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-31_Navajo</a> ) Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone
Producent	Piper Aircraft
Typ	samolot pasażerski i transportowy
Załoga	1-2 + 6 pasażerów

## Historia

Data oblotu	30 września 1964
Lata produkcji	1964-1972
Zachowane egzemplarze	2044

## Dane techniczne

Napęd	2 silniki Lycoming TIO-540-A2B
Moc	310 KM (230 kW)

## Wymiary

Rozpiętość	12,40 m
Długość	9,95 m
Wysokość	3,96 m

## Masa

Własna	1709 kg
Startowa	2900 kg

## Osiągi

Prędkość maksymalna	348 km/h
Zasięg	1898 km



# Z/I IMAGING DMC

Kamera – 8 obiektywów (Carl Zeiss), każdy jest połączony jest z własną głowicą fotograficzną.

Kanały panchromatyczne – 4 głowice, obiektywy o ogniskowej 120 mm/4.0,  
Rozdzielczość – 13 824 na 7680 pikseli (106 MP).

Obraz bez kompresji – 817 MB.

Kanały wielospektralne – 4 głowice, obiektywy o ogniskowej 25 mm/4.0.

Rozdzielczość spektralna:

B (400–580 nm), G (500–650 nm), R (590–675 nm), NIR (675–850 nm).

Rozdzielczość – 3072 na 2048 pikseli

Obraz bez kompresji – 272 MB.

Wymiary – 440×440×910 mm (szerokość, głębokość, wysokość).

Waga – 88 kg.



# ZDJĘCIA LOTNICZE – KOL. CIESZKOWSKICH

*Źródło:* <http://195.216.117.150/sip/nmap/mapa/1/default>

*Dostęp: II.2018*





# ZDJĘCIA LOTNICZE – KOL. CIESZKOWSKICH

*Źródło:* <http://sip.geopoz.pl/sip/nmap/mapa/1/default#>

*Dostęp: 1.2020*



# ZDJĘCIA LOTNICZE – KOL. CIESZKOWSKICH

Źródło: <http://sip.geopoz.pl/ukosne/?hg=1307>

Dostęp: IV.2019



# MODELE 3D – KOL. CIESZKOWSKICH

Źródło: <http://sip.poznan.pl/model3d/#/legend>

Dostęp: I.2020



# **LOTNICZY SKANING LASEROWY**

-

# **TECHNOLOGIA I SPRZĘT**


# NAZIEMNY SKANING LASEROWY

**Lotniczy skaniny laserowy** (ang. *Airborne Laser Scanning* – ALS) – fotogrametryczna metoda pomiarowa, pozwalająca na rejestrację obiektów w przestrzeni w postaci chmury punktów.

Działanie lotniczego skaniny laserowego opiera się na rejestracji:

- współrzędnych 3D – X, Y, Z (odległość oraz kąty),
- obrazu intensywności odbicia wiązki skanującej.

Przetworzenie pozyskanej chmury punktów pozwala na zbudowanie trójwymiarowego modelu skanowanej przestrzeni (obektów).



**METODA INWENTARYZACJI OBIEKTÓW LINIOWYCH  
W LASACH  
Z WYKORZYSTANIEM WYBRANYCH NARZĘDZI  
GEOMATYCZNYCH**

**ANDRZEJ CHOROMAŃSKI**

**PRACA DOKTORSKA WYKONANA  
W KATEDRZE URZĄDZANIA LASU, GEOMATYKI I EKONOMIKI LEŚNICTWA  
POD KIERUNKIEM  
PROF. DR HAB. TOMASZA ZAWIŁY-NIEDŹWIECKIEGO**

**WARSZAWA, 2009**

# LIDAR LOTNICZY – LOTNICZY SKANING LASEROWY

Lotniczy skaniny laserowy (ang. ALS – Airborne Laser Scanning) – fotogrametryczna metoda pomiarowa; pozwala na rejestrację skanowanych obszarów w postaci chmury punktów stanowiącej reprezentację terenu wraz z wszystkimi elementami, które się na tym terenie znajdują.

W wyniku pomiaru otrzymujemy bardzo dokładny model powierzchni (NMT, NMPT).

Idea działania lotniczego skaniny laserowego opiera się na pomiarze odległości pomiędzy aparaturą pomiarową znajdującą się na pokładzie statku powietrznego (samoloty, śmigłowce, parolotni, itp.), a punktami terenowymi.



# LOTNICZY SKANING LASEROWY - ZASADA DZIAŁANIA





# SKANING LASEROWY I MOŻLIWOŚCI JEGO ZASTOSOWANIA W LEŚNICTWIE

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003/2004 jako projekt badawczy 3 P06L 008 24 "Fotogrametryczna metoda badania stanu i zmian struktury przestrzennej drzewostanów".

dr inż. Krzysztof Będkowski

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie

# LOTNICZY SKANING LASEROWY – PRZYKŁADY

Zalety skaningu laserowego w stosunku do fotogrametrii:

- możliwość rekonstrukcji obiektów także za pomocą pojedynczego promienia (ważne na obszarach leśnych),
- dogodny pomiar obiektów, których obrazy są pozbawione tekstury (np. rozległych jednorodnych upraw rolnych),
- uniezależnienie od warunków atmosferycznych.

Fotogrametria	Skaning laserowy
Duża rozdzielczość przestrzenna (rzędu dm, cm)	Niska rozdzielczość przestrzenna (0,25 punktu / m <sup>2</sup> )
Mniejsza dokładność wysokościowa (0,08‰ wysokości lotu)	Większa dokładność wysokościowa
Duże uzależnienie od warunków atmosferycznych	Małe uzależnienie ze względu na stosowanie bliskiej podczerwieni
Zakłócający wpływ cienia w pomiarach obszarów zurbanizowanych i leśnych	Obszary oświetlone i zacienione są jednakowo "widoczne" dla skanera laserowego




# LOTNICZY SKANING LASEROWY – PRZYKŁADY

Istnieje możliwość integracji fotogrametrii (ortofotomapy) i skaningu laserowego z innymi źródłami danych.

## RAPORT KOŃCOWY z realizacji tematu

„Opracowanie metody inwentaryzacji lasu opartej na integracji danych pozyskiwanych różnymi technikami geomatycznymi”

źródło: <http://www.geomatyka.lasy.gov.pl>



# SAMOŁOT DO POMIARÓW FOTOGRAMETRYCZNYCH

Cessna 206



# LOTNICZA PLATFORMA FOTOGRAMETRYCZNA

W zakres projektu wchodzi dwusilnikowy samolot **Partenavia P68 TC Observer**, wyposażony w:

- wielkoformatową cyfrową kamerę lotniczą **UltraCam XP** (**196 Mpix**) do pozyskiwania zdjęć o rozdzielczości terenowej od **1,8 cm**,
- najnowszy **lotniczy skaner laserowy Riegl LMS-Q680i** pozwalający na pomiar modelu terenu z gęstością do **50 punktów/m<sup>2</sup>**,
- **kamerę termowizyjną**,
- system określania pozycji **GPS/IMU**.

Źródło: <http://www.gispro.pl/strony/menu/4.dhtml>



# PARTENAVIA P68 OBSERVER

Źródło: <http://www.aerialvideo.com/technology/partenavia>



# PARTENAVIA P68 TC OBSERVER



# PARTENAVIA P68 TC OBSERVER

Wielkoformatowa kamera  
lotnicza Vexcel UltraCam  
Xp – 196MPx

Lotniczy Skaner  
Laserowy LMS-Q680i

Średnioformatowa  
kamera lotnicza  
DigiCam 60 Mpx

Kamera Termiwizyjna  
DigiTherm



# LOTNICZE SKANOWANIE LASEROWE - OCENA DOKŁADNOŚCI

<b>Pole testowe</b>	<b>Ilość punktów kontrolnych</b>	<b>Minimalna odchyłka [m]</b>	<b>Maksymalna odchyłka [m]</b>	<b>Średnia odchyłka [m]</b>	<b>Odchylenie standardowe [m]</b>	<b>Błąd średni [m]</b>
Lubań	21	0.02	0.23	0.15	0.05	0.16
Mirsk	20	0.02	0.19	0.11	0.05	0.12
Szklarska Poręba	20	-0.14	0.03	-0.03	0.05	0.06
Karpacz	24	-0.36	-0.11	-0.20	0.07	0.22
<b>Średnia</b>				<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.14</b>

# PORÓWNANIE TECHNOLOGII LIDAR

Porównanie informacji o drzewie dostarczonych przez (Reitberger i in. 2006):

zdjęcie lotnicze	tradycyjny skaner laserowy TopEye	skaner „full waveform „ TopEye MK II



# KLASYFIKACJA CHMURY PUNKTÓW

# KLASYFIKACJA CHMURY PUNKTÓW ASPRS

**a) Klasyfikacji podlegają wszystkie dane pomiarowe**

**b) Podział punktów LIDAR:**

- 0 – punkty utworzone, nigdy nie klasyfikowane,
- 1 – punkty niesklasyfikowane,
- 2 – punkty leżące na gruncie,
- 3 – punkty reprezentujące niską roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie od 0 do 0,40 m)
- 4 – punkty reprezentujące średnią roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie od 0,41 do 2,00 m)
- 5 – punkty reprezentujące wysoką roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie powyżej 2,00 m)
- 6 – punkty reprezentujące budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie,
- 7 – szумы,
- 9 – punkty reprezentujące obszary wód,
- 12 – punkty z obszarów wielokrotnego pokrycia.

