

Radioteleskop RT90+

wyzwanie dla nauki
techniki i gospodarki

Andrzej Kus, Centrum Astronomii, UMK

Warszawa 25.03.2019



Centrum Astronomii UMK

<http://www.astro.uni.torun.pl>

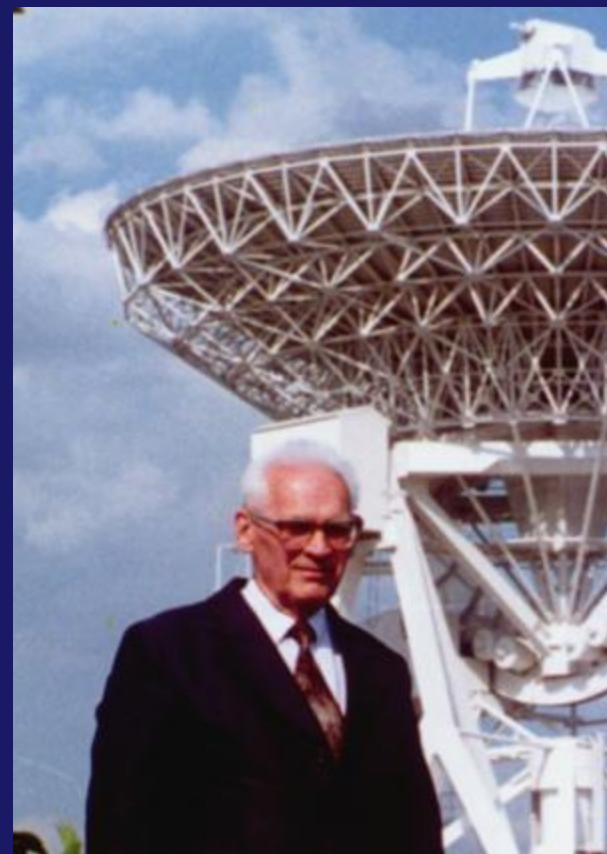




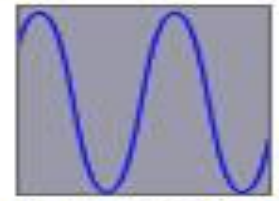
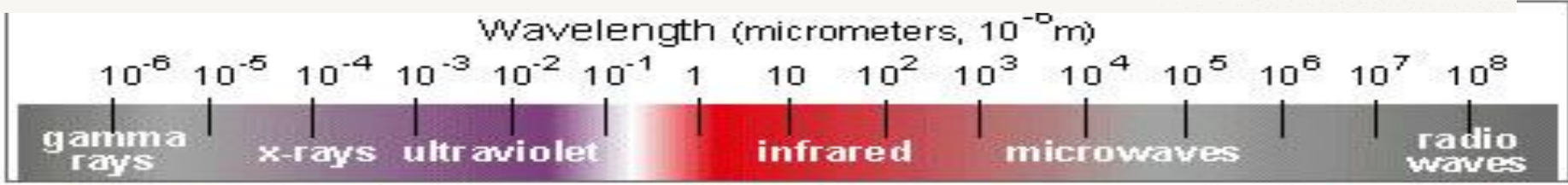
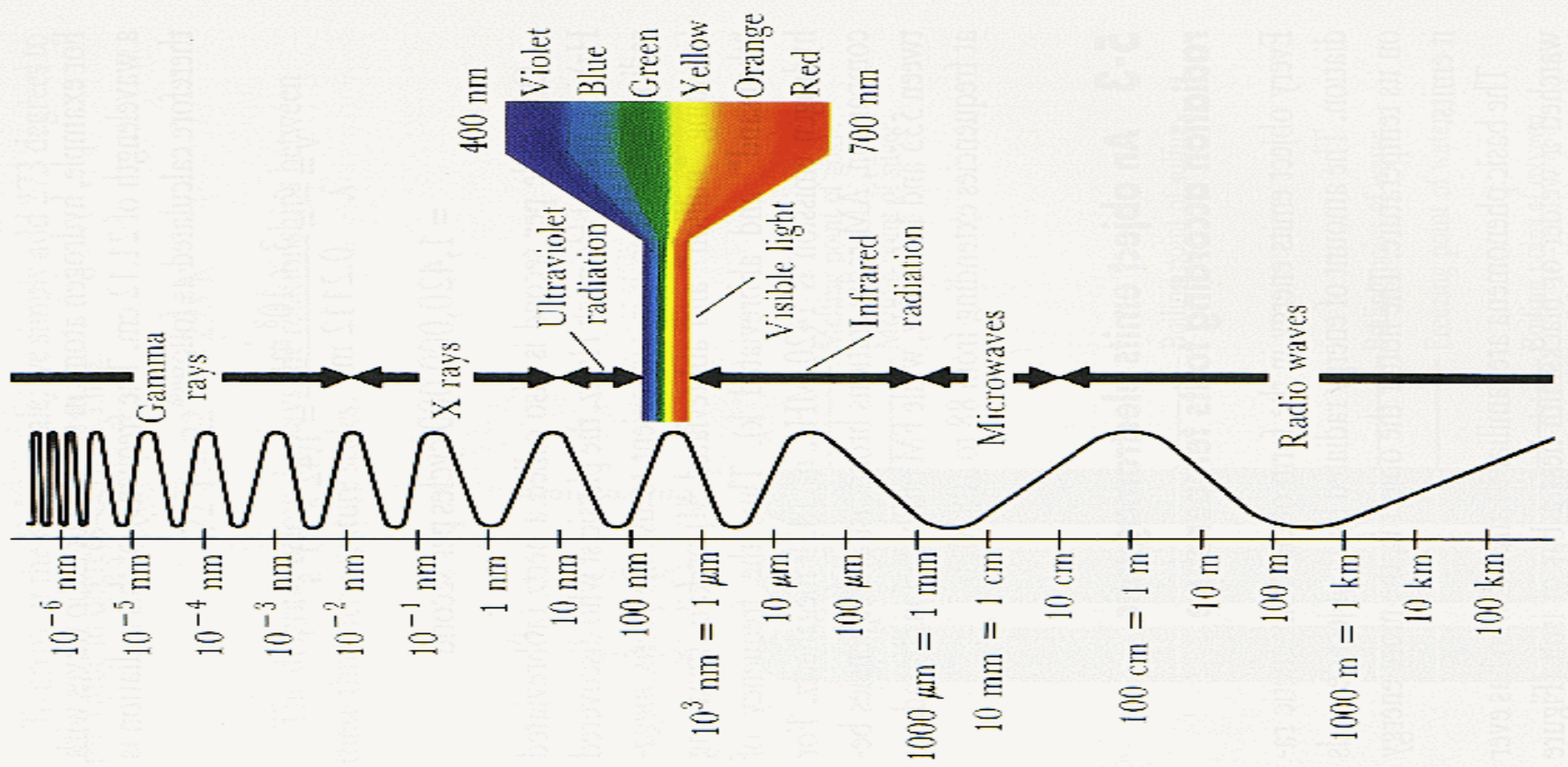
Prof. Wilhelmina Iwanowska
(1905 - 1999)



Prof. Władysław Dziewulski
(1878 - 1962)



Prof. Stanisław Gorgolewski
(1926 - 2011)

