

GEOMATYKA

2014-2015 – program rozszerzony



dr inż. Paweł Strzeliński
Katedra Urządzania Lasu
Wydział Leśny UP w Poznaniu

ZDJĘCIA LOTNICZE

Pokrycie poprzeczne, zwane nakładaniem się szeregów (q) – dla celów prawidłowego odwzorowania fotografowanego terenu standardowo wymaga nakładania **25-30%** powierzchni – zależnie od wysokości, z jakiej zdjęcia będą wykonywane:

- $q = 30\%$ dla fotografowania z wysokości ≤ 1500 m
- $q = 25\%$ dla fotografowania z wysokości > 1500 m

Podczas fotografowania terenów o mocno zróżnicowanej rzeźbie (np. teren górzysty) – należy zastosować dodatkowe przeliczenie uwzględniające przewyższenie.

Projekt misji fotogrametrycznej

- optymalizacja skali
- optymalna wysokość lotu
- maksymalny czas naświetlania
- baza podłużna
- baza poprzeczna
- odstęp czasu między ekspozycjami
- liczba zdjęć w szeregu
- liczba szeregów
- liczba zdjęć w zespole

ZDJĘCIA LOTNICZE

§ 1

Zamawiający zamawia a wykonawca zobowiązuje się do wykonania przedmiotu zamówienia polegającego na wykonaniu następujących opracowań na podstawie lotniczych zdjęć cyfrowych i przetworzeń lotniczego skanowania laserowego:

1. Ortofotomapa barwna o wielkości piksela 10 cm
2. Ortofotomapa barwna o wielkości piksela 20 cm
3. Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT)
4. Numeryczny Model Terenu (NMT)

§ 2

Zakres opracowania obejmują obszary Tuczno i Rzęcin w granicach poligonów określonych na podstawie współrzędnych WGS84 zawartych w tabeli poniżej:

Tuczno			Rzęcin		
Nr	B° B' B"	L° L' L"	Nr	B° B' B"	L° L' L"
1	53 11 40.0777914	16 07 11.1816046	1	52 45 46.9370894	16 17 58.2775760
2	53 12 24.1339072	16 06 16.5444239	2	52 46 06.4007817	16 17 46.6137327
3	53 12 02.5834856	16 04 42.7735093	3	52 46 19.0948454	16 18 48.4069752
4	53 11 03.8594575	16 04 48.1306094	4	52 45 56.8673841	16 19 27.7087193
5	53 10 49.0484954	16 06 28.6128040	5	52 45 26.6088883	16 19 25.6654617
			6	52 45 26.0793272	16 18 33.7722471

§ 3

Przedmiot zamówienia należy wykonać na podstawie zdjęć lotniczych i lotniczego skanowania laserowego wykonanych w 2008 roku wg. podanych poniżej parametrów technicznych:

Zdjęcia lotnicze:

1. wykonane kamerą cyfrową w kanałach RGB - 8 bit
2. Terenowa wielkość piksela 9 cm
3. Pokrycie podłużne 60%
4. Pokrycie poprzeczne 20%

Lotnicze skanowanie laserowe:

1. Gęstość skanowania min 4 pkt/m²
2. Pokrycie poprzeczne 20%

§ 4

Wykonawca dostarczy Zamawiającemu opracowania stanowiące przedmiot zamówienia na dysku HDD w układzie współrzędnych płaskich PUWG1992 i układzie wysokości Kronsztadt 1986 w następujących formatach:

1. Ortofotomapa barwna o wielkości piksela 10 cm w formacie TIFF
 2. Ortofotomapa barwna o wielkości piksela 20 cm w formacie TIFF
 3. Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT) w formacie ASCII
 4. Numeryczny Model Terenu (NMT) w formacie ASCII
- oraz
1. Lotnicze zdjęcia cyfrowe w kanałach RGB - 8 bit w formacie TIFF
 2. Raport wyrównania aerotriangulacji w formacie txt

Oczekiwana dokładność pozioma (x,y) ortofotomapy $\pm 0,25$ m

Oczekiwana dokładność wysokościowa (h) skanowania $\pm 0,20$ m

SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH

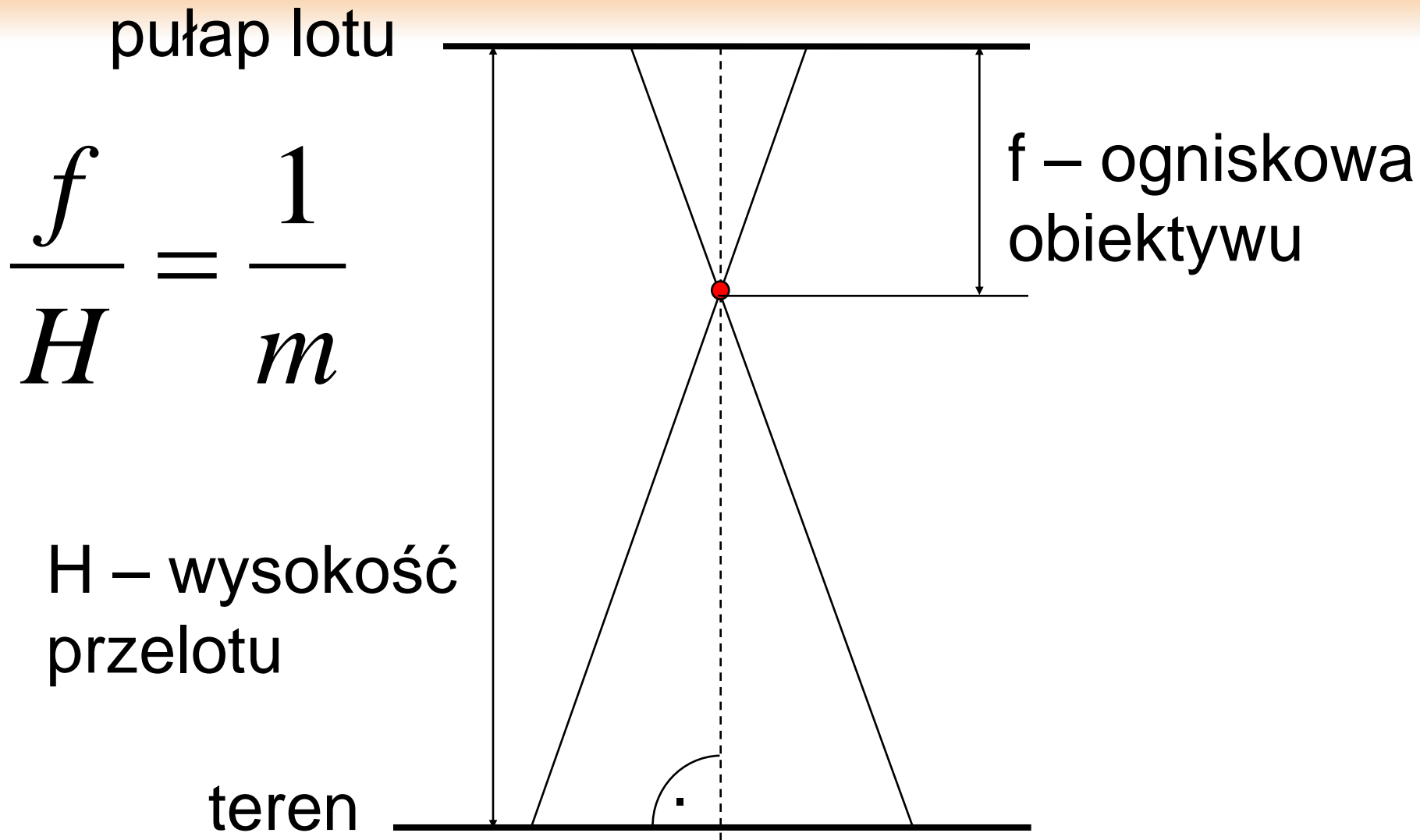
Skala zdjęcia lotniczego – stosunek długości odcinka na zdjęciu do długości odpowiadającego mu odcinka w terenie. Wynik zapisywany jest w postaci ułamka $1/m$ lub $1 : m$.

Jeżeli oś kamery jest prostopadła do fotografowanego terenu, a teren jest płaski i poziomy, a ogniskowa kamery (f) jest stała, to skala zdjęcia jest odwrotnie proporcjonalna do wysokości na jakiej znajduje się kamera (H).