**c) Dokładność klasyfikacji nie może być niższa niż 95%**



# LIDAR LOTNICZY

Laserowy skaning lotniczy (24 pt/m<sup>2</sup>; N-ctwo Drawno, IX 2011)

*cała pow. – 4 pkt/2; pow. test. – 16-25 pkt/m<sup>2</sup>*



# **PROGRAMY DO DANYCH ALS**

# LOTNICZY SKANING LASEROWY (ALS) - OPROGRAMOWANIE

1. ArcGIS + dodatkowe moduły <https://www.esri.pl/>
2. CloudCompare <http://www.cloudcompare.org/>
3. ENVI + moduł LIDAR (ENVI LiDAR) <https://www.esri.pl/envi/>
4. FUSION <http://forsys.sefs.uw.edu/FUSION/fusionlatest.html>
5. Limon <https://www.limon.eu/>
6. LasTools <https://rapidlasso.com/lastools/>
7. LiDAR360 <https://greenvalleyintl.com/software/lidar360/>
8. SAGA <http://www.saga-gis.org/>
9. Terrasolid (TerraScan) <https://terrasolid.com/products/terrascan/>
10. Quick Terrain Modeller <https://appliedimagery.com/>

## Oprogramowanie BULiGL:

1. ALSGator
2. LIS



# **KONTROLA DANYCH**





# POTRZEBY A MOŻLIWOŚCI



# ETAPY PRZETWARZANIA DANYCH ALS

1. Wgranie i ogólna ocena pliku
2. Porządkowanie chmury
3. Klasyfikacja chmury
4. Tworzenie DEM
5. Normalizacja
6. Segmentacja

# TAKSACJA LASU NA BAZIE DANYCH ALS

## (OPIS TAKSACYJNY LASU)

3.1. Korekta podziału powierzchniowego

3.2. Korekta granic wyłączeń taksacyjnych

3.3. Opis taksacyjny wyłączeń i zaprojektowanie wskazań gospodarczych

3.3.1. Adres wyłączenia, grupa rodzajów powierzchni oraz rodzaj powierzchni; wykaz gruntów PGLP z podziałem na rodzaje użytków

3.3.2. Informacje o siedlisku, terenie, glebie i pokrywie

3.3.3. Typ drzewostanu (o kierunku gospodarczym lub ochronnym, odpowiednio do funkcji lasu), wiek rębności

3.3.4. Funkcja lasu, gospodarstwo, strefa uszkodzeń

3.3.5. Cecha drzewostanu

3.3.6. Budowa pionowa drzewostanu

3.3.7. Powierzchnie niestanowiące wyłączeń

3.3.8. Osobliwości przyrodnicze

3.3.9. Warstwa drzewostanu

3.3.10. Skład gatunkowy drzewostanu, młode pokolenie, przestoje

3.3.11. Wiek gatunków wchodzących w skład drzewostanu (wiek drzewostanu, klasy wieku), faza rozwoju drzewostanu

3.3.12. Zmieszanie (forma zmieszania)

3.3.13. Zwarcie, zagęszczenie

3.3.14. Pierśnica, wysokość (przeciętna pierśnica, przeciętna wysokość)

3.3.15. Bonitacja gatunków wchodzących w skład drzewostanu (klasa bonitacji drzewostanu)

3.3.16. Zadrzewienie (wskaźnik zadrzewienia)

3.3.17. Jakość (jakość hodowlana drzewostanu lub jakość techniczna drzew w drzewostanach)

3.3.18. Stopień uszkodzenia drzewostanu

3.3.19. Zgodność składu gatunkowego drzewostanu z typem drzewostanu (TD), kwalifikowanie drzewostanów do przebudowy

3.3.20. Okres odnowienia, okres uprzątnięcia, okres przebudowy drzewostanu

3.3.21. Zasobność miąższości grubizny drzewostanu na 1 ha oraz miąższość na całej powierzchni drzewostanu

3.3.22. Spodziewany przyrost bieżący (tabelaryczny oraz użyteczny)

3.3.23. Opis gruntu leśnego niezalesionego

3.3.24. Opis gruntu nieleśnego, gruntu zadrzewionego i zakrzewionego lub gruntu leśnego związanego z gospodarką leśną

3.3.25. Wskazania gospodarcze (lista w programie TAKSATOR)

3.3.26. Szkic taksacyjny

# TAKSACJA LASU NA BAZIE DANYCH ALS - ALSGATOR

**W obecnej wersji (21.04.2025 – wersja 1.9.0.)** – program umożliwia oszacowanie:

- zasobności (V),
- pierśnicowego pola przekroju dla wszystkich drzew w przeliczeniu na hektar (G),
- średniej pierśnicy dla wszystkich drzew (D),
- średniej pierśnicy drzew najgrubszych, rozumianej jako średnia pierśnica 100 najgrubszych drzew z jednego hektara (D100),
- zagęszczenia drzew wyrażonego liczbą drzew na hektar (N),
- wysokości górnej ze 100 najgrubszych drzew na hektar (H100),
- wysokości średniej ze wszystkich drzew (H),
- wysokości średniej z drzew pierwszej warstwy (H1).



# **NAZIEMNY SKANING LASEROWY**

-

# **TECHNOLOGIA I SPRZĘT**

# NAZIEMNY SKANING LASEROWY

**Naziemny skaniny laserowy** (ang. *Terrestrial Laser Scanning* – TLS) – fotogrametryczna metoda pomiarowa, pozwalająca na rejestrację obiektów w przestrzeni w postaci chmury punktów.

Działanie naziemnego skaniny laserowego opiera się na:

- rejestracji współrzędnych 3D – X, Y, Z (odległość oraz kąty),
- obrazu intensywności odbicia wiązki skanującej.

Przetworzenie pozyskanej chmury punktów pozwala na zbudowanie trójwymiarowego modelu skanowanej przestrzeni (obektów).

# TYPY SKANERÓW

1. zasada działania
  - 1.1. lasery impulsowe
  - 1.2. lasery fazowe
2. zasięg
  - 2.1. ultrakrótki – do 1 m
  - 2.2. krótki – do 100 m
  - 2.3. średni – do 1000 m
  - 2.4. daleki – powyżej 1000 m
3. zakres wertykalny (kąt widzenia w pionie)
  - 3.1. wąski – do 100 st.
  - 3.2. średni – od 100 do 300 st.
  - 3.3. szeroki – powyżej 300 st.
4. charakterystyka wiązki skanującej (zakres widma)
  - 4.1. zielone
  - 4.2. podczerwone
5. rozdzielczość
  - 5.1. precyzyjne – do 0,1 mm
  - 5.2. inwentaryzacyjne – do 5 mm
  - 5.3. poglądowe – pow. 5 mm
6. prędkość skanowania
  - 6.1. do 5 tys. pkt/s
  - 6.2. do 100 tys. pkt/s
  - 6.3. pow. 100 tys. pkt/s
7. opcja koloru
  - 7.1. rejestracja intensywności odbicia (odcienie szarości)
  - 7.2. zintegrowana kamera
  - 7.3. opcjonalna kamera

# ... KRÓTKA HISTORIA

2005: pierwsze doświadczenia z naziemnym skanerem laserowym w Polsce



2006: „Inwentaryzacja lasu oparta o integrację różnych metod geomatycznych”



2007: „Bilans węgla w biomase głównych gatunków lasotwórczych w Polsce” – zakup skanera **FARO LS 880HE**



2007: „Oszacowanie strumieni netto CO<sub>2</sub> wymienianych pomiędzy ekosystemem leśnym a atmosferą”



2008: „Zastosowanie zdjęć lidarowych do oceny gęstości zakrzaczeń, w aspekcie oceny szorstkości terenów zalewowych”



2012: inne ... – zakup skanera **FARO Focus 3D**



# SKANER LASEROWY FARO LS 880

## Dane techniczne:

Zasięg:	70 m
Rozdzielczość:	17 Bit odległość / 9 Bit intensywność
Błąd linowy:	±3 mm na 25 m
Moc lasera (CW, average):	22 mW
Długość fali:	785 nm
Średnica wiązki (na wyjściu):	3 mm, circular
Pole widzenia w pionie:	320°
Pol widzenia w poziomie:	360°
Maks. szybkość skanowania:	3000 rpm
Czas skanowania:	1/10 - ok. 1,5 min; 1/4 - ok. 7 min; pełna rozdzielczość - ok. 1 h 45 min
Wewnętrzny PC:	Pentium III 700 MHz, 256 MB RAM, 40GB HDD; Windows XP
Zapis danych:	- lokalnie: na wewnętrznym dysku twardym (dla większości rozdzielczości); - zewnątrz: przez Ethernet na PC, laptopie lub palmtopie
Transfer danych:	online w czasie skanowania przez Fast-Ethernet