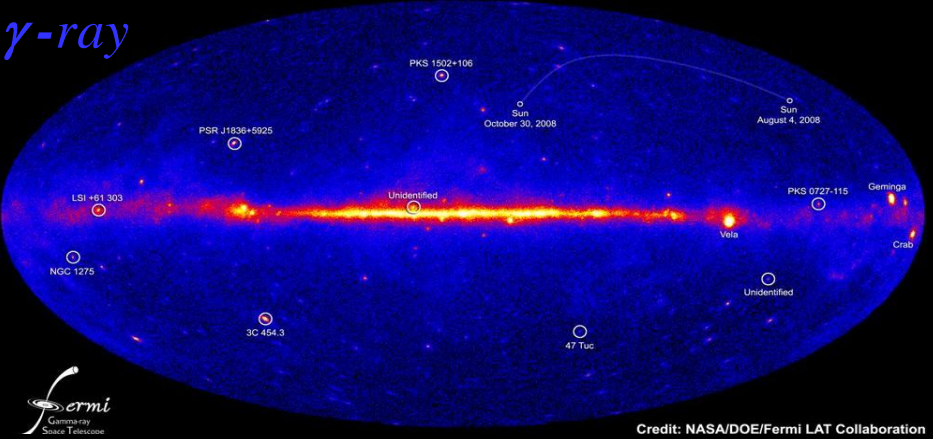


Short wavelength
High frequency
High energy



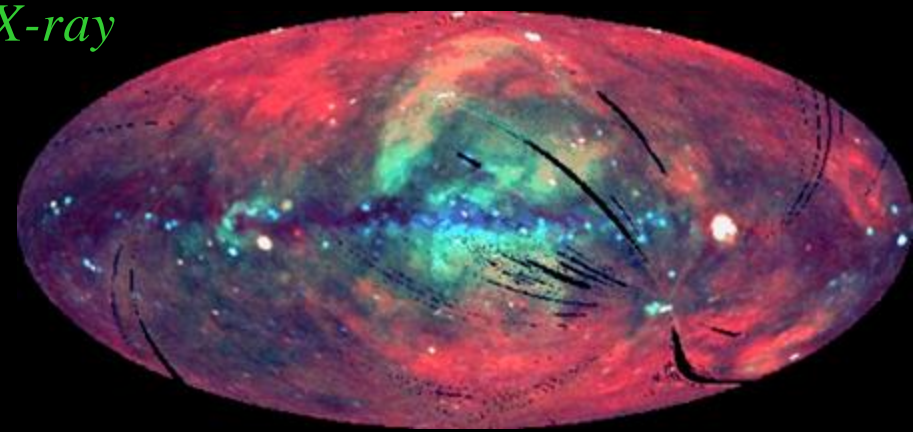
Long wavelength
Low frequency
Low energy