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}$$

Z tej samej wysokości można wykonywać zdjęcia w różnych skalach, stosując kamery o różnych ogniskowych. Zależność ta jest wykorzystywana w fotogrametrii leśnej.

SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH



SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH - PRZYKŁADY

f [mm]	H [m]	$1 : m$
50	800	1 : 16 000
50	1300	1 : 26 000
100	800	1 : 8 000
100	1000	1 : 10 000
135	800	1 : 6 000

SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH – PRZYKŁADY STOSOWANYCH OBIEKTYWÓW

W analogowej fotogrametrii lotniczej, przy użyciu kamer o formacie 23x23 cm stosowano najczęściej następujące typy obiektywów:

- normalnokątny $f \approx 305 \text{ mm}$, $2\beta = 55^\circ$
- półnormalnokątny $f \approx 210 \text{ mm}$, $2\beta = 70^\circ$
- szerokokątny $f \approx 153 \text{ mm}$, $2\beta = 90^\circ$
- nadszerokokątny $f \approx 88 \text{ mm}$, $2\beta = 120^\circ$



ZDJĘCIA RGB ORAZ CIR

OCENA WYKONANYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Ocena materiałów fotogrametrycznych przeprowadzana jest pod kątem ich **jakości fotogrametrycznej** i **fotograficznej**.

Ocena jakości fotogrametrycznej przeprowadzana jest na podstawie oceny stopnia zgodności parametrów technicznych wykonanych zdjęć z projektem nalotu.

Oceny jakości fotograficznej zdjęć dokonujemy wizualnie. Zwracamy uwagę na ostrość obrazu w środku i na brzegach zdjęć, szczegółowość (zdolność rozdzielcza), kontrast obrazu, gęstość optyczną, występowanie uszkodzeń i innych fotograficznych defektów.

OCENA WYKONANYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Należy zwrócić uwagę na to, czy:

- cały wybrany teren został pokryty zdjęciami,
- zachowany jest procent pokrycia podłużnego,
- zachowany jest procent pokrycia poprzecznego,
- nie istnieją przerwy absolutne lub fotogrametryczne (przerwy absolutne są wówczas, gdy fragment terenu nie odfotografował się na żadnym zdjęciu; fotogrametryczne - gdy odfotografował się tylko na jednym zdjęciu i nie będzie można obserwować tego fragmentu terenu stereoskopowo),
- szeregi są prostolinijne,
- nie występuje "jodełka" (nie uwzględniono kąta znosu),
- zdjęcia są pionowe (wskazania libelki),
- zdjęcia wykonano z tej samej wysokości (różnice wysokości nie powinny przekraczać 5%).

OBRAZY SATELITARNE - TYPY SZTUCZNYCH SATELITÓW

Podział ze względu na przeznaczenie:

- * satelita badawczy
 - satelita astronomiczny
 - satelita **biologiczny**
 - satelita geodezyjny
 - satelita geofizyczny
 - satelita jonosferyczny
 - satelita **oceanograficzny**
 - satelita **meteorologiczny**
 - **satelita środowiskowy**
- * satelita nawigacyjny
- * satelita technologiczny (techniczny)
- * satelita telekomunikacyjny
 - aktywny (czynny)
 - pasywny (bierny)
- * satelita rozpoznawczy
- * satelita załogowy

Podział ze względu na rodzaj orbity:

- * biegunowy
- * stacjonarny (np. geostacjonarny)
- * równikowy
- * synchroniczny (np. ze Słońcem)

OBRAZY SATELITARNE

W Europie w **latach 70.** można było zaobserwować zwiększone zainteresowanie technikami teledetekcyjnymi z poziomu satelitarnego.

W Polsce, w 1975 roku, wykorzystano zdjęcia satelitarne do wielkopowierzchniowej inwentaryzacji uszkodzeń drzewostanów sosnowych spowodowanych żerem poprocha cetyniaka w OZLP Białystok.

W późniejszych latach, w Polsce nastąpił spadek zainteresowania zdjęciami satelitarnymi.

SATELITY ŚRODOWISKOWE – TIROS 1

1 kwietnia **1960** – pierwszy w historii satelita meteorologiczny **TIROS 1** (Television InfraRed Observational Satellite), działał do 15.06.1960.

TIROS 1 został opracowany przez Goddard Space Flight Center (NASA), oraz firmy: Radio Corporation of America (RCA), Astro Electronic Division (dzisiejszy Lockheed Martin).

Satelitą zarządzało US Weather Bureau (dzisiejsza National Oceanic and Atmospheric Administration).

Przez 79 dni pracy przesłał na Ziemię 22 952 zdjęć pokrywy chmur (w tym 19389 użytecznych pod względem meteorologicznym).

Analizowanie wybranych elementów środowiska przyrodniczego na podstawie obrazów satelitarnych stało się możliwe w **latach siedemdziesiątych**.

Wystrzelony w **1970** roku satelita **NOAA 1** zapoczątkował monitorowanie warunków meteorologicznych z użyciem sensorów odbierających odbite i emitowane z powierzchni Ziemi promieniowanie.

Do 2010 roku działa 6 satelitów z grupy NOAA (14-19), z czego najnowszy to **NOAA 19**, uruchomiony 09.02.2009.



NOAA 17-18

Animacja przelotu NOAA 18

NOAA 19

Charakterystyka NOAA-19	
Wymiary:	długość 4,2 m; średnica 1,88 m; 1420 kg
Data uruchomienia:	06.02.2009; Vandenburg Air Force Base, CA
Informacje o orbicie:	typ: heliosynchroniczna
	wysokość 870 km
	okres obiegu 102.14 minutes
Sensory:	Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/3)
	Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A)
	Microwave Humidity Sounder (MHS)
	High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS/4)
	Solar Backscatter Ultraviolet Spectral radiometer (SBUV/2)
	Space Environment Monitor (SEM/2)
	Search and Rescue (SAR) Repeater and Processor
Advance Data Collection System (ADCS)	

Źródło: <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>

LANDSAT

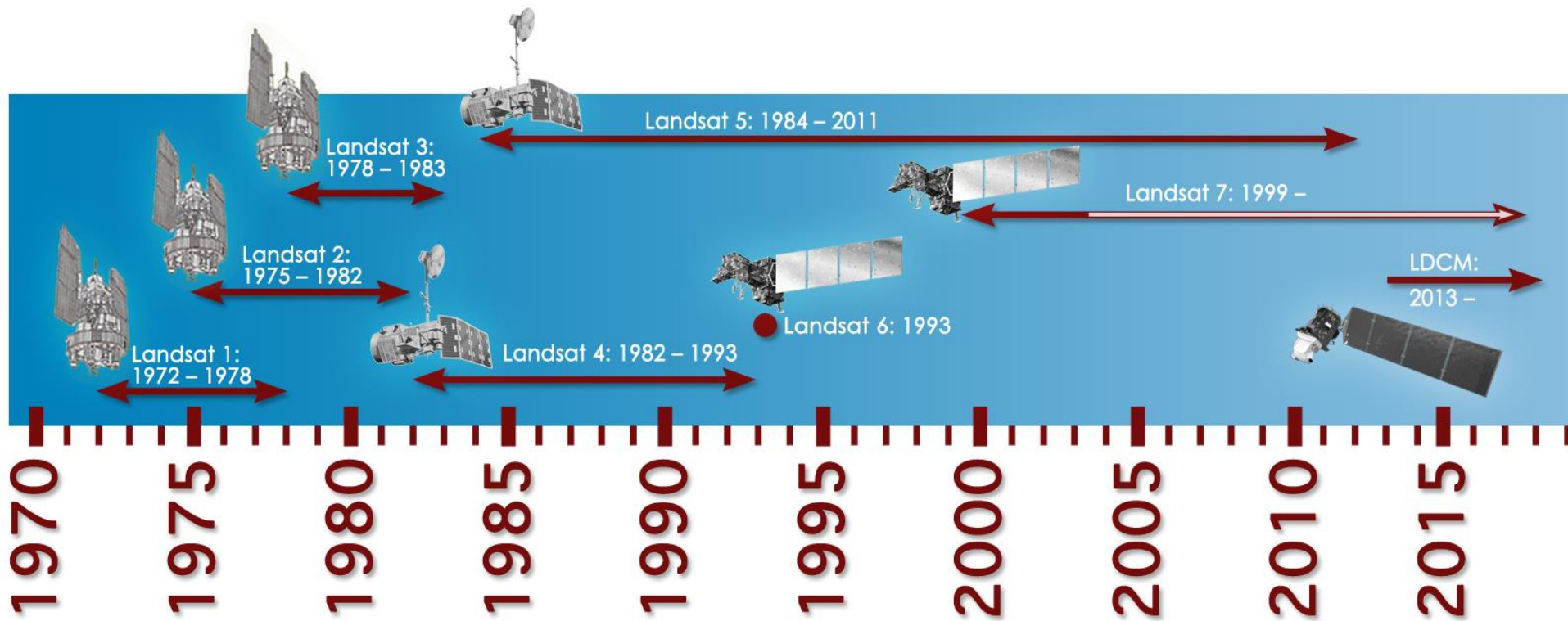
Landsat (USA) – program prowadzony przez NASA i USGS. Pierwszy z satelitów został wystrzelony 23 lipca **1972**.