**FARO LS 880 + OPCJA KOLORU**  
**NIKON D 200 + NIKKOR 10,5 MM/2,8 G AF FISHEYE**

*fot.: P. Strzeliński*

*Źródło: [www.nikon.com](http://www.nikon.com)*

# SKANER LASEROWY FARO PHOTON 120/20

## Dane techniczne:

- **Odległość:** 0.6 m - 120 m (Photon 120), 0.6 m - 20 m (Photon 20)
- **Błąd pomiaru:**  $\pm 2$  mm na 25 m
- **Powtarzalność pomiaru:** @10 m: 0.4 mm rms @ 90 % refl.; @25 m: 0.5 mm rms @ 90 % refl.
- **Szybkość pomiaru:** 976.000 punktów/sekundę
- **Kolor** (opcjonalnie): do 39 mln. pixeli
- **Obszar obrazu:**  $320^\circ \times 360^\circ$
- **Min. czas skanowania** 3 mln punktów: ok. 30 sekund (czarno/biały)
- **Czujnik nachylenia:** dokładność  $0.02^\circ$ ; rozdzielczość  $0.001^\circ$ ; zakres pomiaru  $\pm 15^\circ$

# SKANER LASEROWY FARO FOCUS 3D

## Dane techniczne:

- **Odległość:** 0.6 m - 120 m (v. 120), 0.6 m - 20 m (v. 20)
- **Błąd pomiaru:**  $\pm 2$  mm na 20 m
- **Średnica wiązki na wyjściu:** 3,8 mm (kolista)
- **Szybkość pomiaru:** 976.000 pkt/s
- **Kolor (wbudowany):** do 70 MP
- **Obszar obrazu:**  $305^\circ \times 360^\circ$
- **Nośnik danych:** SD, SDHC™, SDXC™
- **Sterowanie skanerem:** za pomocą ekranu dotykowego
- **Masa:** 5,0 kg
- **Wymiary:** 240 x 200 x 100 mm

# SKANER LASEROWY FARO FOCUS S350/150

## Dane techniczne:

- **Dostępność:** od 2016 r.
- **Odległość:** 0.6 m - 350 m (v. 350), 0.6 m - 150 m (v. 150)
- **Błąd pomiaru:**  $\pm 1$  mm
- **Średnica wiązki na wyjściu:** 2,12 mm
- **Szybkość pomiaru:** 976.000 pkt/s
- **Kolor (wbudowany):** do 165 MP
- **Obszar obrazu:** 300° x 360°
- **Nośnik danych:** SD, SDHC™, SDXC™
- **Sterowanie skanerem:** za pomocą ekranu dotykowego
- **Zakres spektralny:** 1550 nm
- **Klasa bezpieczeństwa:** 1
- **Masa:** 4,2 kg
- **Wymiary:** 230 x 183 x 103 mm

# SKANER LASEROWY FARO FOCUS PREMIUM 350/150/ 70

## Dane techniczne:

- **Dostępność:** od 2019 r.
- **Odległość:** 0.5 m - 350 m/ 150 m/ 70 m
- **Błąd pomiaru odległości:**  $\pm 1$  mm
- **Średnica wiązki na wyjściu:** 2,12 mm
- **Szybkość pomiaru:** 2.000.000 pkt/s
- **Kolor** (wbudowany): do 266/ 867 MPx
- **Obszar obrazu:**  $300^\circ \times 360^\circ$
- **Nośnik danych:** SD, SDHC™, SDXC™
- **Sterowanie:** ekran dotykowy, smaprtphone
- **Zakres spektralny:** 1550 nm
- **Temperatura pracy:** +5 do +40°C/ -10 do +55°C
- **Klasa bezpieczeństwa:** 1
- **Masa:** 4,4 kg

**Wymiary:** 230 x 183 x 103 mm



# SKANERY

<http://www.optech.ca/i3dprodline-ilris3d.htm>

<http://www.leica-geosystems.com/>

# LEICA HDS 6100

- **Pole skanowania:** 360° x 310°
- **Zasięg:** 79 m
- **Prędkość max.:** 500 tys. pkt/sek
- **Czas pracy:** full – ok. 27 min
- **Temperatura pracy:** -10 / +40 st.C
- **Waga:** skaner – 14 kg; bateria 16/2,5 kg
- **Wbudowany komputer:** Win. XP/2000/Vista; RAM – 1 lub 2 GB; HDD - 60 GB

<http://www.leica-geosystems.com/>



# LEICA SCANSTATION P40/ 30 (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 290°
- **Zasięg:** 0,4 – 270 m
- **Dokładność:** 1,2 mm
- **Prędkość max.:** 1 mln pkt/sek
- **Czas pracy:** full – ok. ?? min
- **Temperatura pracy:** -20 / +50 st. C
- **Długość fali:** 658/ 1550 nm
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamera wewn.:** panorama 700 Mpix (4 Mpix)
- **Kamera zewn.:** Canon EOS (60D – 80D)
- **Waga:** skaner – 12,25 kg; bateria 0,4 kg
- **Czas pracy na baterii wewn.:** ok. 5,5 h
- **Szczelność:** IP54
- **Cena:** ok. 91 tys. USD

# LEICA SCANSTATION P50 (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 290°
- **Zasięg:** 0,4 – 120/ 270/ 570/ 1000 m
- **Dokładność:** 1,2 mm (120-270 m)/ 3 mm (570-1000 m)
- **Prędkość max.:** 1 mln pkt/sek
- **Czas pracy:** full – ok. ?? min
- **Temperatura pracy:** -20 / +50 st. C
- **Długość fali:** 658/ 1550 nm
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamera wewn.:** panorama 700 Mpix (4 Mpix)
- **Kamera zewn.:** Canon EOS (60D – 90D)
- **Waga:** skaner – 12,25 kg; bateria 0,4 kg
- **Czas pracy na baterii wewn.:** ok. 5,5 h
- **Szczelność:** IP54
- **Cena:** ok. 96 tys. USD

# LEICA RTC360 LT (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 300°
- **Zasięg:** 0,5 – 130 m
- **Dokładność:** 3 mm @ 10 m
- **Prędkość max.:** 1 mln pkt/sek
- **Czas pracy:** full < 3 min
- **Temperatura pracy:** -5 do +40 st. C
- **Długość fali:** 1550 nm
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery wewn.:** 3 x 36 Mpix = panorama 432 Mpi
- **Waga:** skaner – 5,2 kg; bateria 0,340 kg
- **Czas pracy na baterii wewn.:** ok. 4 h
- **Szczelność:** IP54
- **Cena:** od 79,7 tys. USD

# LEICA RTC360 (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 300°
- **Zasięg:** 0,5 – 130 m
- **Dokładność:** 3 mm @ 10 m
- **Prędkość max.:** 2 mln pkt/sek
- **Czas pracy:** full < 2 min
- **Temperatura pracy:** -5 do +40 st. C
- **Długość fali:** 1550 nm
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery wewn.:** 3 x 36 Mpix = panorama 432 Mpi
- **Waga:** skaner – 5,35 kg; bateria 0,340 kg
- **Czas pracy na baterii wewn.:** ok. 4 h
- **Szczelność:** IP54
- **Cena:** od 93,3 tys. USD



# LEICA BLK360 (2025)

Wymiary: 155 x 80 mm

Waga (incl. battery): 750 g

Łączność: WiFi, USB 3.0

Laser: klasa 1; 830 nm; 360 x 270 st.

Zasięg lasera: do 45 m; 680 pkt/s

Kamery: 4 x 13 Mpix; 360 x 270 st.

Czas skanu: 20 s (8 s)

Dokładność: 4 mm @ 10 m

Temp. pracy: 0° do +40° C

Wilgoć: IP54

Cena: 27-38 tys. USD

# LEICA BLK360 (2025)

Wymiary: 279 x 80 mm

Waga (incl. battery): 775 g

Łączność: WiFi, USB 3.0

Laser: klasa 1; 830 nm; 360 x 270 st.

Zasięg lasera: do 25 m; 420 pkt/s

Kamera: 12 Mpix; 90 x 120 st.

Kamery: 3 x 4,8Mpix; 300 x 135 st.

Czas skanu: 20 s (8 s)

Dokładność wewnątrz: +/-10 mm

Temp. pracy: 0° do +40° C

Wilgość: IP54

Czas pracy na baterii (wymierna): 45 min

Cena: 52,8 tys. USD



# LEICA BLKARC (2025)

Wymiary: 184 × 93 × 80 mm  
Waga (incl. battery): 690 g  
Łączność: USB 3.0  
Laser: klasa 1; 830 nm; 360 x 270 st.  
Zasięg lasera: do 25 m; 420 pkt/s  
Kamery: 3 x 4,8 Mpix; 360 x 135 st.  
Kamera: 12 MP, 90 x 120 st.  
Dokładność wewnątrz: +/-10 mm  
Temp. pracy: 0° do +40° C  
Wilgoć: IP54  
Cena: 52,8 tys. USD