γ -ray



Credit: NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration

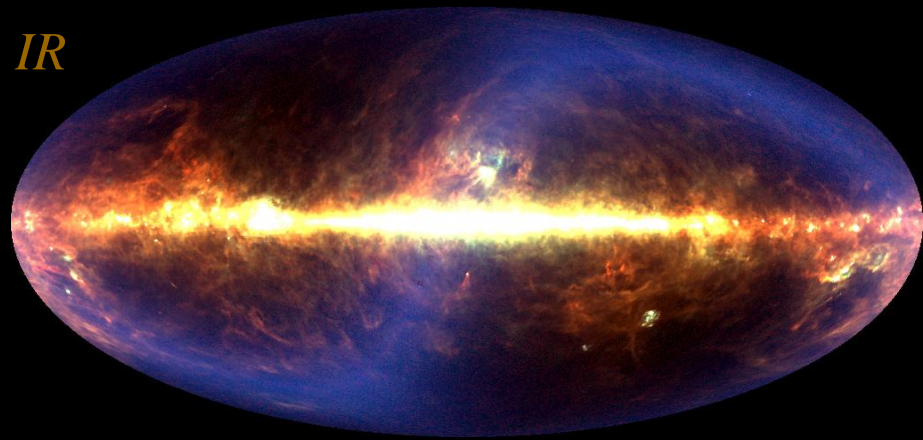
X-ray



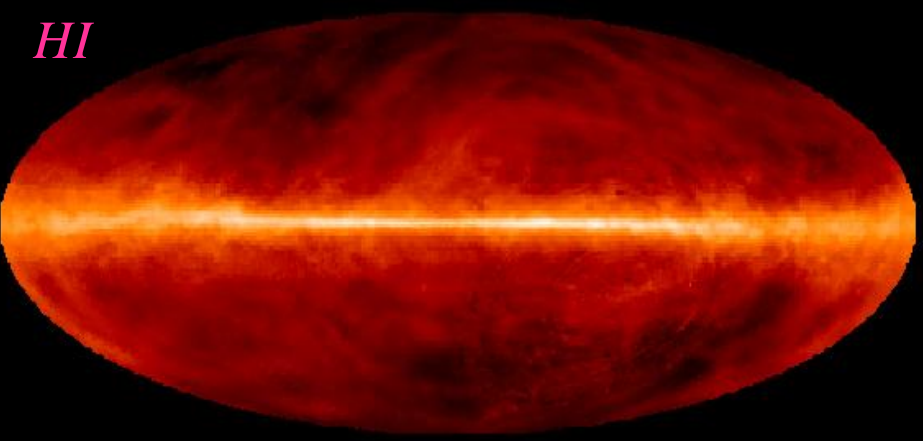
Visible light



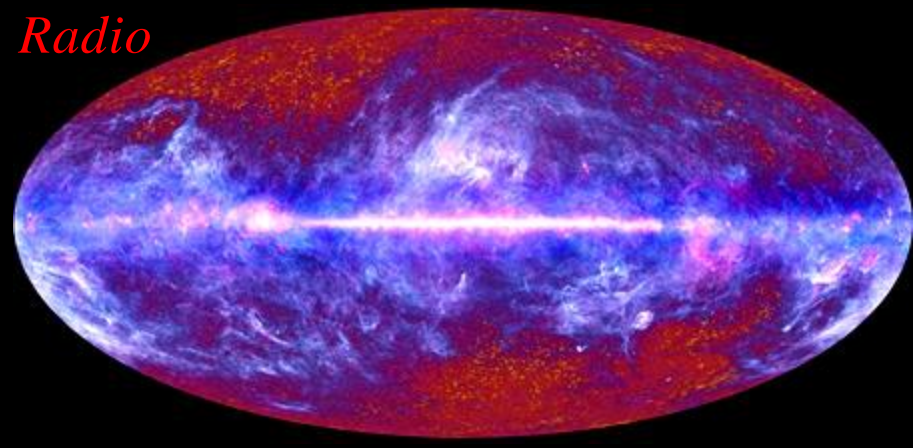
IR



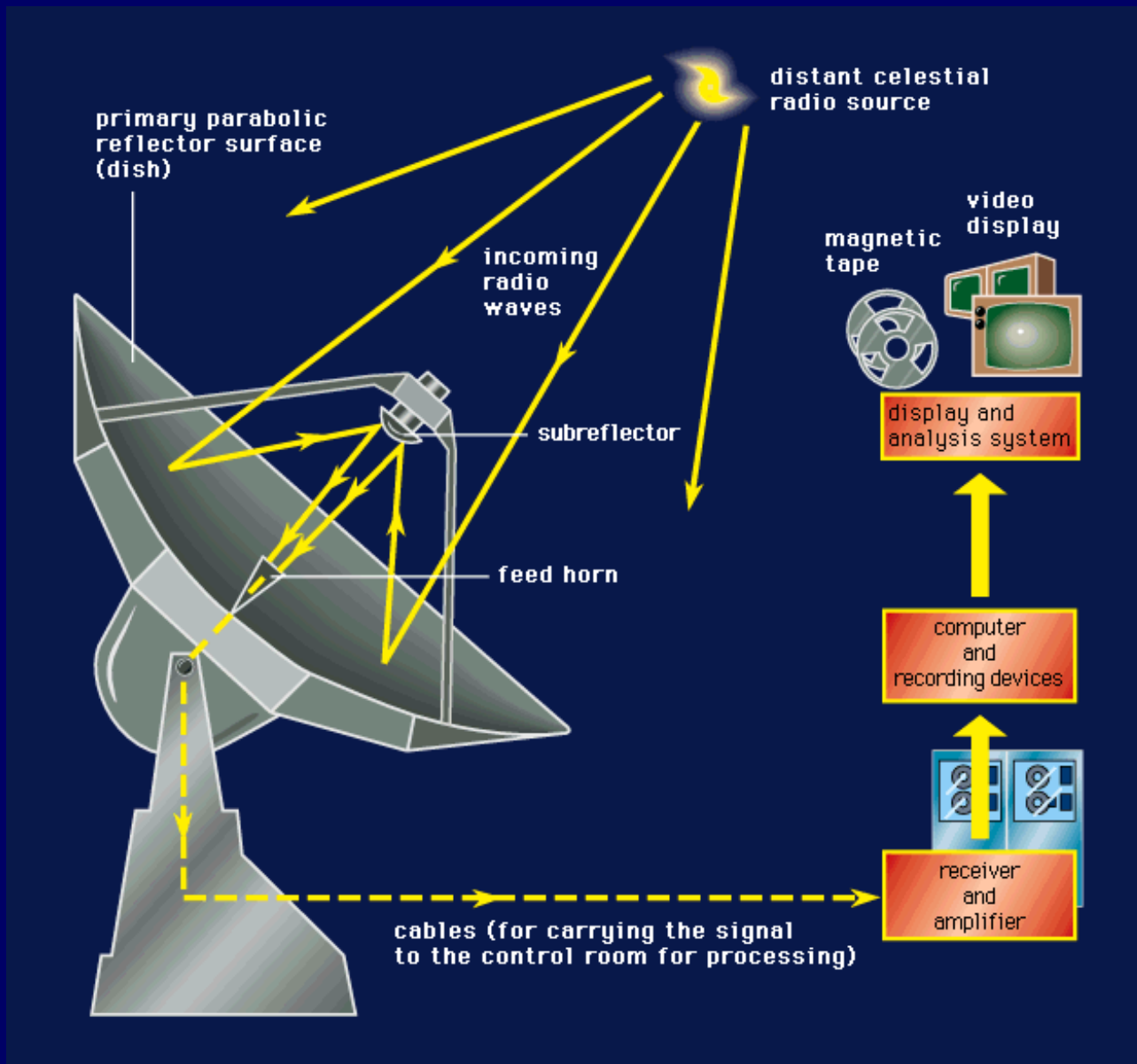
HI



Radio



radioteleskop



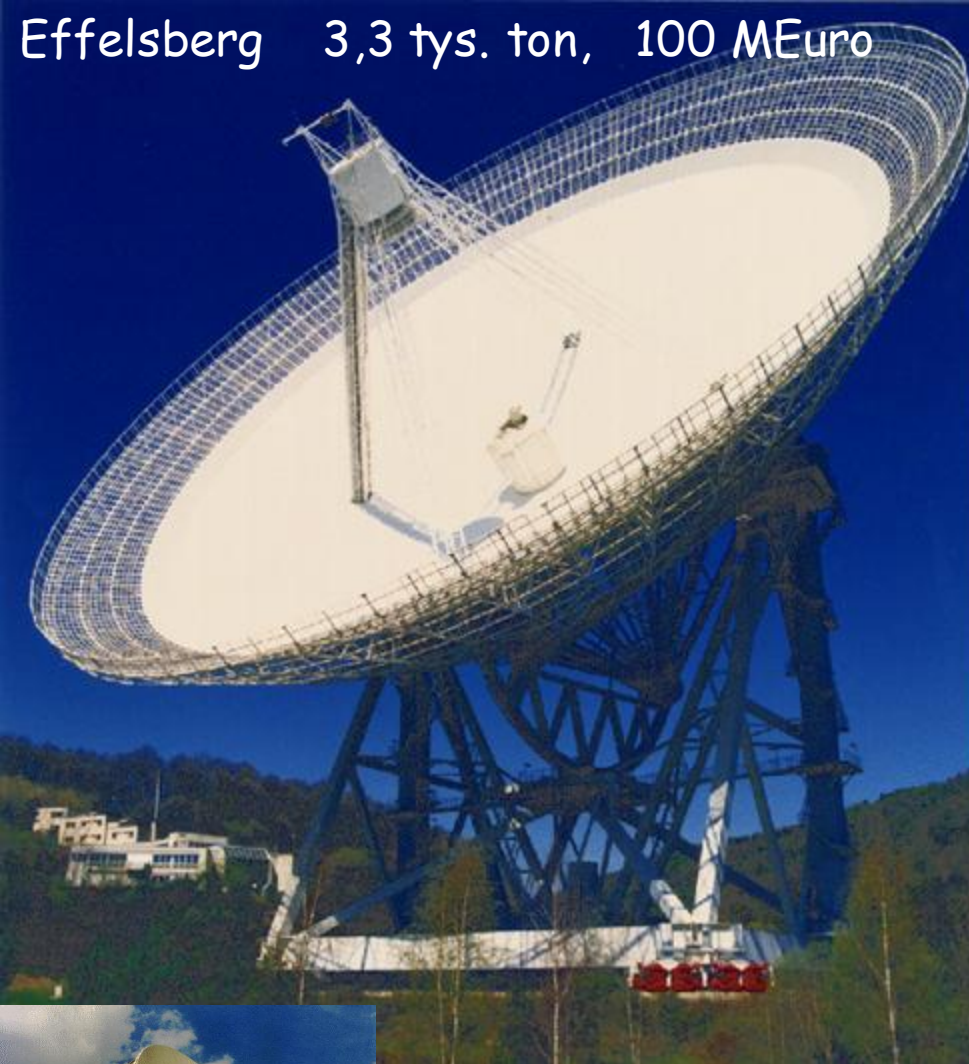
VLA/e-VLA 2012

*Very Large Array
NRAO, Socorro,
USA*

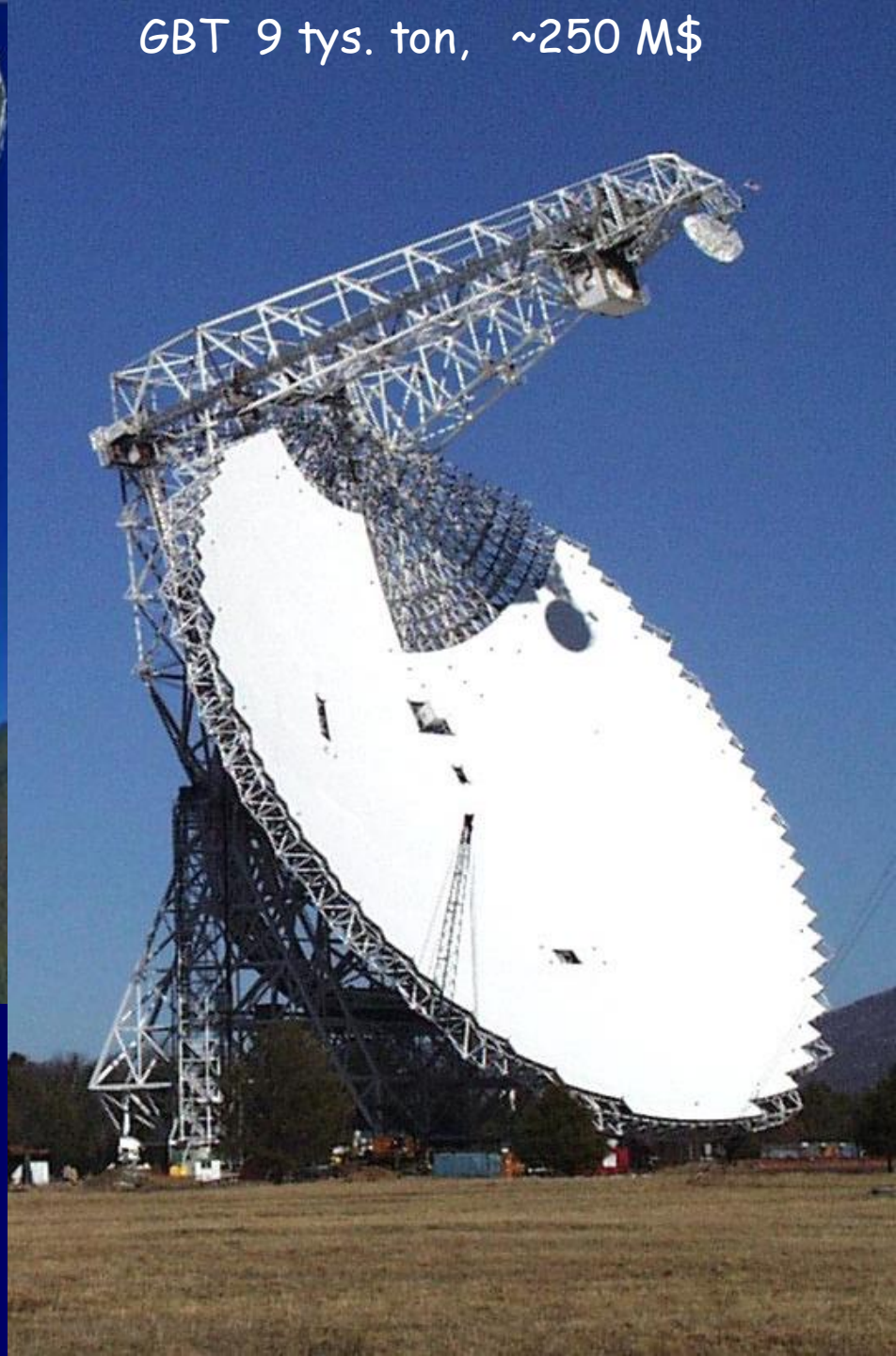
Built in 1972-1980
78 millions \$ (1975)