Landsaty I generacji poruszały się po orbicie heliosynchronicznej na wysokości 918 km nad Ziemią. Okres obiegu wynosił 103,2 minuty, a okres rewizyty 18 dni. Szerokość obserwowanego pasa Ziemi wynosiła 185 km. Aparatura: kamera RBV (Return Beam Vidicon) i MSS (Multi-Spectral Scanner).

Kolejne satelity poruszały się po orbicie o wysokości 705 km, czasie obiegu 99 minut i okresie rewizyty 16 dni.

Wyposażone były w nowe instrumenty do zbierania obrazów: TM (Thematic Mapper; Landsat 4 i 5) oraz jego udoskonalenia ETM (Enhanced Thematic Mapper; Landsat 6) i ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus; Landsat 7).

LANDSAT



Źródło: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>

LANDSAT

nazwa satelity	wystrzelony	zakończenie pracy	rozdzielczość
Landsat 1	23.07.1972	06.01.1978	RBV: 80 m; MSS: 60 m (pasmo wielospektralne MS)
Landsat 2	21.01.1975	25.02.1982	RBV: 80 m; MSS: 60 m (pasmo wielospektralne MS)
Landsat 3	05.03.1978	21.03.1983	RBV: 40 m (panchromatyczne PAN); MSS: 80 m (MS)
Landsat 4	16.07.1982	1993	MSS: 80 m (MS); TM: 30 m (MS) i 120 m (podczerwień IR)
Landsat 5	01.03.1984	funkcjonuje	MSS: 80 m (MS); TM: 30 m (MS) i 120 m (podczerwień IR)
Landsat 6	05.10.1993	nie osiągnął orbity	ETM: 15 m (PAN), 30 m (MS) i 120 m (IR)
Landsat 7	15.04.1999	funkcjonuje	ETM+: 15 m (PAN), 30 m (MS) i 60 m (IR)
Landsat Data Continuity Mission (LDCM)	plan - 2011	--	--

KOSMOS

Kosmos (Rosja) – seria satelitów, rozmieszczanych na orbicie od **1962** r.

Kosmos 1 – radziecki satelita technologiczny typu DS-2, pierwszy radziecki statek, który otrzymał nazwę Kosmos, nadawaną rosyjskim statkom kosmicznym do dzisiaj; oficjalnie wysłany w celu 70 dniowych badań zewnętrznych warstw ziemskiej atmosfery; w rzeczywistości był to statek sprawdzający możliwość wykorzystania satelity do zadań wywiadowczych.

Zdjęcia wykonywane kamerą fotograficzną KVR-1000 (TK 350) i KFA-1000. Satelita umieszczony jest na wysokości około 280 km, okrąża Ziemię w czasie 89 minut. Zdolność rozdzielczą filmu ocenia się na 145-160 linii/m, a rozdzielczość zdjęć – na 5-10 metrów.

KOSMOS 2373

Kosmos 2373 – działał w ramach programu uruchomionego w ZSRR w roku 1981 do precyzyjnych pomiarów topograficznych. Satelita działał w okresie 29/09/2000 - 14/11/2000, na wysokości 211 km, z okresem obiegu 98 min.

Wyposażony był w 2 sensory optyczne: KVR-1000 i TK 350.

KVR-1000		TK 350	
Spectrum	VIS (~0.40 μm to ~0.75 μm)	Spectrum	VIS (~0.40 μm to ~0.75 μm)
Resolution class	Very High (< 5 m)	Resolution class	High (5 m – 20 m)
PAN resolution	2 m	PAN resolution	10 m
MS resolution	m	MS resolution	m
Swath	40 km	Swath	189 km
Revisit Time	days	Revisit Time	days
Max look angle	20°	--	--

SPOT

SPOT (*Système Probatoire d'Observation de la Terre* lub *Satellite Pour l'Observation de la Terre*) – program utworzony w 1978 r. przez **Francję, Belgię i Szwecję**. 21 lutego **1986** r. z centrum kosmicznego w Gujanie Francuskiej wystrzelono za pomocą rakiety Ariane pierwszego satelitę (SPOT 1) wchodzącego w skład tego systemu.

Okrąża Ziemię w czasie 101 minut, na wysokości 832 km, po orbicie kołowej.

Nad tym samym punktem globu znajduje się co 26 dni. Częstość wykonywania zobrażeń tego samego wycinka terenu można zwiększyć, dzięki możliwości zrobienia przez skaner zdjęć wychylonych.

Na pokładzie SPOT 5 pracują 4 skanery: dwa skanery HRG i jeden skaner HRS, obrazujące powierzchnię Ziemi w pasie o szerokości 60 km oraz jeden skaner VEG, obrazujący pas szer. 2250 km.

SPOT 5

Źródło: <http://commons.wikimedia.org/>

SPOT

SATELITA	POCZĄTEK MISJI	KONIEC MISJI	KANAŁY HRV	KANAŁY HRVIR	KANAŁY HRG	VEGETATION	Rozdzielczość radiometryczna
SPOT-1	21.02.1986	04.02.2002	P: 0,50-0,73				8 bitów
			B1: 0,50-0,59				
			B2: 0,61-0,68				
			B3: 0,78-0,89				
SPOT-2	21.01.1990	31.03.2002	P: 0,50-0,73				8 bitów
			B1: 0,50-0,59				
			B2: 0,61-0,68				
			B3: 0,78-0,89				
SPOT-3	25.09.1993	14.11.1997	P: 0,50-0,73				8 bitów
			B1: 0,50-0,59				
			B2: 0,61-0,68				
			B3: 0,78-0,89				
SPOT-4	24.03.1998	31.03.2002		P: 0,61-0,68		--	HRVIR – 8 bitów
				B1: 0,50-0,59		B0: 0,43-0,47	VEG – 10 bitów
				B2: 0,61-0,68		B2: 0,61-0,68	
				B3: 0,78-0,89		B3: 0,79-0,69	
				B4: 1,58-1,75		B4: 1,58-1,75	
SPOT-5	3.05.2002				P: 0,48-0,71	--	HRG – 8 bitów
					B1: 0,50-0,59	B0: 0,43-0,47	VEG – 10 bitów
					B2: 0,61-0,69	B2: 0,61-0,68	
					B3: 0,78-0,89	B3: 0,79-0,69	
					B4: 1,58-1,75	B4: 1,58-1,75	
SPOT-6	09.09.2013						

SPOT 6

Data umieszczenia na orbicie: 09.09.2012

Rozdzielczość przestrzenna:

- Panchromatic: 1.5 m
- Colour merge: 1.5 m
- Multispectral: 8 m

Rozdzielczość spektralna:

- Blue (0.455 μm – 0.525 μm)
- Green (0.530 μm – 0.590 μm)
- Red (0.625 μm – 0.695 μm)
- Near-Infrared (0.760 μm – 0.890 μm)

Szerokość sceny: 60 x 60 km (nadir)

Rozdzielczość czasowa: 24 godz.

IKONOS (Space Imaging, USA) -
prace rozpoczął w ostatnim
24 września **1999** r.

Satelita porusza się po orbicie
okołobiegunowej, na
wysokości 681 km, okrążając
Ziemię w ciągu 98 minut.

Nad tym samym punktem globu
znajduje się co 3 dni.

Kamera, rejestrująca
promieniowanie, została
skonstruowana przez firmę
Estman Kodak. Obrazuje
scenę o szer. 11,3 km.