# LEICA BLK3D (2025)

**Wymiary:** 180 × 77 × 27 mm

**Waga (incl. battery):** 480 g

**Łączność:** WLAN, USB-C

**System:** Android

**Pamięć:** 64 GB

**Zasięg lasera:** do 250 m

**Piksel:** 0,1 mm

**Kamera:** 2 x 10 MP; 80 st.;

Optyka: 22 mm/3,0

**Dokładność:** ± 1,0 mm

**Cena:** 5,5 tys. USD



## **Zasięg pracy:**

1500 m – 80% odbicia

800 m – 20% odbicia

350 m – 4% odbicia

**Frekwencja:** 2000 Hz (2000 pkt / 1 sek)

**Długość fali:** 1500 nm

**Dokładność pomiaru celu:** 3 mm

**Kamera cyfrowa** zintegrowana 6 mln pikseli

**Kąty pracy:** 20 do 90 stopni / 360 horyzontalnie

**Czas pracy baterii:** 5 godz.

**Masa skanera:** 13 kg (+ 8 podstawa z silnikami)

**Klasa bezpieczeństwa :** 1 class



# RIEGL VZ-6000

<http://www.riegl.com/>

<http://www.leica-geosystems.com/>

# RIEGL LMS-Z420I

**Model:** RIEGL LMS-Z420i

**Zasięg:** do 800 m (laser 1 klasy)

**Zakres w poziomie:** 360°

**Skok poziomy:** min. 0.008°

**Zakres w pionie:** 80°

**Skok pionowy:** min. 0.010°

**Dokładność pojedynczego pomiaru:** ± 10 mm

**Max liczba punktów:** do 12.000 pkt/sek

**Liczba punktów na stanowisko:** ok. 2 mln

**Parametry kamery cyfrowej**

**Nazwa Modelu:** Nikon D 100

**Liczba pikseli:** 3008 x 2000 (6 MP)

**Liczba zdjęć na stanowisko:** 7

# RIEGL VZ-400

**Model:** RIEGL LMS-Z420i

**Zasięg:** do 500 m (laser 1 klasy)

**Zakres w poziomie:** 360°

**Zakres w pionie:** 100°

125 tys. pkt/sek

**Dokładność pojedynczego**

**pomiaru:** ± 10 mm

**Max liczba punktów:** do 12.000 pkt/sek

**Liczba punktów na stanowisko:** ok. 2 mln

**Parametry kamery cyfrowej**

**Nazwa Modelu:** Nikon D 90, 100, 300  
lub Canon EOS 450 D

**Liczba zdjęć na stanowisko:** 7

**Wbudowany GPS :** 2,5 m

**Pamięć:** 8 GB Flash memory

# RIEGL VMR (VZ-400i) (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 100°
- **Zasięg:** 0,5 – 500 m
- **Dokładność:** 3 mm @ 50 m / 5 mm @ 100 m
- **Prędkość max.:** 2 mln pkt/sek
- **Czas pracy:** full ok. 90 sek.
- **Temperatura pracy:** -5 do +40 st. C
- **Długość fali:** 1550 nm
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery zewn.:** tak
- **Waga:** 60 kg
- **Czas pracy na baterii:** ok. 8 h
- **Szczelność:** IP54
- **Cena:** od ?? tys. USD

# RIEGL VZ-6000 (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 60°
- **Zasięg:** 5 – 3300 m (do 6 km)
- **Dokładność:** 15 mm / 60 mm @ 2 000 m
- **Prędkość max.:** 222 tys. pkt/sek
- **Czas pracy:** ?? sek.
- **Temperatura pracy:** -10 do +50 st. C
- **Długość fali:** NIR
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery wewn.:** 5 MPix
- **Waga:** 14,5 kg
- **Czas pracy na baterii:** ok. 8 h
- **Szczelność:** IP64
- **Cena:** od ?? tys. USD

# RIEGL VZ-4000i-25 (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 60°
- **Zasięg:** 5 – 4600 m
- **Dokładność:** 10 mm @ 100 m
- **Prędkość max.:** 500 tys. pkt/sek
- **Czas pracy:** ?? sek.
- **Temperatura pracy:** -10 do +50 st. C
- **Długość fali:** NIR
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery wewn.:** 12 Mpix (5000 Mpix)
- **Waga:** 13 kg
- **Czas pracy na baterii:** ok. ?? h
- **Szczelność:** IP64
- **Cena:** od ?? tys. USD

# RIEGL VZ-2000i (2025)

- **Pole skanowania:** 360° x 100°
- **Zasięg:** 5 – 2500 m
- **Dokładność:** 3 mm @ 50 m / 5 mm @ 100 m
- **Prędkość max.:** 500 tys. pkt/sek
- **Czas pracy:** ?? sek.
- **Temperatura pracy:** -10 do +50 st. C
- **Długość fali:** NIR
- **Klasa lasera:** 1
- **Kamery zewn.:** tak
- **Waga:** 9,8 kg
- **Czas pracy na baterii:** ok. ?? h
- **Szczelność:** IP64
- **GNSS:** RTK
- **Cena:** od ?? tys. USD





# SKANERY LASEROWE TRIMBLE

Trimble CX scanner

Fototachimetr skanujący  
Trimble VX Spatial Station

# TRIMBLE GX 3D SCANNER

- **Zasięg:** 350 m
- **Pole widzenia:** 360 x 90 st
- **Prędkość max.:** 5 tys. pkt/sek
- **Waga:** 14 kg
- **Temperatura pracy:** od 0 do 40 st C



# SKANERY LASEROWE TRIMBLE

Trimble TX5 3D laser scanner

Faro Focus 3d



CALLIDUS CP 3200

<http://www.callidus.de/en/cp3200/>

Zoller+Fröhlich IMAGER 5006

<http://www.zf-laser.com/>

DeltaSpher - 3000 3D Scene Digitizer

<http://www.3rdtech.com/>



# SKANERY LASEROWE FARO

FARO Prime

FARO Laser Tracker Vantage



# SKANERY LASEROWO-OPTYCZNE FARO

FARO Orbis


FARO Freestyle 2

Schemat rozmieszczenia pozycji skanera na powierzchni kołowej  
- w oparciu o skaniny z czterech pozycji, wraz ze środkiem powierzchni



**PRZYKŁADY POMIARÓW DRZEW  
WYKONYWANYCH NA BAZIE NAZIEMNEGO  
SKANINGU LASEROWEGO Z WYKORZYSTANIEM  
FARO LS 880**





# **BILANS WĘGLA W BIOMASIE GŁÓWNYCH GATUNKÓW LASOTWÓRCZYCH W POLSCE**

# POWIERZCHNIE BADAWCZE

Kartuzy

Polanów

Niedźwiady

Drawno

Gryfino

Mirosławiec

Chojna

Tuczno

Wronki

Łopuchówko

Grodzisk

Zielonka

Chojnów

Piaski

Antonin

Rogów

Świeradów

Milicz

Syców

Zagnańsk

Siemianice

Szklarska Poręba

Śnieżka

W latach 2006-2011 wykonano:

- ok. 1000 skanów na terenie 24 nadleśnictw w Polsce,
- ok. 50 skanów na terenie lasów doświadczalnych w Chorin (Niemcy).

# FARO LS 880 - GRYFINO (LIPIEC 2007)

Gryfino



# FARO LS 880 - GRYFINO (LIPIEC 2007)

Na trzech powierzchniach pomierzono **102 drzewa**, średnia różnica w pomiarze pierśnicy wykonanym za pomocą TLS a metodą tradycyjną wynosi **0,15 cm**.

*Źródło: Wencel i in. (2007b)*



# OSZACOWANIE STRUMIENI NETTO CO<sub>2</sub> WYMIENIANYCH POMIĘDZY EKOSYSTEMEM LEŚNYM A ATMOSFERĄ



# FARO LS 880 - TUCZNO (WRZESIEŃ 2008)

Tuczno



# FARO LS 880 - N-CTWO POLANÓW

Polanów

Możliwości zastosowania laserowego skaningu naziemnego w inwentaryzacji martwego drewna