Effelsberg 3,3 tys. ton, 100 MEuro



GBT 9 tys. ton, ~250 M\$



RT4, weight 600 ton
cost ~8 MEuro

Sardinia Radio Telescope (2012)



60 MEuro

64 m SRT

New large radio telescopes



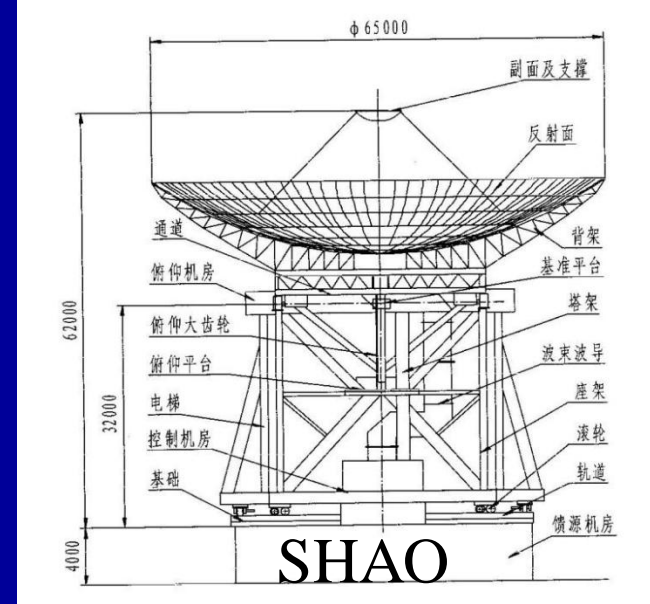
~30 MEuro

Yebes Spain 40m

frequency cover up to 100 GHz



Miyun
50m



Urumqi, Shanghai, NAOC

China Radio Telescopes

50m 65m 80, 120m

Five hundred meter Aperture Spherical Telescope

FAST w Chinach (2016)

Średnica 500 m
Efektywna 300m
Pokrycie nieba 10%
 $z > 40$ deg
70 MHz – 3 GHz
Precyzja pozycjonowania
Wiązka 3 – 18'
Koszt 160 mln. \$



ALMA - Atacama Large Millimeter Array

Projekt międzynarodowy (ESO, USA, Japonia)