IKONOS 2

Satelita i rodzaj skanera	Rozdzielczość spektralna w μm (i terenowa w m)
Ikonos 2	PAN: 0.526 - 0.929 (1) 1 (B): 0.445 - 0.516 (4) 2 (G): 0.506 - 0.595 (4) 3 (R): 0.632 - 0.698 (4) 4 (NIR): 0.757 - 0.853 (4)

Rzeczywista rozdzielczość terenowa wynosi: 0,82 m (PAN) i 3,2 m.

Rozdzielczość radiometryczna: 11 bit/piksel.

TERRA

TERRA – 18 grudnia **1999** z bazy Vandenberg w Kalifornii wystartowała rakieta Atlas II, która wyniosła na orbitę satelitę środowiskowego Terra (EOS AM-1), będącego owocem współpracy pomiędzy NASA i JPL a agencjami kosmicznymi Kanady i Japonii.

Terra nazywana jest 'flagowym okrętem' systemu EOS (Earth Observing System).

Satelita Terra wyposażony jest w 5 instrumentów służących do monitorowania stanu środowiska naturalnego na Ziemi oraz zmian klimatycznych:

- **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
- CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)
- MISR (Multi-angle Imaging SpectroRadiometer)
- **MODIS** (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)
- MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere)



TERRA ASTER

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) – japoński sensor zamontowany na satelicie **Terra**, wystrzelonym na orbitę przez NASA 18 grudnia **1999**.

ASTER dostarcza danych do mapowania temperatury powierzchni, emisyjność, współczynnik odbicia światła oraz informacje wysokościowe.

TERRA ASTER

Źródło:

http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Spaceborne_Thermal_Emission_and_Reflection_Radiometer

Kanał	Etykieta	Zakres spektralny (μm)	Rozdzielczość terenowa (m)	Nadir lub Backward	Opis
B1	VNIR_Band1	0.520–0.600	15	Nadir	Visible Green/Yellow
B2	VNIR_Band2	0.630–0.690	15	Nadir	Visible Red
B3	VNIR_Band3N	0.760–0.860	15	Nadir	Near Infrared
B4	VNIR_Band3B	0.760–0.860	15	Backward	
B5	SWIR_Band4	1.600–1.700	30	Nadir	Short-wave Infrared
B6	SWIR_Band5	2.145–2.185	30	Nadir	
B7	SWIR_Band6	2.185–2.225	30	Nadir	
B8	SWIR_Band7	2.235–2.285	30	Nadir	
B9	SWIR_Band8	2.295–2.365	30	Nadir	
B10	SWIR_Band9	2.360–2.430	30	Nadir	
B11	TIR_Band10	8.125–8.475	90	Nadir	Long-wave Infrared lub thermal IR
B12	TIR_Band11	8.475–8.825	90	Nadir	
B13	TIR_Band12	8.925–9.275	90	Nadir	
B14	TIR_Band13	10.250–10.950	90	Nadir	
B15	TIR_Band14	10.950–11.650	90	Nadir	

ASTER - VNIR

VNIR (Visible and Near-InfraRed) – zobrazowania w zakresie światła widzialnego i podczerwieni, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 400 do 1400 nm (a także do 1500 oraz do 2500 nm).

Tego typu zobrazowania są wykonywane m.in. przez sensory ASTER.

Inne zakresy:

- **SWIR (Short-Wave InfraRed)** – zobrazowania w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 1600 do 2400 nm.
- **TIR (Thermal InfraRed)** – zobrazowania w zakresie podczerwieni termalnej, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 8125 do 11650 nm.



TERRA MODIS

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) – sensor umieszczony na dwóch satelitach: TERRA (od 1999) oraz AQUA (od 2002).

Dostarcza dane w **36 kanałach**, które umożliwiają mapowanie różnego rodzaju informacji o środowisku o rozdzielczości przestrzennej, od **250 do 1000 m**.

Przykładowym globalnym produktem z MODIS jest indeks produkcji pierwotnej, który jest używany w ekohydrologii.

Zbliżonym indeksem jest kolor oceanu używany do oceny chlorofilu w oceanie.

Wyniki z MODIS używane są także do oceny ilości aerozoli w powietrzu i oceny albedo ziemskiego.

TERRA MODIS

Orbit:	705 km, heliosynchroniczna, bliskopolarna, kołowa
Scena:	2330 km
Teleskop:	Średnica: 17,78 cm
Wymiary:	1,0 x 1,6 x 1,0 m
Waga:	228,7 kg
Rozdzielczość radiometryczna:	12 bit
Rozdzielczość przestrzenna:	250 m (kanały 1-2)
	500 m (kanały 3-7)
	1000 m (kanały 8-36)

TERRA MODIS

Zastosowanie	Numer kanału	Zakres spektralny [nm]	Zastosowanie	Numer kanału	Zakres spektralny [μm]	
Granice Terenu/chmur/aerosoli	1	620 - 670	Temperatura powierzchni/chmur	20	3,660 - 3,840	
	2	841 - 876		21	3,929 - 3,989	
Właściwości Terenu/chmur/aerosoli	3	459 - 479		22	3,929 - 3,989	
	4	545 - 565		23	4,020 - 4,080	
	5	1230 - 1250		Temperatura atmosfery	24	4,433 - 4,498
	6	1628 - 1652			25	4,482 - 4,549
	7	2105 - 2155	Chmury pierzaste Para wodna	26	1,360 - 1,390	
Kolor oceanu/ Fitoplankton/ Biochemia	8	405 - 420		27	6,535 - 6,895	
	9	438 - 448		28	7,175 - 7,475	
	10	483 - 493	29	8,400 - 8,700		
	11	526 - 536	30	9,580 - 9,880		
	12	546 - 556	Temperatura powierzchni/chmur	31	10,780 - 11,280	
	13	662 - 672		32	11,770 - 12,270	
	14	673 - 683	Wysokość najwyższych chmur	33	13,185 - 13,485	
	15	743 - 753		34	13,485 - 13,785	
16	862 - 877	35		13,785 - 14,085		
Para wodna w atmosferze	17	890 - 920		36	14,085 - 14,385	
	18	931 - 941				
	19	915 - 965				

EROS A

EROS – 5 grudnia **2000** roku, Izraela umieszcza na orbicie satelitę **EROS A**, który rejestruje:

- zakres panchromatyczny,
- z rozdzielczością terenową 1,9 metra,
- w zapisie 10 bitowym.

Ważył przy wystrzeleniu 250 kg.

Satelita znajduje się na niskiej orbicie, na wysokości 480 km.

Szerokość sceny w nadirze wynosi 14 km.

EROS B

Satelita obserwacyjny **EROS B** został wystrzelony 25 kwietnia 2006. Satelita dostarcza handlowych obrazów z rozdzielczością do 70 cm. Od momentu wystrzelenia nadzoruje nuklearny program Iranu.

Satelita i rodzaj skanera	Rozdzielczość spektralna w μm (i terenowa w m)
EROS A	PAN: 0,5-0,9 (1,9)
EROS B	PAN: 0,5-0,9 (0,7)

ORBVIEW

OrbView – seria satelitów umieszczana na orbicie od 1995 roku przez firmę Orbital Imaging Corporation (ORBIMAGE) z USA. W 2007 roku nazwę firmy zmieniono na GeoEye Inc.

satelita	umieszczony na orbicie	sensory	inne nazwy
OrbView-1	01-04-1995	GPS/MET, OTD	Microlab-1
OrbView-2	01-08-1997	SeaWiFS	SeaStar
OrbView-?	21-08-2001 (awaria)	PAN+MS+HS	OrbView-3
OrbView-3	26-06-2003	PAN +MS	-

QUICKBIRD

QuickBird (QuickBird 2) – satelita umieszczony na orbicie w październiku 2001 roku przez firmę DigitalGlobe (USA).

Satelita i rodzaj skanera	Rozdzielczość spektralna w μm (i terenowa w m)
QuickBird	PAN: 0,450-0,900 (0,61 - 0,72) 1: 0,450 - 0,520 (2,44 - 2,88) 2: 0,520 - 0,600 (2,44 - 2,88) 3: 0,630 - 0,690 (2,44 - 2,88) 4: 0,760 - 0,900 (2,44 - 2,88)

QUICKBIRD – CENY

QuickBird High-Resolution 60cm and 2.44m Satellite Imagery, Pricing per Sq. Km.