# **SKANER FARO LS 880 – MOŻLIWOŚCI WDROŻENIA OPERACYJNEGO**

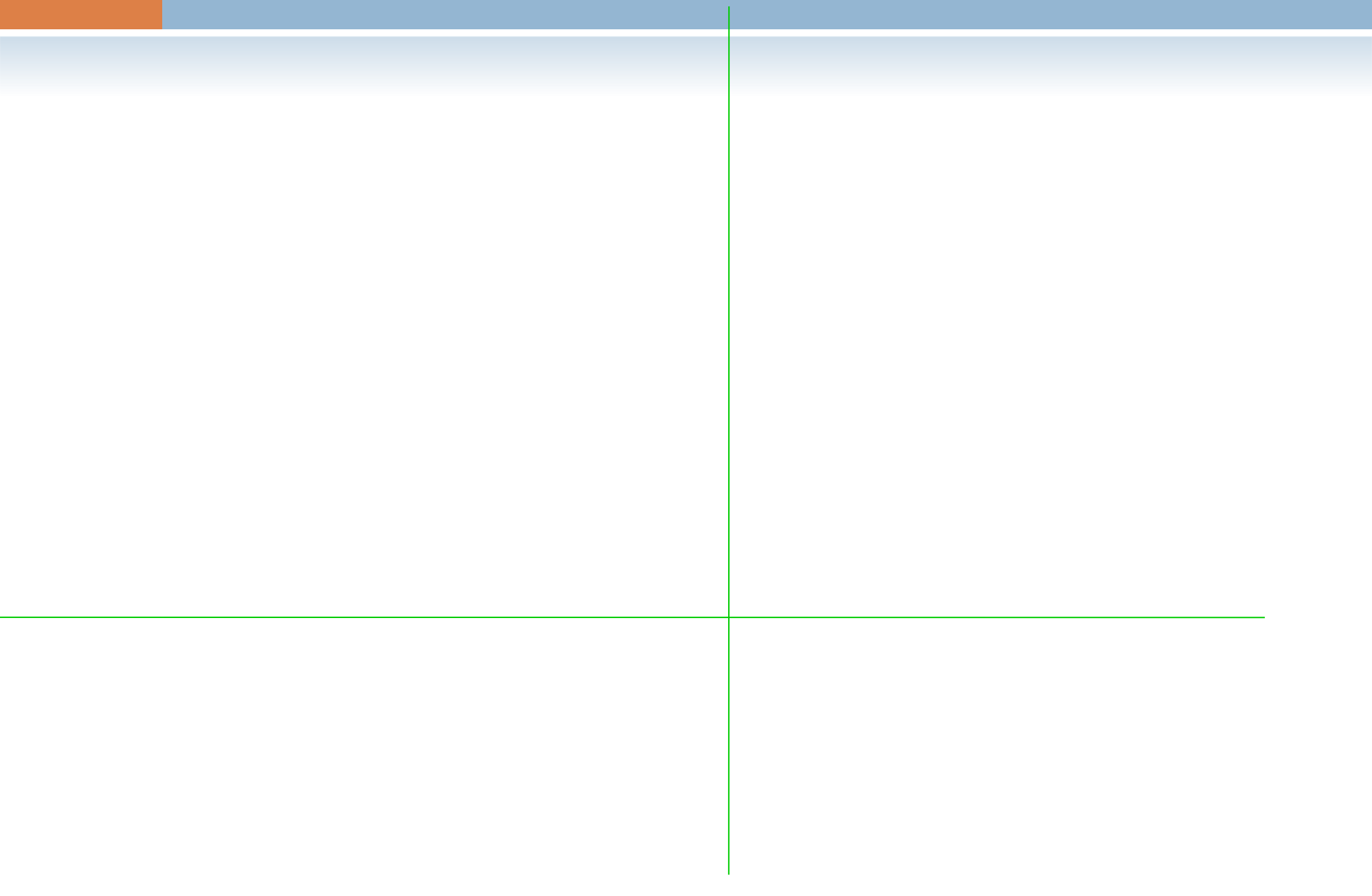


## **sieć Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu**

- około 28-30 tys. powierzchni w skali Polski



# PRZYKŁADY POMIARÓW W RAMACH WISL





# **WPŁYW ZADRZEWIENÍ I ZAKRZACZEŃ NA ROZWÓJ HYDROFITÓW I ZMIANY WARUNKÓW PRZEPŁYWU W KORYCIE CIEKU**



# **AUTOMATYCZNY POMIAR DRZEW W OPARCIU O DANE Z NAZIEMNEGO SKANINGU LASEROWEGO**



# FARO LS 880 - MILICZ (2006-2008)

Milicz



# FARO LS 880 - PROGRAM FIRMY TAXUS

Modelowanie terenu (NMT) – celem określenia podstawy pnia (od której odliczana jest wysokość 130 cm – czyli tzw. „pierśnicy”).

*Źródło: Konieczny i Konieczny, 2009*



# FARO LS 880 – PROGRAM FIRMY TAXUS

Pomiary średnicy w kolejnych sekcjach pnia (umożliwia jej określenie na dowolnej wysokości – nie tylko na „pierśnicy”).



# FARO LS 880 - PROGRAM FIRMY TAXUS

Zależność dla wszystkich drzew z siedmiu badanych powierzchni próbnych:  
współczynnik korelacji dla przedstawionych danych wynosi **0,95**.





- Pomiarzy na powierzchniach doświadczalnych  
– wytypowanie drzew modelowych oraz ich skaning



- Drzewa modelowe

Naziemny skaning laserowy – obraz intensywności (2D)

# • Drzewa modelowe

Nr drzewa	Wysokość [m]	Wysokość osadzenia pierwszej żywej gałęzi [m]	Wysokość FUSION [m]	Wysokość osadzenia pierwszej żywej gałęzi FUSION [m]	Różnica wysokości [m]	Różnica wysokości osadzenia pierwszej żywej gałęzi [m]
49	19,9	12,9	19,92	12,32	-0,02	0,58
53	23,3	13,6	22,59	13,39	0,71	0,21
74	23,2	13,1	22,41	14,21	0,79	-1,11
126	23,4	15,1	22,57	15,87	0,83	-0,77
131	21,7	18,8	21,60	18,30	0,11	0,50
142	21,3	14,5	19,97	14,48	1,33	0,02
147	21,6	14,5	21,05	15,55	0,55	-1,05
166	22,1	15,9	21,44	15,14	0,66	0,76
176	20,2	14,6	19,80	12,00	0,40	2,60
208	24,1	12,1	23,18	13,38	0,92	-1,28

<b>Maksimum</b>	<b>1,33</b>	<b>2,60</b>
<b>Minimum</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
<b>Średnia</b>	<b>0,63</b>	<b>0,89</b>

# • Drzewa modelowe

Nr drzewa	Wysokość/długość (pomiar drzewa leżącego) [m]	Wysokość oszacowana (h Naslunda) [m]	Wysokość (TIFFS) [m]	Różnica (pdl*-wo*) [m]	Różnica (pdl-TIFFS) [m]	Różnica (wo-TIFFS) [m]
49	19,9	22,02	20,60	-2,12	-0,70	1,42
53	23,3	21,46	22,62	1,84	0,68	-1,16
74	23,2	22,57	22,29	0,63	0,91	0,28
126	23,4	22,57	21,96	0,83	1,44	0,61
131	21,7	20,77	22,33	0,93	-0,63	-1,56
142	21,3	22,08	20,88	-0,78	0,42	1,20
147	21,6	21,45	21,32	0,15	0,28	0,13
166	22,1	23,04	21,13	-0,94	0,97	1,91
176	20,2	19,69	19,81	0,51	0,39	-0,11
208	24,1	23,73	23,09	0,37	1,01	0,65

\*pdl - pomiar drzewa leżącego

\*wo - wysokość oszacowana

Maksimum	2,12	1,44	1,91
Minimum	0,15	0,28	0,11
Średnia	0,91	0,74	0,90



# SKANOWANIE - DĄB BARTEK (2010)



# SKANOWANIE - DĄB CHROBRY (2015)



# SKANOWANIE BŁĘDNYCH SKAŁ (17.06.2017)



# WIRTUALNY LAS...





# SKANOWANIE KRZYWEGO LASU W NADLEŚNICTWIE GRYFINO



# SKANOWANIE KRZYWEGO LASU W NADLEŚNICTWIE GRYFINO



# WYKORZYSTANIE SKANINGU LASEROWEGO DO KLASYFIKACJI JAKOŚCIOWO- WYMIAROWEJ TUSZ ZWIERZĘCYCH

- Pomiary i skaning póltusz - Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Katedra Hodowli Małych Ssaków i Surowców Zwierzęcych; **Morliny, 2011**

- Pomiary i skaning tusz – Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Katedra Hodowli Małych Ssaków i Surowców Zwierzęcych; **Złotniki, 2012**

# OPROGRAMOWANIE

## Oprogramowanie komercyjne:

- Leica Cyclone – [http://www.leica-geosystems.pl/pl/Oprogramowanie-HDS\\_3490.htm](http://www.leica-geosystems.pl/pl/Oprogramowanie-HDS_3490.htm)
- Scene – <http://www.faro.com/focus/pl/oprogramowanie>
- Geomagic – <http://www.geomagic.com/en/products/>
- Tiffs – <http://www.globalidar.com/Pages/products.aspx>
- Fusion – [http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusion\\_overview.html](http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusion_overview.html)
- tScan – <http://www.taxussi.com.pl/> (IBL)
- Autostem – <http://treemetrics.com/products/>

## Freeware (przeglądarki):

- Blender – <http://www.blender.org/download/get-blender/>
- CloudCompare – <http://www.danielgm.net/cc/>
- MeshLab – <http://sourceforge.net/projects/meshlab/>
- SceneLT – <http://www.faro.com/focus/pl/oprogramowanie>
- Leica TruView – [http://www.leica-geosystems.pl/pl/Leica-TruView\\_63960.htm](http://www.leica-geosystems.pl/pl/Leica-TruView_63960.htm)

# WADY I ZALETY

## Wady

- pochłanianie i silne rozpraszanie wiązek w czasie opadów oraz przez chmury, mgłę, wodę, asfalt, smołę oraz materiały sypkie,
- wysoki koszt zakupu i serwisowania,
- niewielki wybór oprogramowania (wysokie koszty zakupu i półautomatyczne procedury przetwarzania),
- duże zbiory danych,
- problemy z filtracją danych (tzw. „ghost points”),
- ~~duża waga sprzętu,~~

## Zalety

- niezależność od warunków oświetlenia,
- duża dokładność,
- krótki czas pracy,



# **MOBILE MAPPING SYSTEM (MMS) - CZYLI SYSTEM MOBILNEGO KARTOWANIA**

## **ŹRÓDŁA:**

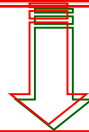
- **MATERIAŁY Z PREZENTACJI FIRMY TELEATLAS: METODYKA *MOBILE MAPPING SYSTEM*, WARSZAWA, 2007**
- **MATERIAŁY Z PREZENTACJI FIRMY GISPRO**



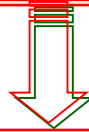


# GEORADARY

**lata 20.: pierwsze zastosowania georadarów na świecie**



**lata 90.: intensywny rozwój technologii skanowania georadarem na świecie i w Polsce**



**2010: projekt „Weisswasser”**



# PROJEKT „WEISSWASSER“



# „TRADYCYJNE” METODY BADAŃ NAD BIOMASĄ KORZENI

*fot. P. Strzeliński*

# PROJEKT: BILANS WĘGLA W BIOMASIE





# DĄB W WEISSWASSER


## Parametry drzewa

- wiek ok. 360-450 (364) lat,
- $d_{1.3} = 92$  cm,
- $h = 21$  m,
- średnica korony = 12 m,
- długość korony = 14 m.