~50 anten ~ 12m

Konfiguracja 0.15-10 km

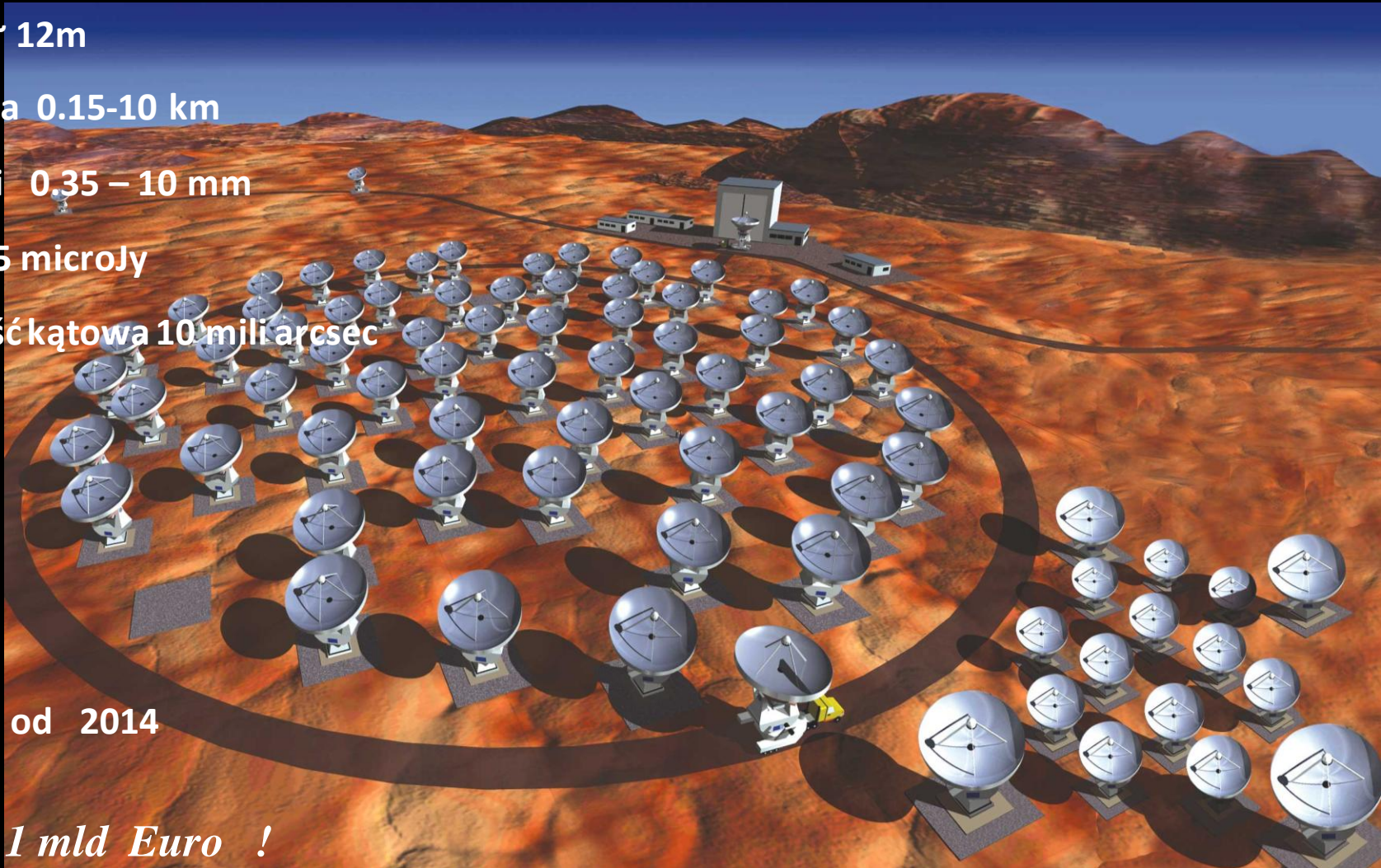
Długość fali 0.35 – 10 mm

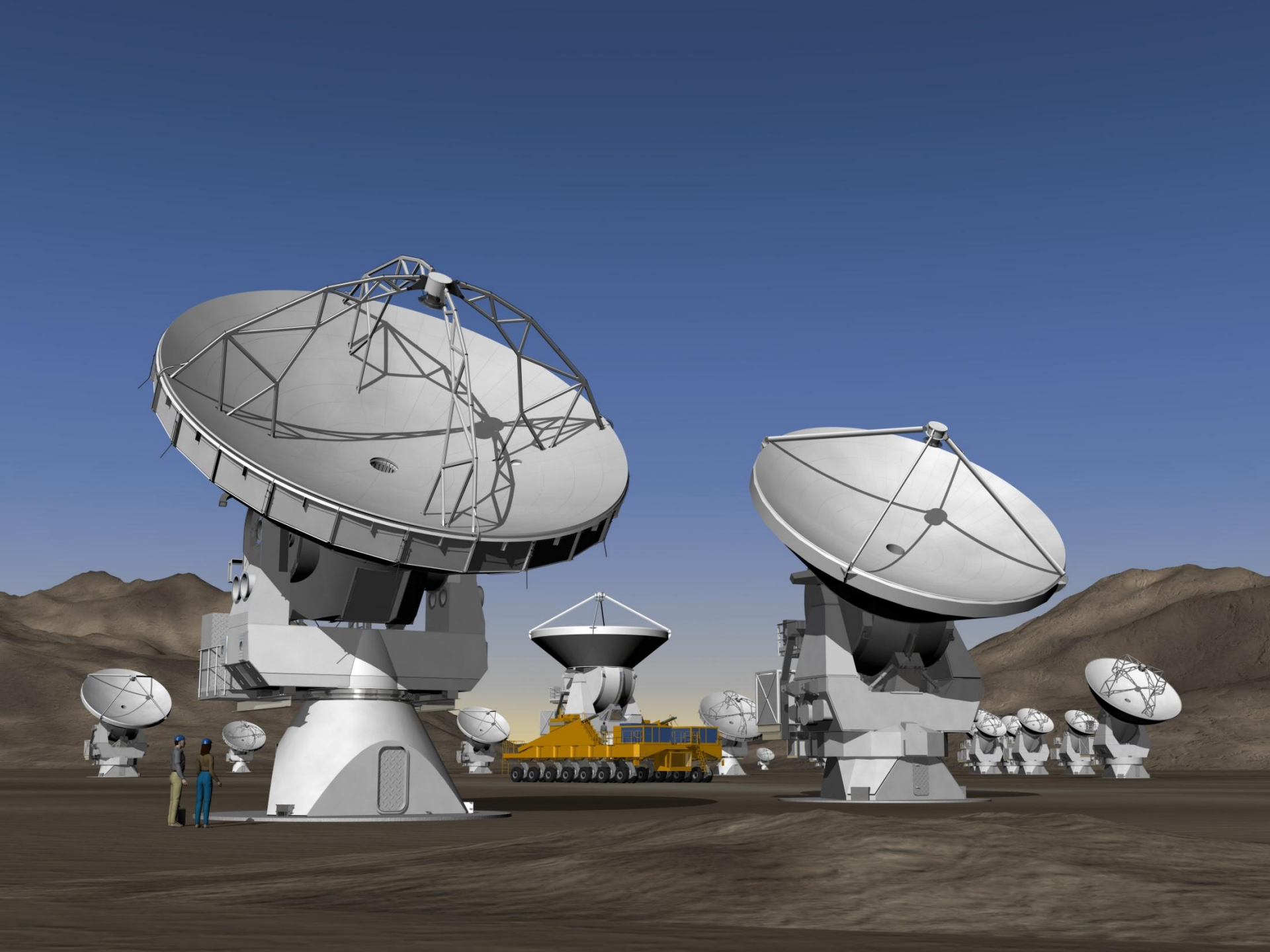
Czułość 15 microJy

Rozdzielczość kątowna 10 mili arcsec

Pracuje już od 2014

Koszt ~> 1 mld Euro !

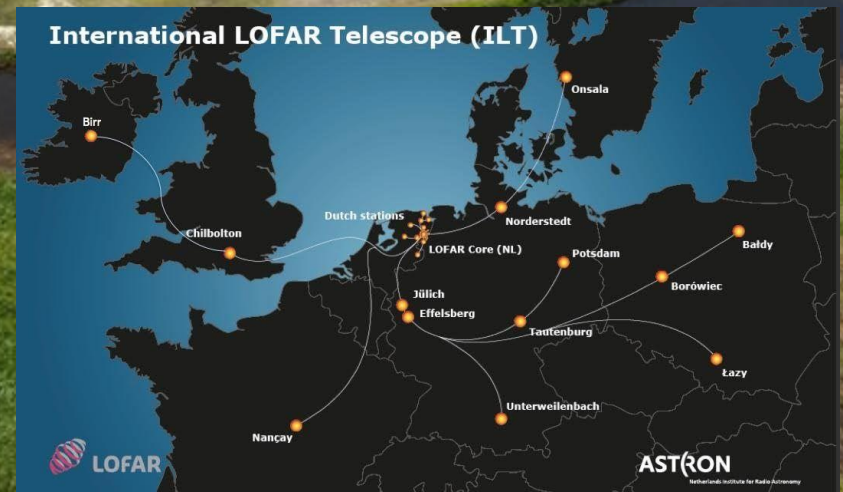




LOFAR CORE NL



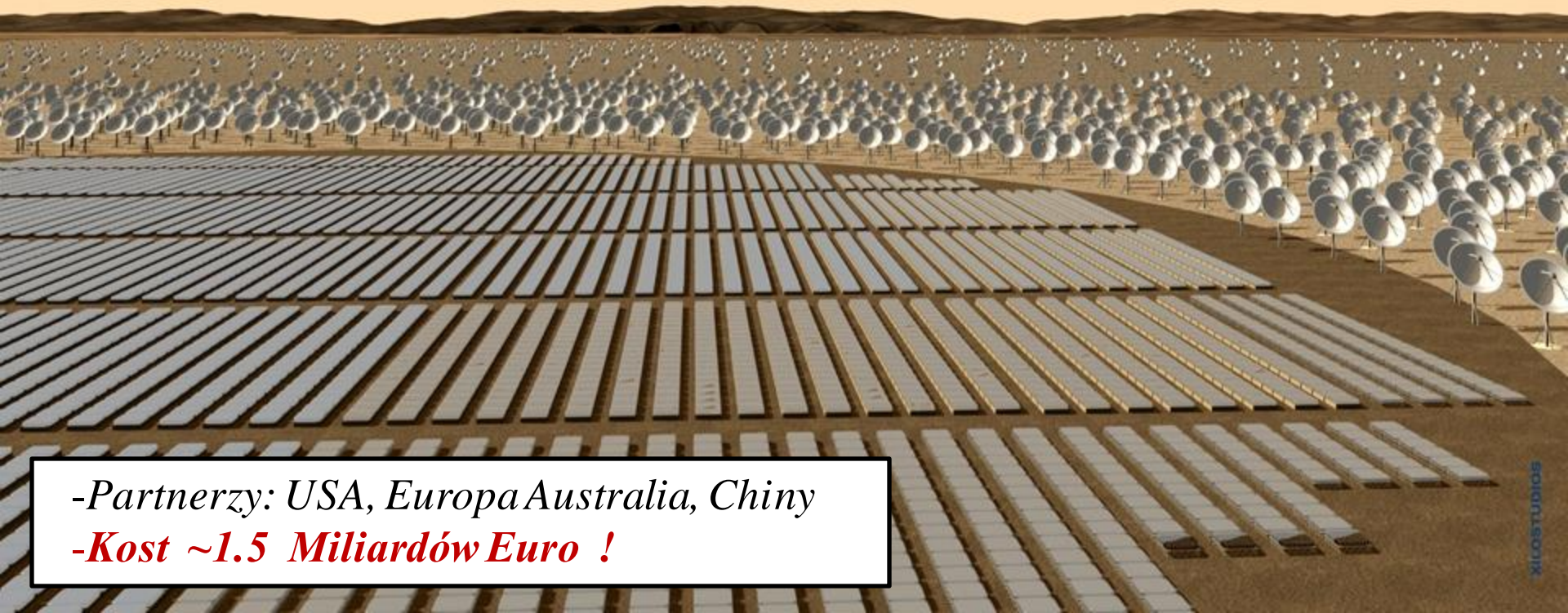
LBA 10-90 MHz
HBA 110-240 MHz



The Square Kilometre Array (2025)

3000 anten każda o średnicy ~15m w części centralnej (5km)
plus kolejne 3000 w grupach w odległości 5 km do 3000+ km

*Podłączone do superkomputera - ultra szybkiego procesora
danych - światłowodami*