QuickBird Product Description	Image Library (where available)	New Collect (standard tasking)
60 cm Pan (black & white)	\$16	\$22
2.44m Multispectral (four bands)	\$16	\$22
60 cm 3-band PSM (single 3-band GeoTiff -- true / natural or false / infra-red color)	\$16	\$22
60 cm 4-band PSM (all four bands, R,G,B,NIR, as four band-separated GeoTiff images)	\$17	\$28
Bundle (60cm Pan + 2.44m MS)	\$17	\$28

QuickBird Notes: Minimum order from archive (if available) = 25 sq. km., minimum order for new collect = 64 square km. All prices in \$USD and subject to change with out notice. Cloud cover is guaranteed to be 20% or less, for 50% sur-charge imagery can be guaranteed to be cloud-free. Educational discount = \$4 per sq. km. Global license upgrade = 35% sur-charge. An order is a contiguous area, minimum dimension of each side defining area of interest (width) is 5km. PSM (pan-sharpened multi-spectral -- "colorized"). Off-nadir options are 0 - 15 degrees or 0 - 25 degrees. Projection options are UTM or State Plane. Datum / Ellipsoid options are WGS 84 or GRS 1980 / NAD 83. Cubic convolution (recommended) or nearest neighbor re-sampling. Standard deliverables are CD-ROM or DVD-ROM. Contact us for large-format color plotting options.

Źródło: <http://landinfo.com/qb.htm> z dnia 22.11.2009 r.

QUICKBIRD – CENY

QuickBird Pricing

60cm and 2.4m Satellite Imagery - Pricing per square kilometer.

Product Type	Image Library (Archive)	Select Tasking (New)
Panchromatic, Multispectral (4-Band), Natural Color or Color Infrared	\$14	\$20
Pan-Sharpened (4-Band) or Bundle (Pan + MS)	\$17	\$23

QuickBird Notes:

- Minimum order area for archive imagery (if available) = 25 sq. km.
- Minimum order cost for new "Select Tasking" collection = \$1,800 USD
- Unless already in archive, QuickBird does not collect stereo imagery
- Cloud Cover specification for "Select Tasking" orders is 15% or less
- Additional "priority" tasking levels available
- All prices in \$USD and subject to change without notice
- Licensing fees will apply for 6+ end users (up to 5 included in base price)
- DigitalGlobe offers a 20% "Educational" discount for any non-commercial study or research undertaken solely to further education and not for commercial exploitation
- Government and Bulk pricing available

Źródło: <http://landinfo.com/qb.htm> z dnia 07.10.2012 r.

GEOEYE-1

GeoEye-1 – sztuczny satelita optycznej obserwacji Ziemi; własność spółki GeoEye (dawniej Orbimage), która dysponuje dodatkowo satelitami IKONOS i OrbView. Umieszczony na orbicie okołobiegunowej 6 września **2008**.

Satelita dysponuje sprzętem obserwacyjnym zapewniającym najwyższą rozdzielczość obrazu wśród satelitów komercyjnych. Z powodu obostrzeń prawnych, fotografie o rozdzielczości <50 cm będą do dyspozycji rządu USA i wyznaczonych przez niego podmiotów. Satelita umożliwia też geolokalizację obiektów na powierzchni Ziemi z dokładnością 3 m (bez naziemnych punktów odniesienia). Szerokość fotografowanego obszaru wynosi 15,2 km.

Satelita obrazuje Ziemię w 5 kanałach z głębią 11 bitów/piksel:

- panchromatycznym, 450-800 nm (41 cm),
- niebieskim, 450-510 nm (165 cm),
- zielonym, 510-580 nm (165 cm),
- czerwonym, 655-690 nm (165 cm),
- podczerwonym, 780-920 nm (165 cm).

Dane są gromadzone w rejestratorze o pojemności 1,2 Tb. Transfer na Ziemię odbywa się w paśmie X z prędkością 150 lub 740 Mbps. Głównym procesorem satelity jest RAD750 z automatycznie uruchamianym zespołem zapasowym.

GEOEYE-2

GeoEye-2 – sztuczny satelita do optycznej obserwacji Ziemi; własność spółki GeoEye (dawniej Orbimage), planowany do umieszczenia na orbicie okołobiegunowej w roku **2013**. Planowana rozdzielczość przestrzenna: **34 cm** (wcześniej planowano 25 cm).



GEOEYE-1

WORLDVIEW-1

WorldView-1 – jeden z dwóch satelitów konstelacji WorldView, należącej do firmy DigitalGlobe, realizującej kontrakt amerykańskiej Narodowej Agencji Wywiadu Geoprzestrzennego (NGA), pod nazwą NextView. Umieszczony na orbicie 18 września **2007** r.

Pierwszy komercyjny satelita potrafiący wykonywać zdjęcia powierzchni Ziemi z rozdzielczością **50 cm**. Jego misja ma trwać ok. 7 lat. Zdjęcia realizowane są poprzez teleskop (WorldView-60) o śr. 61 cm.

Dzięki wysokiej stabilności na orbicie, dokładnym odbiornikom **GPS** oraz możliwości szybkiej zmiany punktu obserwacji, satelita będzie służył również geolokacji, z dokładnością od 2 do 7,6 m.

WORLDVIEW-1

wysokość orbity	496 km
rodzaj orbity	helisynchroniczna
okres obiegu	95 min
czas rewizyty	1,7 dnia (dla dokładności 100 cm) 5,4 dnia (dla dokładności 50 cm)
liczba kanałów	1
rozdzielczość spektralna	panchromatyczny (400-900 nm)
rozdzielczość przestrzenna	50 cm (nadir)
rozdzielczość radiometryczna	11 bit/pixel
szerokość sceny	17,6 km
dokładność geolokacji	2,0 m

WORLDVIEW-2

WorldView-2 – satelita konstelacji WorldView, należącej do firmy DigitalGlobe.

Umieszczony na orbicie 8 października **2009** r.

Pierwszy komercyjny satelita potrafiący wykonywać zdjęcia powierzchni Ziemi z rozdzielczością poniżej 0,5 m – **46 cm**. Jego misja ma trwać ok. 7 lat.

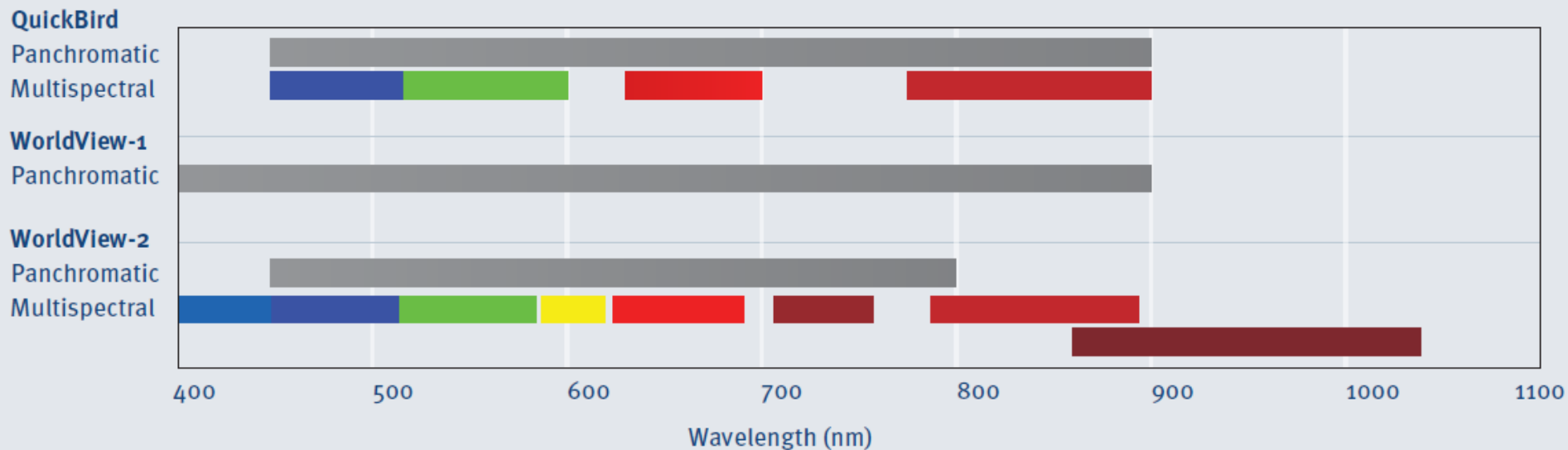
Posiada 8 kanałów spektralnych, w tym 4 nowe (Coastal Blue, Yellow, Red Edge, NIR 2).