# WYNIKI SKANOWANIA GEORADAREM

Źródło: *Hruska et al., 1999*



Butnor J., Roth B., Johnsen K., (2005):  
**Feasibility of using ground-penetrating radar to quantify root mass in Florida's intensively managed pine plantations.**

[In:] Forest Biology Research Cooperative,  
FBRC Report #38 - 2005.

Wykorzystano georadar:

Subsurface Interface Radar (SIR) System-  
2000, model 5100, **1,50 MHz**



Barton C.V.M., Montagu K.D., (2004): **Detection of tree roots and determination of root diameters by ground penetrating radar under optimal conditions.** *Tree Physiology* 24, 1323-1331.

Wykorzystano 3 georadary (500 MHz, 800 MHz, 1 GHz) do analizy 9 korzeni *So* o różnej średnicy (1-10 cm) na głębokości 50 cm w glebie piaszczystej

Satriani A., Loperte A., Proto M., Bavusi M., (2010): **Building damage caused by tree roots: laboratory experiments of GPR and ERT surveys**. Advances in Geosciences 24, 133-137.

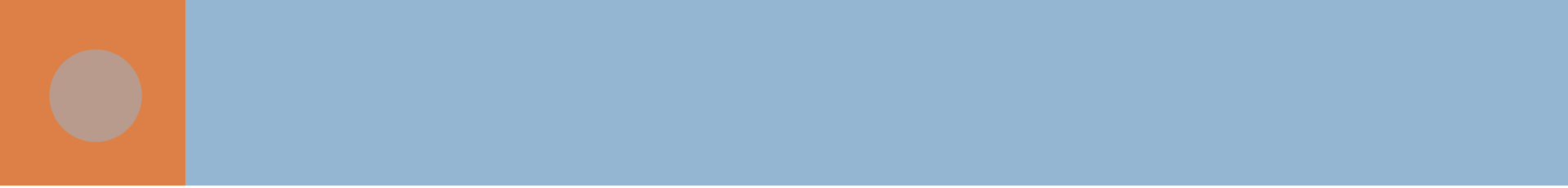
Wykorzystano georadar 3D – SIR 2000 Radar System (1,5 GHz) – w warunkach laboratoryjnych oraz system **ERT (Electrical Resistivity Tomography – tomografia elektrooporowa)** IRIS Georesistivimeter R2 – badanie korzeni drzewka brzoskwini



Wykorzystano georadar 3D – SIR 2000 Radar System (1,5 GHz) – w warunkach laboratoryjnych oraz system ERT (**E**lectrical **R**esistivity **T**omography – tomografia elektrooporowa) IRIS Georesistivimeter R2

Butnor J.R., Johnsen K.H., Wikstrom P., Lundmark T., Linder S., (2006): **Imaging tree roots with borehole radar.** 11th International Conference on Ground Penetrating Radar, June 19-22, 2006, Columbus Ohio, USA.

Wykorzystano georadar 3D – GSSI Sir-20 (900 MHz) – w północnej Szwecji (2003), badanie korzeni w drzewostanie So



Wykorzystano georadar 3D –  
GSSI Sir-20 (900 MHz)

– w północnej Szwecji (2003),  
badanie korzeni w  
drzewostanie So





# MINIRHIZOTRON – BEZINWAZYJNE BADANIA KORZENI

Automated Minirhizotron and Arrayed Rhizosphere Soil Sensors  
– AMARSS

# MINIRHIZOTRON – BEZINWAZYJNE BADANIA KORZENI

Complete telescope system set-up, including electronic schematics of the battery, and the improvements proposed in the discussion. The dotted line represents the outer light trajectory from the object to the camera. A = camera body, B = 2x extender, C = 300mm lens, D = Aperture in frame and PVC entrance block for focusing, E = UV-filter, F = Lead of tape-measure that is anchored to the minirhizotron, G = Minirhizotron wall, H = camera fastening screw, I = diaphragm, J = Polaroid filter, K = flashtube with a Polaroid filter at a 90 degree angle, L = halogen light, M = optical mirror at a 45 degree angle, N = viewing aperture, O = spring powered tape-measure, P = flash electronics.





# MINIRHIZOTRON – BEZINWAZYJNE BADANIA KORZENI

Koszt – ok. 16-20 tys. USD

Źródło: <http://www.bartztechnology.com>




# WYNIKI SKANOWANIA GEORADAREM - SZKODY OD BOBRÓW (N-CTWO STRZELCE KRAJEŃSKIE)

# WYNIKI SKANOWANIA GEORADAREM - SZKODY OD BOBRÓW (N-CTWO STRZELCE KRAJEŃSKIE)

- Zastosowano sprzęt pomiarowy GPR firmy IDS.
- Wybrano antenę o częstotliwości 400 Mhz, jako optymalny stosunek rozdzielczości do głębokości penetracji.
- Zasięg georadaru wynosił do ok. 2,5m.
- Długość odcinka testowego wynosiła ok. 250 m.
- Wykonano dwie niezależne sesje pomiarowe.

Warunki atmosferyczne były sprzyjające badaniom georadarowym (2012-01-04):

- brak opadów deszczu podczas pomiaru,
- temperatura powietrza powyżej 5 stopni Celsjusza,
- ziemia była wilgotna (z powodu wcześniejszych opadów deszczu typowych o tej porze roku).



# WYNIKI SKANOWANIA GEORADAREM - WYKRYWANIE PRZEPUSTÓW NA DROGACH LEŚNYCH (N-CTWO STRZELCE KRAJEŃSKIE)



# **TROCĘ HISTORII NADLEŚNICTWA DRAWNO**

# LIDAR LOTNICZY W LEŚNICTWIE

Obecnie możliwe jest uzyskanie następujących informacji o drzewostanie:

1. wysokość drzewa lub grupy drzew (NMT, NMPT, nDSM);
2. pierśnica drzew (korelacja z wysokością, szerokością korony, etc);
3. pole powierzchni przekroju drzewa (G);
4. określenie przyrostu drzewostanu w jednostce czasu;
5. liczba drzew – zagęszczenie drzew, grupy drzew;
6. lokalizacja partii drzewostanów o budowie piętrowej;
7. powierzchnia pojedynczej korony drzewa (stanowisko);
8. miąższość drzew i drzewostanów (zasobność);
9. gatunek drzewa;



# LIDAR LOTNICZY W LEŚNICTWIE

Obecnie możliwe jest uzyskanie następujących informacji o drzewostanie:

10. biomasa nadziemnej części drzewostanu;
11. wielkość i kształt korony;
12. powierzchnia (pułapu) koron;
13. defoliacja, stan zdrowotny;
14. zwarcie;
15. określanie współczynnika LAI;
16. określanie granic wydzieleni;
17. lokalizowanie ściętych drzew;
18. lokalizowania gniazd i luk;
19. wyznaczanie dróg leśnych;
20. określanie masy martwego drewna;

źródło: Raport końcowy z realizacji tematu „Opracowanie metody inwentaryzacji lasu opartej na integracji danych pozyskiwanych różnymi technikami geomatycznymi”

# ORIENTACYJNE CENY

## ➤ Zdjęcia lotnicze:

- Rozdzielczość terenowa piksela 15 cm: 500 - 800 zł/km<sup>2</sup>
- Ortofotomapa: 500 - 700 zł/km<sup>2</sup>
- Mapa w skali 1:1000: 35 - 70 zł/ha
- Mapa w skali 1:5000: 25 - 50 zł/ha

## ➤ Skanowanie laserowe :

- Gęstość skanowania 4 pkt/m<sup>2</sup>: 700 - 1000 zł/km<sup>2</sup>
- Numeryczny Model Terenu: 100 - 200 zł/km<sup>2</sup>
- Numeryczny Model Pokrycia Terenu: 200 - 400 zł/km<sup>2</sup>
- Klasyfikacja obiektów: 300 - 1500 zł/km<sup>2</sup>






# **BEZZAŁOGOWE MODELE LATAJĄCE - SPRZĘT DO ZDJĘĆ NIEFOTOGRAMOMETRYCZNYCH**

# SAMOLOTY BEZZAŁOGOWE – TAXUS AVI SYSTEM

- Motoszybowiec z napędem elektrycznym o konstrukcji z kompozytu węglowego.
- W czasie lotu sterowany przez zintegrowanego z płatowcem autopilota, który realizuje wcześniej zaprogramowaną trasę.
- W czasie jednego lotu wykonuje kilkaset zdjęć dla obszaru 2-6 km<sup>2</sup> (zależnie od kształtu i charakterystyki terenu) z wysokości 250 - 400 metrów.
- Powtarzając lot kilkakrotnie możemy w ciągu jednego dnia wykonać opracowanie dla powierzchni ponad 10 km<sup>2</sup>.
- Lot jest bardzo stabilny: kąty przechylenia i pochylenia w większości mieszczą się w zakresie 0-3 stopni.
- Start następuje ze wspomaganie rampy i liny gumowej.
- Samolot ląduje "na brzuchu" ze wspomaganie klap, które radykalnie skracają podejście do lądowania.
- W czasie lotu - łączność radiowa z aplikacją stacji naziemnej - pełna kontrola parametrów lotu oraz stała możliwość sterowania w pełnym zakresie (np. zmiany trasy lotu lub przzerwania misji).