*-Partnerzy: USA, Europa Australia, Chiny
-Koszt ~1.5 Miliardów Euro !*

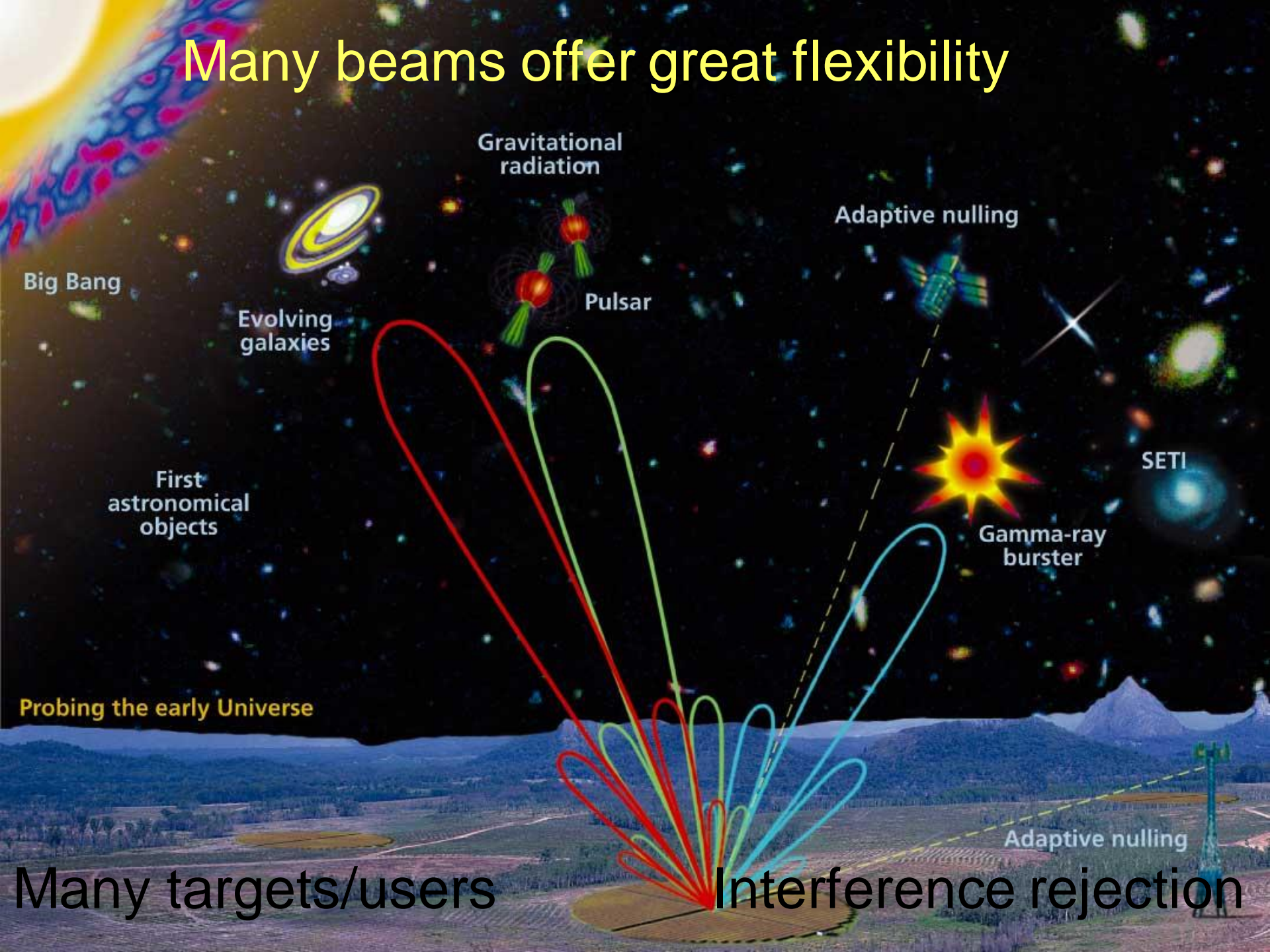
The Square Kilometre Array (2025)



SKA



Many beams offer great flexibility



Big Bang

Evolving galaxies

First astronomical objects

Probing the early Universe

Gravitational radiation

Pulsar

Adaptive nulling

Gamma-ray burster

SETI

Adaptive nulling

Many targets/users

Interference rejection

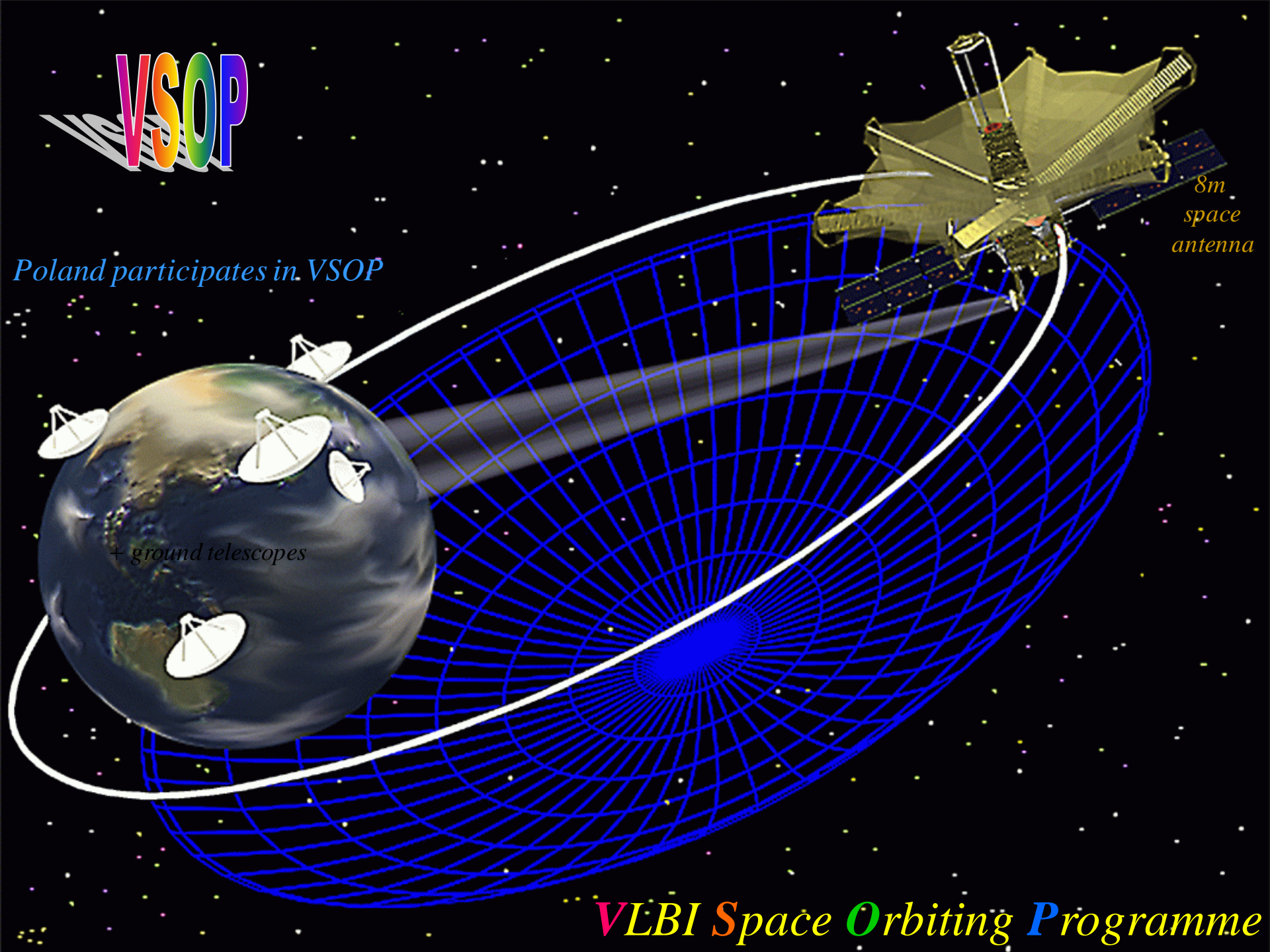


Poland participates in VSOP

*8m
space
antenna*

+ ground telescopes

VLBI Space Orbiting Programme



RadioAstron wprowadzony na orbitę okołoziemską 18 lipca 2011.

Ma rozkładaną antenę o średnicy 10 m , powierzchnia 0,7 mm RMS

Odbiorniki: 327, 1665, 4830 MHz, 18-25 GHz.