Dzięki wysokiej stabilności na orbicie, dokładnym odbiornikom **GPS** oraz możliwości szybkiej zmiany punktu obserwacji, satelita służy również geolokacji, z dokładnością do 2 m.

WORLDVIEW-2

wysokość orbity	770 km	
rodzaj orbity	helisynchroniczna	
okres obiegu	100 min	
czas rewizyty	1,1 dnia (przy dokładności 100 cm)	
	3,7 dnia (przy dokładności 52 cm)	
liczba kanałów	9	
panchromatyczny	450-800 nm	46 cm
Coastal Blue	400-450 nm	184 cm
Blue	450-510 nm	
Green	510-580 nm	
Yellow	585-625 nm	
Red	630-690 nm	
RedEdge	705-745 nm	
NIR 1	770-895 nm	
NIR 2	860-1040 nm	
rozdzielczość radiometryczna	11 bit/pixel	
szerokość sceny	16,4 km	
dokładność geolokacji	2,0 m	

QUICKBIRD, WORLDVIEW-1, WORLDVIEW-2



RAPIDEYE

RapidEye – komercyjny system satelitarny zaprojektowany przez firmy MacDonald Dettwiler i RapidEye AG. **5** satelitów tego typu zostało wyniesionych w przestrzeń 29 sierpnia **2008** z kosmodromu Bajkonur. Projekt jest przewidziany na 7 lat.

liczba satelitów	5
wysokość orbity	630 km
rodzaj orbity	heliosynchroniczna
czas rewizyty	5,5 dnia
liczba kanałów	5
Blue	440 – 510
Green	520 – 590
Red	630 – 685
RedEdge	690 – 730
NIR	760 – 850
rozdzielczość przestrzenna	650 cm (nadir)
rozdzielczość radiometryczna	12 bit/pixel
szerokość sceny	77 km





LISTA SATELITÓW ŚRODOWISKOWYCH

<http://eoedu.belspo.be/en/satellites/launch.shtm>



Weather satellites

Launch Table

For more information about a satellite, click on the satellite name

Last update: October 4, 2010

SORT **ALPHABETICAL** **CHRONOLOGICAL** **BY COUNTRY**

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015





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	(http://pl.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-31_Navajo) 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 (ANG. DIGITAL MAPPING CAMERA)

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



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.

MODUŁY FDS

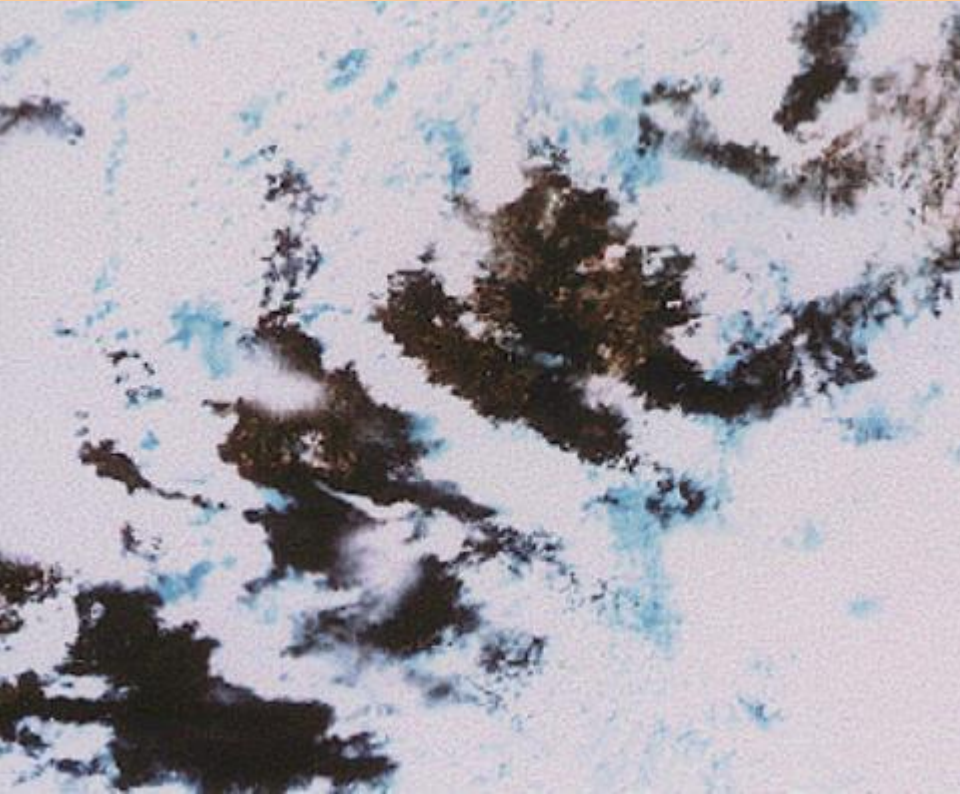
Magnetyczne nośniki danych – FDS (ang. *Flight Data Storage*) – 3 szt.

Każdy moduł FDS zapisuje dane na 2 dyskach twardej.

Pojemność pojedynczego modułu – 576 GB (3 moduły umożliwiają zapis 1728 GB = około 4400 zdjęć).

Moduły FDS komunikują się z kamerą przez interfejs światłowodowy (*Fibre Channel*) o przepustowości 1 GB/s.

OBRAZY SATELITARNE I RADAROWE



Landsat Thematic Mapper

ERS-1 SAR

Zobrazowanie wybrzeża Irlandii na zdjęciach wykonanych w tym samym czasie (09.08.1991) w zakresach: optycznym (Landsat Thematic Mapper) i mikrofalowym (ERS-1 SAR). [źródło: Europejska Agencja Kosmiczna]

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

ZOBRAZOWANIA RADAROWE

WYBRANE RADAROWE SATELITARNE SYSTEMY OBRAZOWANIA

System (kraj)	Rok wystrzelenia	Piksel [m]	Szer. pasa obrazowania [km]	Uwagi
ERS-1 (ESA)	1991	10-30	100	kanal C, 5,6 cm
ERS-2 (ESA)	1995	10-30	100	kanal C, 5,6 cm
JERS-1 (Japonia)	1992	18	75	brak danych
RADARSAT-1 (Kanada)	1995	9-100	50-500	kanal C, 5,6 cm
SRTM (USA, Niemcy, Włochy)	2000	30 30	225 45	kanal C, 5,6 cm kanal X, 3 cm IFSAR
Envisat (ESA)	2002	30-1000	100-405	kanal C, 5,6 cm pełna polaryzacja
SAR-X, CosmoSkymed-1 (Włochy)	2006	1-kilkadziesiąt	10-kilkaset	kanal X, 3,1 cm
RADARSAT-2 (Kanada)	2006	3-100	20-500	kanal C, 5,6 cm pełna polaryzacja
TerraSAR-X (Niemcy)	2006	1/3/16	10/30/100	kanal X, 3,1 cm
RISAT (Indie)	2006	3-50	10-240	kanal C
Surveyor SAR (Chiny)	2007	10/25	100/250	kanal C, 5 satelitów



ZOBRAZOWANIA RADAROWE



TERRASAR-X



TERRASAR-X

ZALETY I WADY OBRAZÓW SATELITARNYCH

ZALETY

- ciągłość informacji (zgodna z właściwościami środowiska przyrodniczego),
- możliwe jednorazowe pokrycie dużego obszaru terenu,
- obiektywność pomiaru fizycznego,
- niewielkie zniekształcenia geometryczne,
- powtarzalność zbierania informacji w regularnych odstępach czasu,

WADY

- większe koszty zakupu zdjęć,
- brak możliwości wykonania zdjęć w określonym terminie,
- mniejsza rozdzielczość,