# SAMOLOTY BEZZAŁOGOWE – TAXUS AVI SYSTEM

Podstawowe dane:

- rozpiętość: 3,5 m
- całkowita masa do lotu: ok. 6 kg
- czas lotu: 50-60 minut
- prędkość operacyjna: 60 km/godz.
- obszar pojedynczego nalotu fotogrametrycznego: 2 - 6 km<sup>2</sup>



# SAMOLOTY BEZZAŁOGOWE – GATEWING

# SAMOLOTY BEZZAŁOGOWE – GATEWING

- Komplet X100 UAV z eBox
- Wyrzutnia
- Zapasowe body
- Tablet kontrolny
- Modem (2.4 GHz)
- Skalibrowany aparat cyfrowy
- Ładowarka do baterii
- 2 litowo-polimerowe
- Narzędzie do śledzenia
- Zapasowe części & akcesoria
- Oprogramowanie Stretchout™



# SAMOLOTY BEZZAŁOGOWE - TRIMBLE UX5

# SYSTEM TOPCON SIRIUS PRO

## Podstawowe dane

**Masa startowa**

2,7 kg

**Rozpiętość skrzydeł**

163 cm

**Długość**

120 cm

**Czas lotu**

55 min.

**Prędkość**

65 km/h

## Podstawowe dane komponentu GNSS

**Liczba kanałów**

226

GLONASS L1/L2, Galileo E1, GPS L1 C/A, L2C, L2 P(Y)

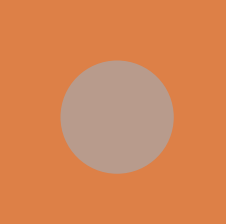
## Przykładowe dokładności

Typ obiektów	GSD	Dokładność X/Y	Dokładność Z
Rolnictwo	1,6 cm	2,4 cm	3,1 cm
Kopalnia	2-3 cm	4,4 cm	0,8 cm
Rolnictwo	3,5 cm	5,1 cm	3,2 cm
Kopalnia	3-4 cm	5,5 cm	1,6 cm
Rolnictwo	10 cm	7,2 cm	8,6 cm

# SYSTEM TOPCON SIRIUS PRO


- **latanie z silnym wiatrem** - UAS umożliwia wykonywanie misji przy wietrze do 50 km/h w porywach do 65 km/h
- **temperatury** - system może pracować przy temperaturach od -20 °C do +45 °C
- **aparat** - kamera Panasonic Lumix GX1, matryca 16 MP Live MOS, z maksymalną czułością ISO 12800, z obiektywem Panasonic 14 mm f/2.5. Aparat jest oferowany w dwóch wersjach dla **światła widzialnego** i **bliskiej podczerwieni**





# **NALOT FOTOGRAMETRYCZNY (2014) – SYSTEM SIRIUS**

**21.10.2014**




# NALOT FOTOGRAMETRYCZNY (2015) – SYSTEM SIRIUS

**20.04.2015**



# SZACOWANIE SZKÓD OD ZWIERZYNY NA PODSTAWIE ZDJĘĆ Z BSP

- Data wykonania nalotu: 13.04.2015 r.
- Czas trwania nalotu: 22 minuty
- Pułap: 110 m
- Zarejestrowany obszar: 40 ha
- 520 zdjęć o rozdzielczości terenowej piksela 3 cm



# NALOT FOTOGRAMETRYCZNY (2015) – SYSTEM SIRIUS

**20.04.2015**



# SENSE FLY

**06.04.2017**



# SENSE FLY EBEE + PARROT SEQUOIA



# WINGTRA - DRON PIONOWEGO STARTU

**14.02.2019**



# DRONY...





# DRON: KAMERA + LIDAR



DRON: KAMERA + LIDAR  
(NADLEŚNICTWO PODANIN, 09.08.2019)

Źródło: <https://wles.up.poznan.pl/pl/skanowanie-przyrody>

# LEICA BLK2FLY (2025)

**Wymiary:** 53 x 60 x 19 cm

**Waga (incl. battery):** 2,6 kg

**Łączność:** WLAN, LTE, Bluetooth LE

**Laser:** klasa 1; 830 nm; 360 x 270 st.

**Zasięg lasera:** do 25 m; 420 pkt/s

**Kamery:** 5 kamer, 1,6 MP, 360x180 st.

**Dokładność:** <20 mm

**Czas lotu:** 10 min

**Pow. pokrycia:** 1,1 x 1,3 km<sup>2</sup> in 10 min.  
(0,5 pts/cm<sup>2</sup>)

**Temp. pracy:** +5° do +35° C

**Prędkość:** 5 m/s; 2 m/s (indoor)

**Max prędkość wiatru:** 10 m/s

**Cena:** 63,4 tys. USD



# RIEGL RICOPTER VUX-SYS (2025)

**Wymiary:** 62,4 x 98,6 x 47,0 cm  
**Waga:** max. 25 kg (11 kg)  
**Łączność:** WLAN, LTE, Bluetooth LE  
**Czas lotu:** 60 min  
**Pow. pokrycia:** 2 km<sup>2</sup>, 30 min. (100 m)  
**Temp. pracy:** -5° do +40° C  
**Prędkość:** 6-8 (14) m/s;  
**Max prędkość wiatru:** 8 m/s  
**Cena:** ok. 70 tys. EUR

Źródło: <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/ricopter-with-vux-sys/>



# „ŚMIGŁOWCE ...?”



# ŚMIGŁOWCE!



# **BILANS WĘGLA W BIOMASIE DRZEW GŁÓWNYCH GATUNKÓW LASOTWÓRCZYCH POLSKI**

***- opis projektu***

# WYPŁUKIWANIE SYSTEMÓW KORZENIOWYCH Z MODELOWYCH DRZEW BUKOWYCH (NADLEŚNICTWO GRYFINO).



**KOMPLEKSOWE PRACE TERENOWE NA POWIERZCHNI BUKOWEJ -  
BIOMASA DRZEW + PRACE GLEBOWE (NADLEŚNICTWO GRYFINO).**

*fot. P. Strzeliński*



# POMIARY BIOMASY W STANIE ŚWIEŻYM (NADLEŚNICTWO GRYFINO).

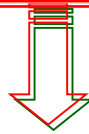


# ODDZIELANIE APARATU ASYMILACYJNEGO Z KRZEWÓW GRABOWYCH (LZD ROGÓW).

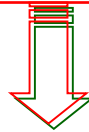
# ODDZIELANIE APARATU ASYMILACYJNEGO Z SOSNY (NADLEŚNICTWO NIEDŹWIADY).

# SZACOWANIE ZASOBÓW WĘGLA

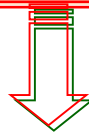
1. Dla każdego typu siedliska leśnego, wieku i składu gatunkowego drzewostanu stworzone zostaną **modele matematyczne zawartości węgla**



2. Na podstawie modeli matematycznych i **baz danych Lasów Państwowych** oszacowane zostaną zasoby węgla oraz zdolność retencji CO<sub>2</sub> przez ekosystemy leśne



3. Geometryczna **baza Leśnej Mapy Numerycznej** umożliwi (od roku 2010 dla wszystkich nadleśnictw) wizualizację dla terenów LP.



4. Określenie wskaźników wspomagających **raportowanie** przez Polskę ilości węgla zakumulowanego przez lasy



# **DANE REFERENCYJNE**

-

**OSZACOWANIE STRUMIENI NETTO CO<sub>2</sub>  
WYMIENIANYCH POMIĘDZY  
EKOSYSTEMEM LEŚNYM A ATMOSFERĄ**

# POWIERZCHNIA BADAWCZA

TUCZNO



# POCHŁANIANIE CO<sub>2</sub> PRZEZ POLSKIE LASY





**PROJEKT „POMERANIA” -  
OPRACOWANIE TRANSGRANICZNEGO SYSTEMU WSPOMAGANIA  
PROCESÓW DECYZYJNYCH DLA ZDALNEJ I MODELOWEJ OCENY  
BIOMASY DRZEWNEJ W LASACH OBSZARU WSPARCIA  
POMERANIA**

**-  
REALIZOWANY W RAMACH PROGRAMU EU, FINANSOWANEGO  
PRZEZ INTERREG IV, 2011-2013**

# W JAKIM CELU???

Celem praktycznym projektu jest:

- zbudowanie transgranicznego systemu informacyjnego „**Biomasa**”,
- wspomagającego zarządzanie zasobami leśnymi dla potrzeb zrównoważonej gospodarki leśnej i ochrony środowiska.