Okres orbitalny ~9 dni, perigeum 10 000 km apogeum 390 000 km



The RadioAstron observatory with an unprecedented high resolution capability will make it possible to observe remote objects in space

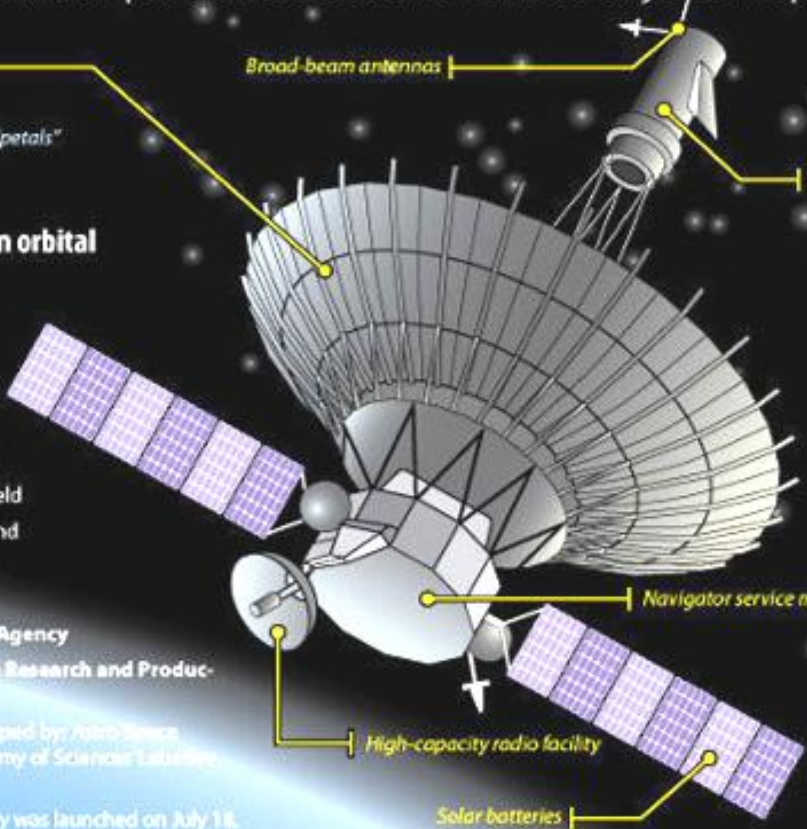
Parabolic antenna
• Diameter: 10 meters
• Comprises 27 carbon-plastic "petals"

Broad-beam antennas
Focal module

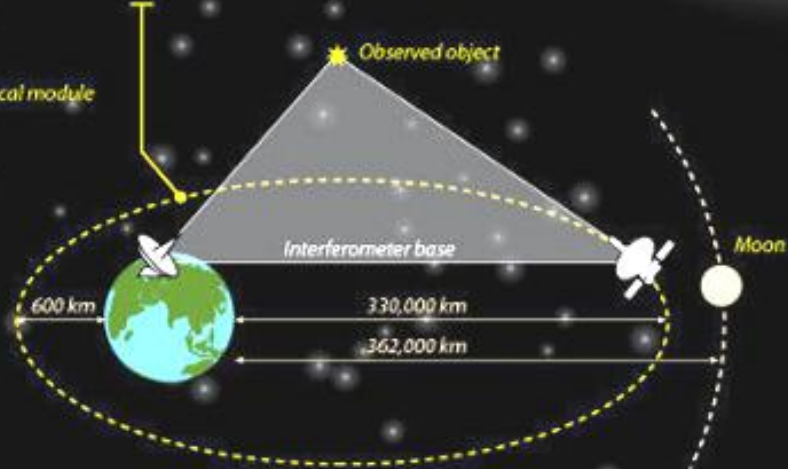
This is the first Russian orbital radio telescope

- It will study:
- Galaxy nuclei
 - Black holes
 - Neutron stars
 - Interstellar plasma clouds
 - The Earth's gravitational field
 - And many other objects and phenomena in the Universe

Ordered by: **Federal Space Agency**
Chief contractor: **Korolev Research and Production Association**
Scientific equipment developed by: **Radio Space Center of the Russian Academy of Sciences Lavrentyev Physics Institute**
The RadioAstron observatory was launched on July 18, 2011.
Active service life: At least five years.



Highly elliptical orbit
• Apogee: 330,000 kilometer
• Perigee: 600 km
• Orbital period: 8.2 days



The RadioAstron observatory will operate with an international network of ground-based radio telescopes. This huge ground- and space-based telescope system, also called an interferometer, will provide the finest angular resolution.

This will make it possible to obtain images of remote objects with a resolution exceeding that of NASA's Hubble orbital telescope a thousand times over



Podstawowe informacje RT4

- Zaprojektowany i zbudowany w Polsce
- Konstrukcja homologiczna
- Budowę skończono '94, prace od '96

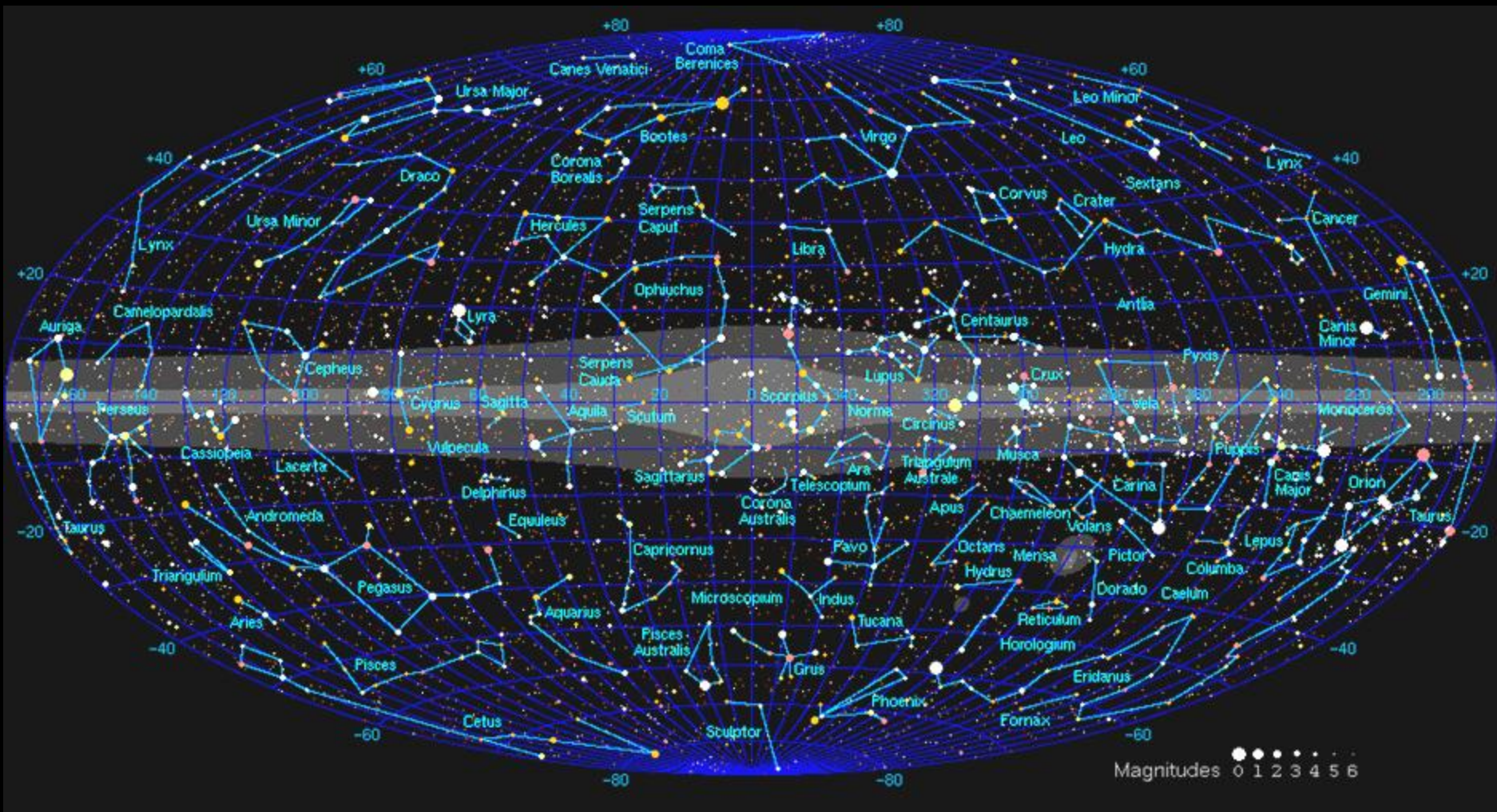
- Średnica czaszy 32m
- Układ Cassegraina, lustro wtórne 3.2m
- Dokładność powierzchni 0.4 mm RMS
- Precyzja sterowania ~10"
- Całkowita waga 600 ton
- Ruch w Az and El 30 deg/min