NAZIEMNY SKANING LASEROWY - TECHNOLOGIA I SPRZĘT

NAZIEMNY SKANING LASEROWY

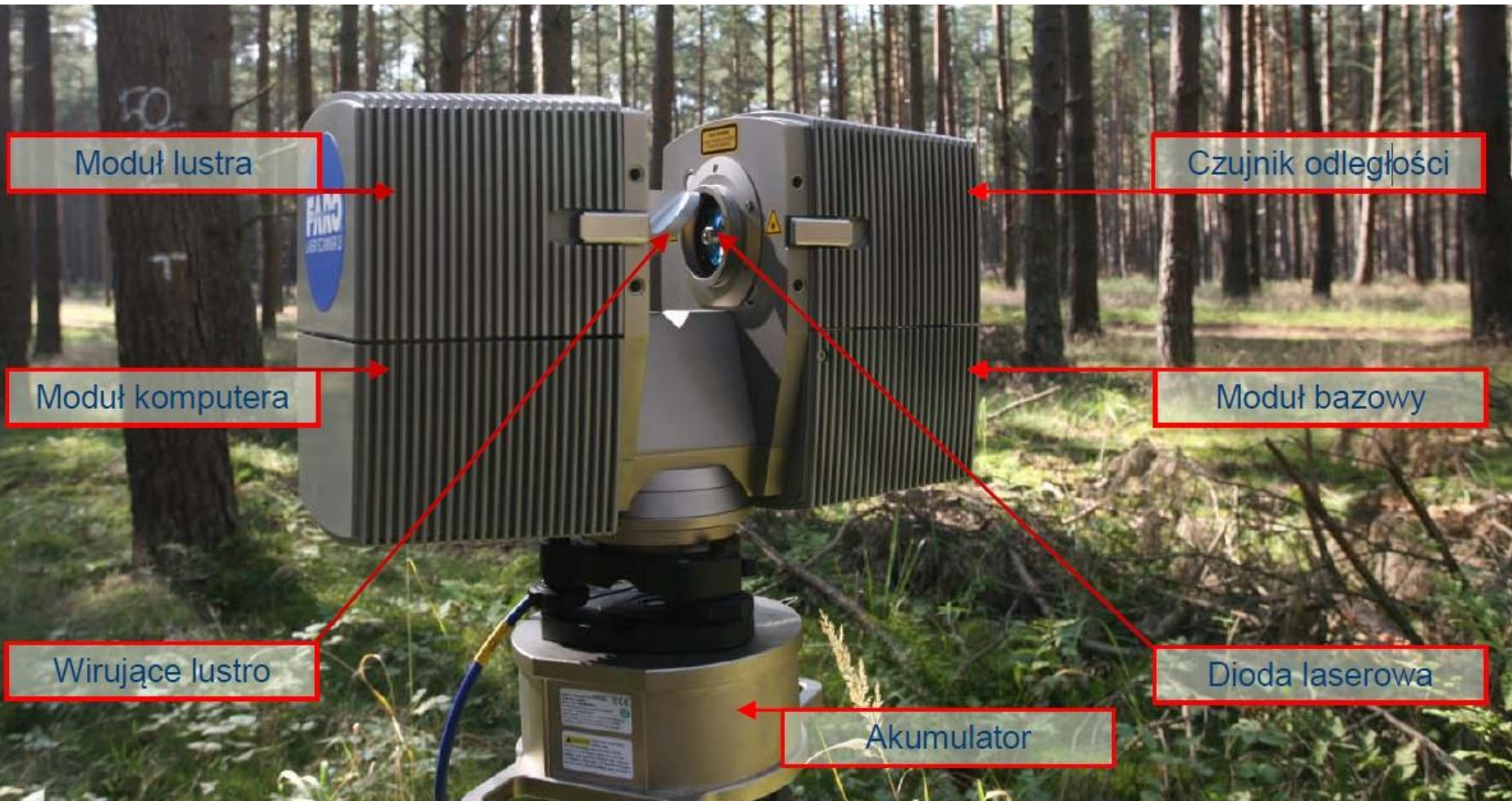
Naziemny skaniny laserowy (ang. *Terrestrial Laser Scanning* – TLS) – fotogrametryczna metoda pomiarowa, pozwalająca na rejestrację obiektów w przestrzeni w postaci chmury punktów.

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).

FARO LS 880 HE – BUDOWA





FARO FOCUS 3D – ZASADA DZIAŁANIA

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. poglądowne – 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

ZASTOSOWANIA



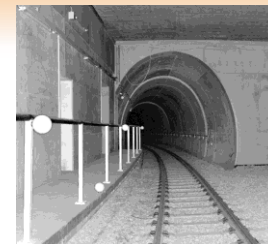
Architektura i konstrukcje



Przemysł samochodowy



Koleje i drogownictwo



Kolejnictwo i tunele



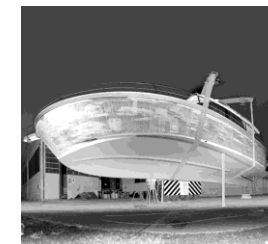
Przemysł chemiczny



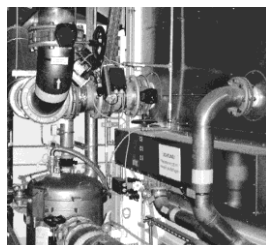
Ochrona zabytków



Kryminalistyka



Duże produkty



Elektronie



Przemysł petrochemiczny



Automatyzacja procesów



Leśnictwo

... 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 CO₂ wymienianych pomiędzy ekosystemem leśnym a atmosferą”



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



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

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:** ± 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° ; rozdzielczość 0.001° ; zakres pomiaru $\pm 15^\circ$

SKANER LASEROWY FARO FOCUS 3D

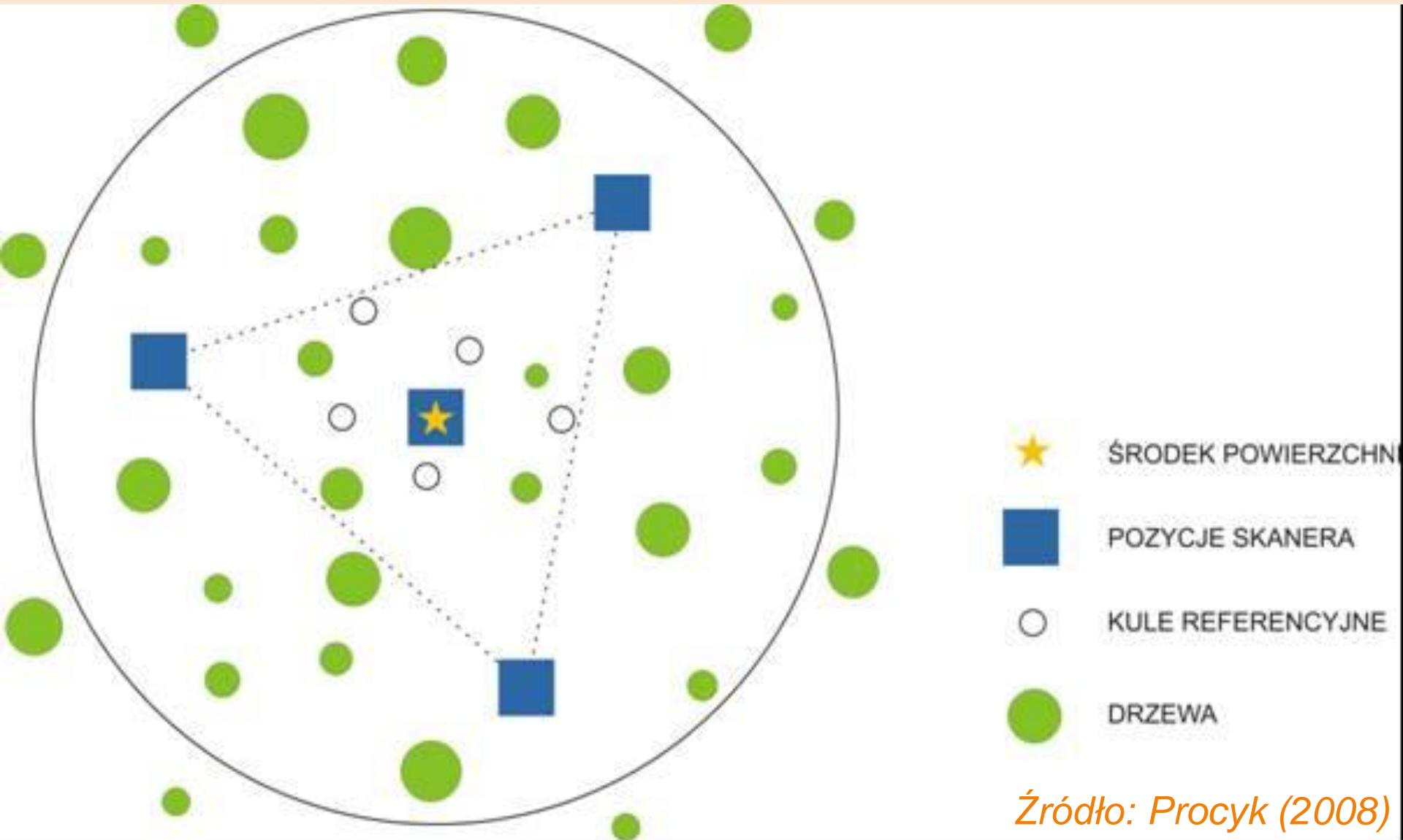


Dane techniczne:

- **Odległość:** 0.6 m - 120 m (v. 120), 0.6 m - 20 m (v. 20)
- **Błąd pomiaru:** ± 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

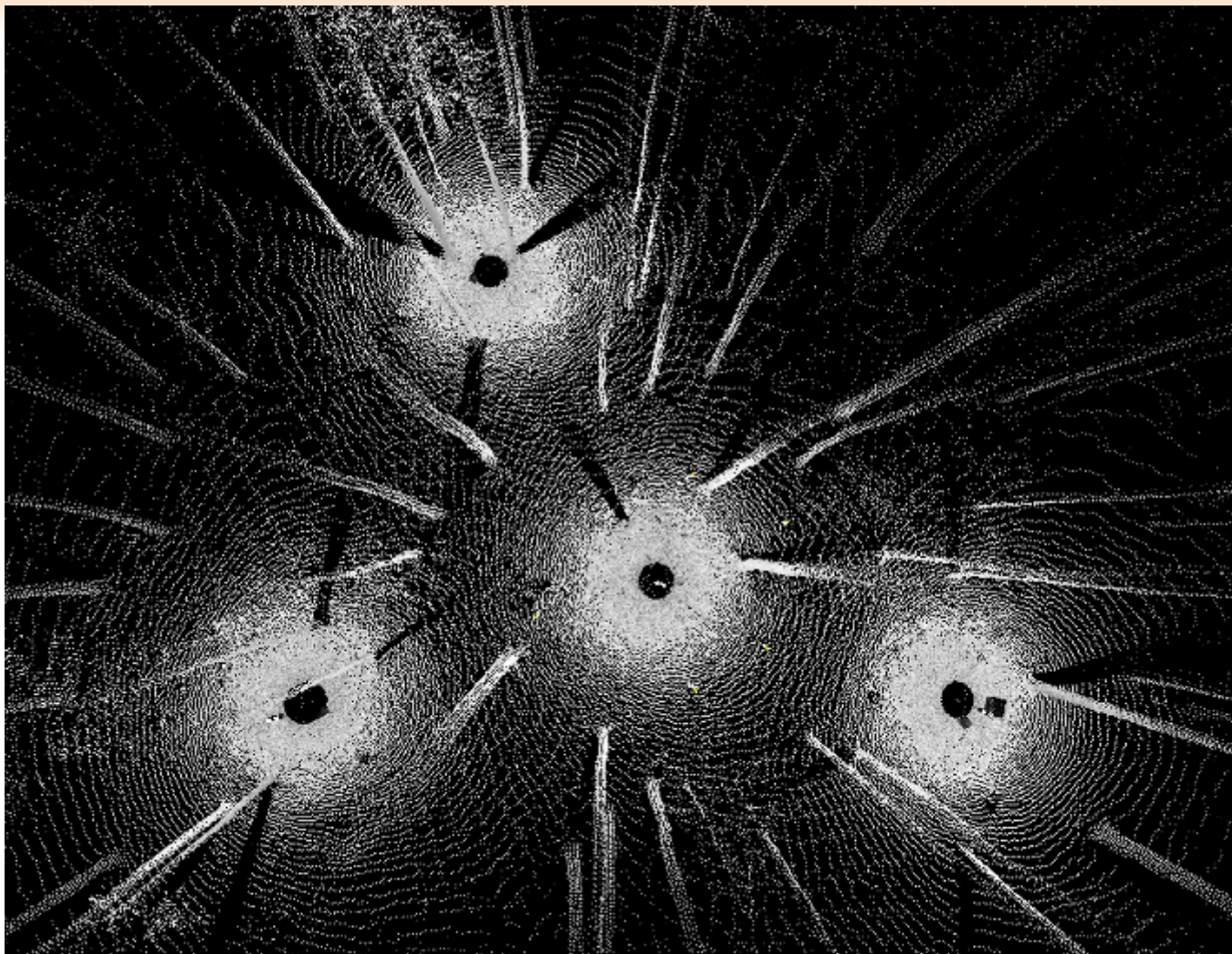
Schemat rozmieszczenia pozycji skanera na powierzchni kołowej

- w oparciu o skaning z czterech pozycji, wraz ze środkiem powierzchni



Źródło: Procyk (2008)

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

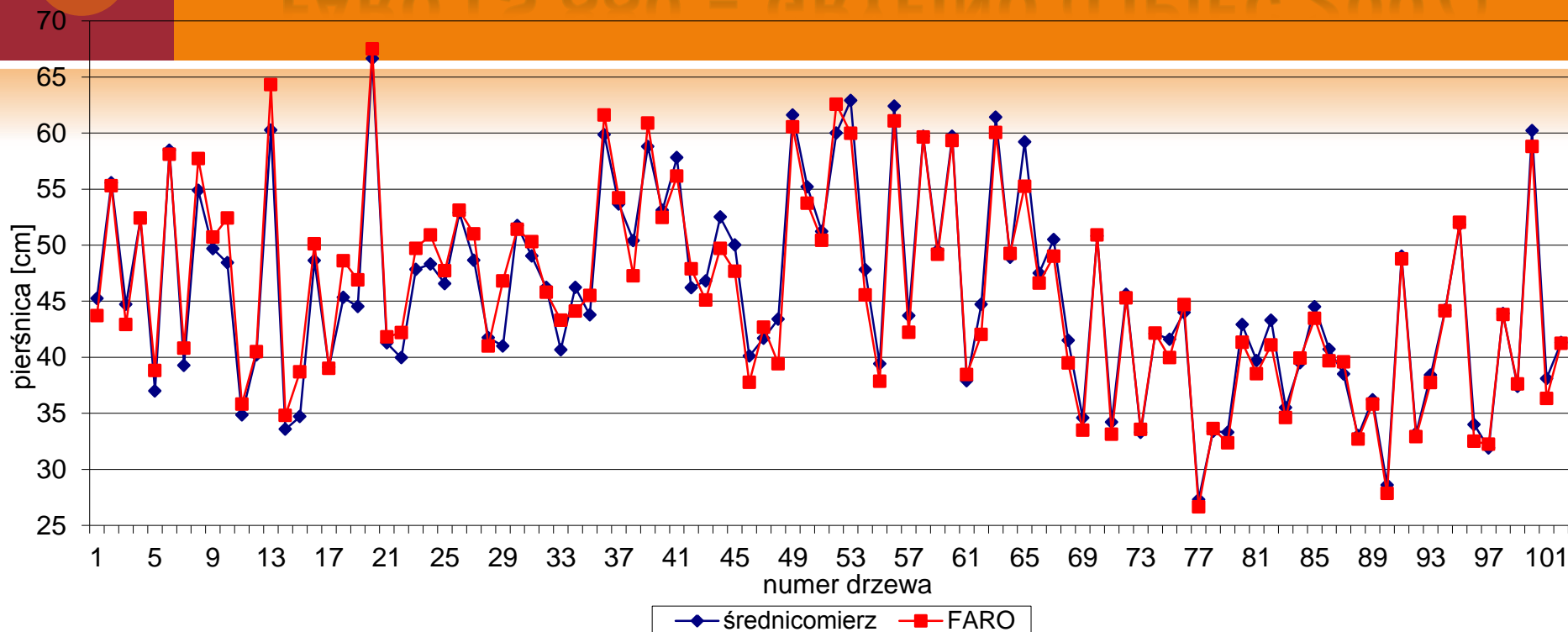
POWIERZCHNIE BADAWCZE



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)



Numer powierzchni	Klasa wieku	Liczba drzew	Średnia pierśnica [cm]			Odchylenie standardowe
			średnicomierz	FARO	różnica	
1	VI	37	46,83	48,09	-1,26	1,19
2	V	30	51,47	50,32	1,15	1,19
3	IV	35	39,64	39,08	0,56	0,54
razem		102	45,98	45,83	0,15	0,97

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 CO₂ WYMIENIANYCH POMIĘDZY EKOSYSTEMEM LEŚNYM A ATMOSFERĄ



FARO LS 880 – TUCZNO (WRZESIEŃ 2008)