# SYSTEM BIOMASA



**PROJEKT „CBM”**

**MODELOWANIE BILANSU WĘGLA NA POZIOMIE LOKALNYM I  
GLOBALNYM PAŃSTWOWEGO GOSPODARSTWA LEŚNEGO LASY  
PAŃSTWOWE ORAZ OPRACOWANIE NAUKOWE PARAMETRÓW  
WEJŚCIOWYCH I SCENARIUSZY DZIAŁAŃ GOSPODARCZYCH DLA  
OBSZARU POLSKI**

**FINANSOWANY PRZEZ DGLP, 2012-2017**



# MODELOWANIE BILANSU WĘGLA

Dane urządzeniowe – inwentaryzacja leśna

Dane z monitoringu zagrożeń naturalnych

Dane z baz danych administracji leśnej

Dane na temat zmian sposobu użytkowania gruntów

Dane z regionalizacji ekologicznych



# MODELOWANIE BILANSU WĘGLA



**PROJEKT „REMBIOFOR” -  
TELEDETEKCYJNE OKREŚLANIE BIOMASY DRZEWNEJ I  
ZASOBÓW WĘGLA W LASACH**

-  
**REALIZOWANY W RAMACH PROGRAMU BIOSTRATEG,  
FINANSOWANEGO PRZEZ NCBR, 2015-2018**



# REMBIOFOR – POWIERZCHNIE PRÓBNE





# REMBIOFOR – EFEKTY NAUKOWE



# REMBIOFOR – ZESPÓŁ




# **PROJEKT LEŚNE GOSPODARSTWA WĘGLOWE (LGW)**

-  
**REALIZOWANY PRZEZ LASY PAŃSTWOWE, 2016-...**



# LEŚNE GOSPODARSTWA WĘGLOWE



# **LEŚNY SYSTEM INFORMACYJNY W ZAKRESIE MONITORINGU I OCENY STANU LASU DLA SUDETÓW I BESKIDU ZACHODNIEGO**



# LEŚNE ZASOBY EUROPY



# LEŚNE ZASOBY ZIEMI

# SIP DLA OGRODU DENDROLOGICZNEGO (2010)

KAMIL KONDRACKI, JACEK ŁAKOMY,  
SŁAWOMIR SUŁKOWSKI, MARIUSZ KRUK

SEKCJA GEOMATYCZNA KOŁA LEŚNIKÓW





# WDRAŻENIE SYSTEMU INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W LASACH MIEJSKICH POZNANIA

**PAWEŁ STRZELIŃSKI<sup>1)</sup>, ŁUKASZ POLAKOWSKI<sup>2)</sup>, ŁUKASZ ANTOSZ<sup>2)</sup>, MIECZYŚŁAW BROŃSKI<sup>2)</sup>**

1) Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Urządzania Lasu;

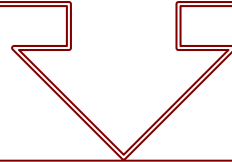
2) Zakład Lasów Poznańskich

## I ETAP

W 2017 roku przy wsparciu finansowym Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Poznaniu rozpoczęto realizację zadania pn. „**Monitoring przyrodniczy w lasach komunalnych miasta Poznania**”.

Głównym celem wdrożenia Systemu Informacji Przestrzennej w Zakładzie Lasów Poznańskich jest:

- prowadzenie bieżącej kontroli stanu,
- śledzenie zmian zachodzących w ekosystemach leśnych,



- możliwość podejmowania szybkich i trafnych decyzji z zakresu gospodarowania, ochrony i prowadzenia nadzoru nad lasami miejskimi.

# GŁÓWNE KIERUNKI WYKORZYSTANIA


- Kontrola lasów niestanowiących własności Skarbu Państwa
- Ocena rozwoju lasów i wpływu prowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych na stan/kondycję drzewostanów
- Wykonywanie analiz przestrzennych dla obszarów leśnych będących pod administracją ZLP
- Wykonywanie analiz przestrzennych zagospodarowania rekreacyjnego
- Wykonywanie analiz z zakresu ochrony przyrody



# KONTROLA LASÓW NIESTANOWIĄCYCH WŁASNOŚCI SKARBU PAŃSTWA PRZY WYKORZYSTANIU ZOBRAZOWAŃ SENTINEL 2

# AUTOMATYZACJA PROCESU WYKRYWANIA DRZEW MARTWYCH I OBUMIERAJĄCYCH

- Zakres opracowania obejmował ocenę analiz, opartych o **formuły automatycznego procesu wyszukiwania martwych i obumierających drzew** na fotogrametrycznych materiałach lotniczych:
  - ortofotomapa ze zdjęć lotniczych **RGB + CIR** (zasoby GEOPOZ)
  - ortofotomapa ze zdjęć **RGB + NIR + RedEdge** (nalot UAV, 2017).
- Pierwszym etapem było **opracowanie kluczy fotogrametrycznych** – na podstawie odnalezionych w terenie drzew, reprezentujących:
  - **gatunek,**
  - **grupę wiekową,**
  - **typ siedliskowy lasu,**
  - **klasy uszkodzenia.**



# AUTOMATYZACJA PROCESU WYKRYWANIA DRZEW MARTWYCH I OBUMIERAJĄCYCH



# ZASTOSOWANIE WSKAŹNIKA NDRE I KANAŁU REEDGE





# OCENA STANU ZDROWOTNEGO DRZEWOSTANU W LESIE PIĄTKOWSKIM


# OKREŚLENIE PODATNOŚCI DRZEWOSTANÓW NA ANTROPOPRESJĘ

- Analiza przestrzenna **ciągów pieszo-rowerowych** na terenie Miasta Poznania.

- Określenie **podatności drzewostanów na degradację w wyniku działalności turystycznej.**



- **Wyznaczono czynniki kształtujące wrażliwość drzewostanów na degradację:**
  - typ siedliskowy lasu,
  - stan siedliska,
  - dominujące gatunki drzew,
  - wiek,
  - procentowy udział gatunku w drzewostanie,
  - powierzchniowa budowa geologiczna,
  - spadki terenu.



# **AKTUALIZACJA PLANÓW ZAGOSPODAROWANIA REKREACYJNEGO LASÓW MIEJSKICH POZNANIA**



**MONITORING WPŁYWU RENATURYZACJI I STANU HYDROLOGICZNEGO  
NA ZMIANY W BIOMASIE DRZEW I DRZEWOSTANÓW**



# SKANOWANIE BŁĘDNYCH SKAŁ (17.06.2017)

Działanie nr 6: Monitoring wpływu renaturyzacji i stanu hydrologicznego na zmiany w biomacie drzew i drzewostanów

Data zawarcia umowy: 11.09.2017

Termin realizacji: 30.11.2017

Zakres:

1. założenie sieci powierzchni analizujących wpływ warunków wodnych
2. pomiary terenowe
3. analizy i podsumowanie wyników



**ROZPOZNANIE I OCENA**

**AKTUALNEGO STANU SIEDLISK PRZYRODNICZYCH  
W OTOCZENIU RZEKI CZERWONA WODA**

**OPRAC. A.M. JAGODZIŃSKI (ID PAN W KÓRNIKU)**



# **INWENTARYZACJA PÓŁNOCNO-ZACHODNICH ŚCIAN SZCZELIŃCA WIELKIEGO - NUMERYCZNY MODEL 3D**





# ŁĄCZENIE METOD



# ŚMIGŁOWCE!



# WIRTUALNY LAS...



# SKANOWANIE KRZYWEGO LASU W NADLEŚNICTWIE GRYFINO



# WIRTUALNY LAS...



... **CZY LEŚNY MATRIX?**



**WYZWANIA!**



Mapa porównująca obszar klęski z obszarem  
Warszawy

źródło:

<http://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/najwieksza-taka-kleska-w-historii-polskich-lasow>





**Lasy Państwowe muszą usunąć dodatkowo ok. 10 (15) mln m<sup>3</sup> drewna.  
Każdy m<sup>3</sup> drewna wywiezionego z lasy może być traktowany jako  
emisja CO<sub>2</sub>  
Efekt huraganu – ok. 11 mln ton CO<sub>2</sub>  
W 2014 raportowano emisję ok. 317 mln ton CO<sub>2</sub>**



## Wulkany emitują więcej CO<sub>2</sub> niż działalność człowieka!

Mont Redoubt (Alaska, 22.03.2009)

By R. Clucas - <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/album.html> and

[http://gallery.usgs.gov/photos/03\\_29\\_2013\\_otk7Nay4LH\\_03\\_29\\_2013\\_5#.UrvS2vfTnrc](http://gallery.usgs.gov/photos/03_29_2013_otk7Nay4LH_03_29_2013_5#.UrvS2vfTnrc),

Domena publiczna, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5768911>




**~~Wulkany emitują więcej CO<sub>2</sub> niż działalność człowieka!~~**

Mont Redoubt (Alaska, 22.03.2009)

By R. Clucas - <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/album.html> and

[http://gallery.usgs.gov/photos/03\\_29\\_2013\\_otk7Nay4LH\\_03\\_29\\_2013\\_5#.UrvS2vfTnrc](http://gallery.usgs.gov/photos/03_29_2013_otk7Nay4LH_03_29_2013_5#.UrvS2vfTnrc),

Domena publiczna, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5768911>



**Wulkany wydzielają około 0,3 mld ton CO<sub>2</sub> na rok.  
To około 1% ludzkich emisji, które przekraczają  
znacznie  
30 mld ton na rok!**

Mont Redoubt (Alaska, 22.03.2009)

By R. Clucas - <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/album.html> and

[http://gallery.usgs.gov/photos/03\\_29\\_2013\\_otk7Nay4LH\\_03\\_29\\_2013\\_5#.UrvS2vfTnrc](http://gallery.usgs.gov/photos/03_29_2013_otk7Nay4LH_03_29_2013_5#.UrvS2vfTnrc),

Domena publiczna, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5768911>