- Odbiorniki w pasmach

750-1100 MHz	(30cm)
1400-1800 MHz	(20cm)
4400-5100 MHz	(6cm)
6100-7000 MHz	(5cm)
26000-34000 MHz	(1cm)

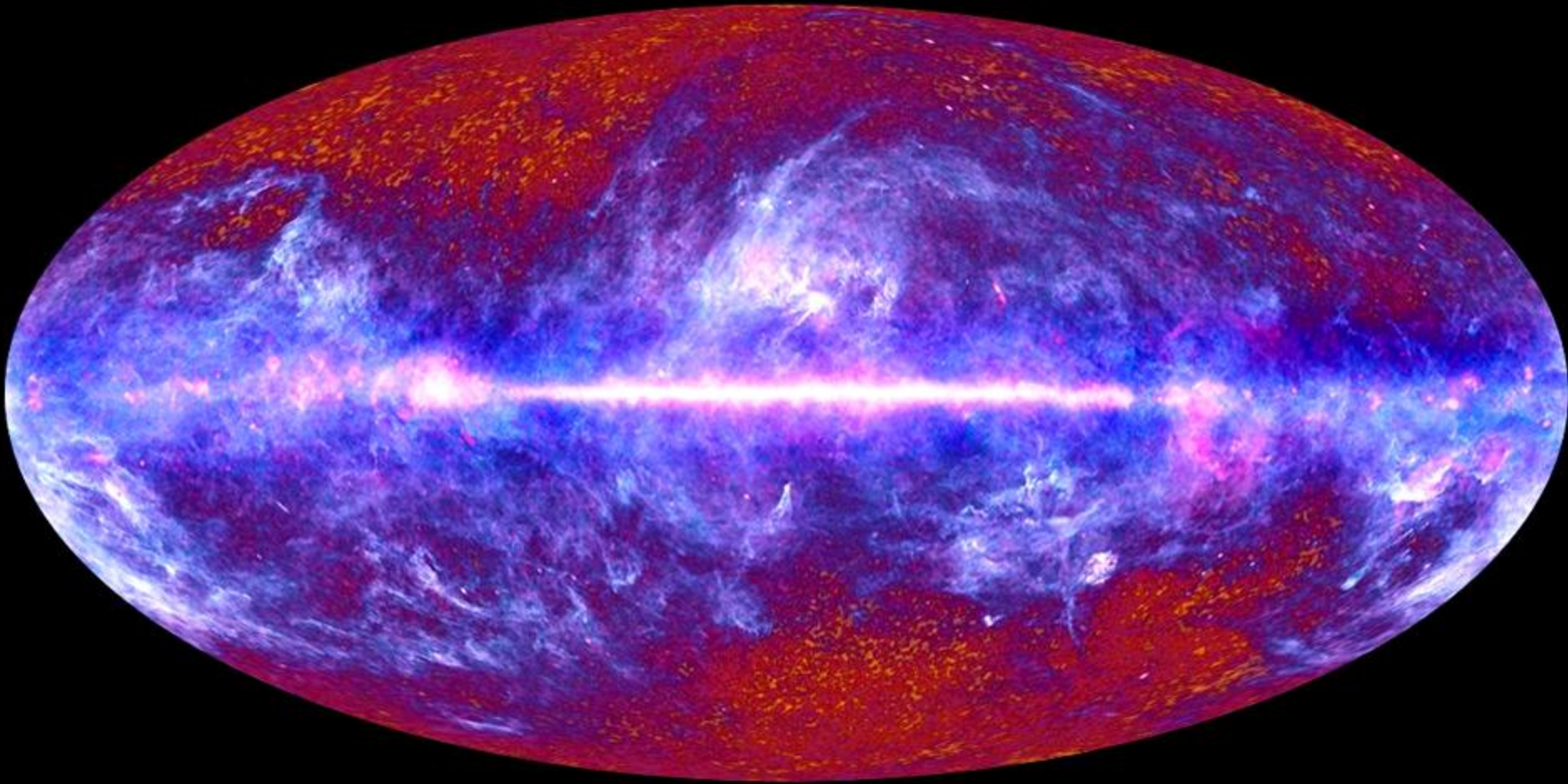
Aparatura pomocnicza

- VLBI terminal (MkIV => MkVa)
- Maszyna pulsarowa
- Spektrometry AC, FFT
- Polarymetr
- Maser wodorowy
- OCRA system wielowiązkowy

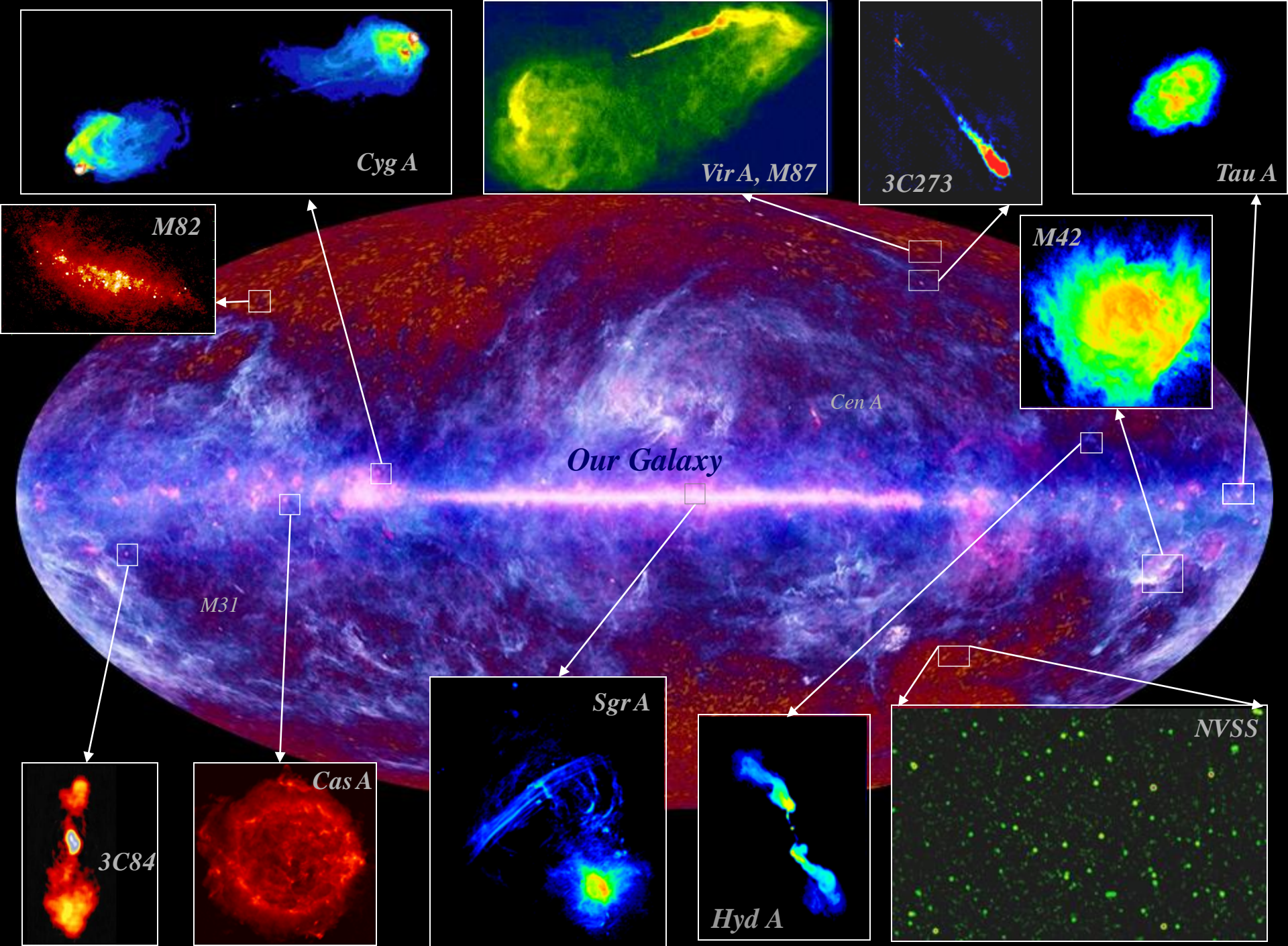


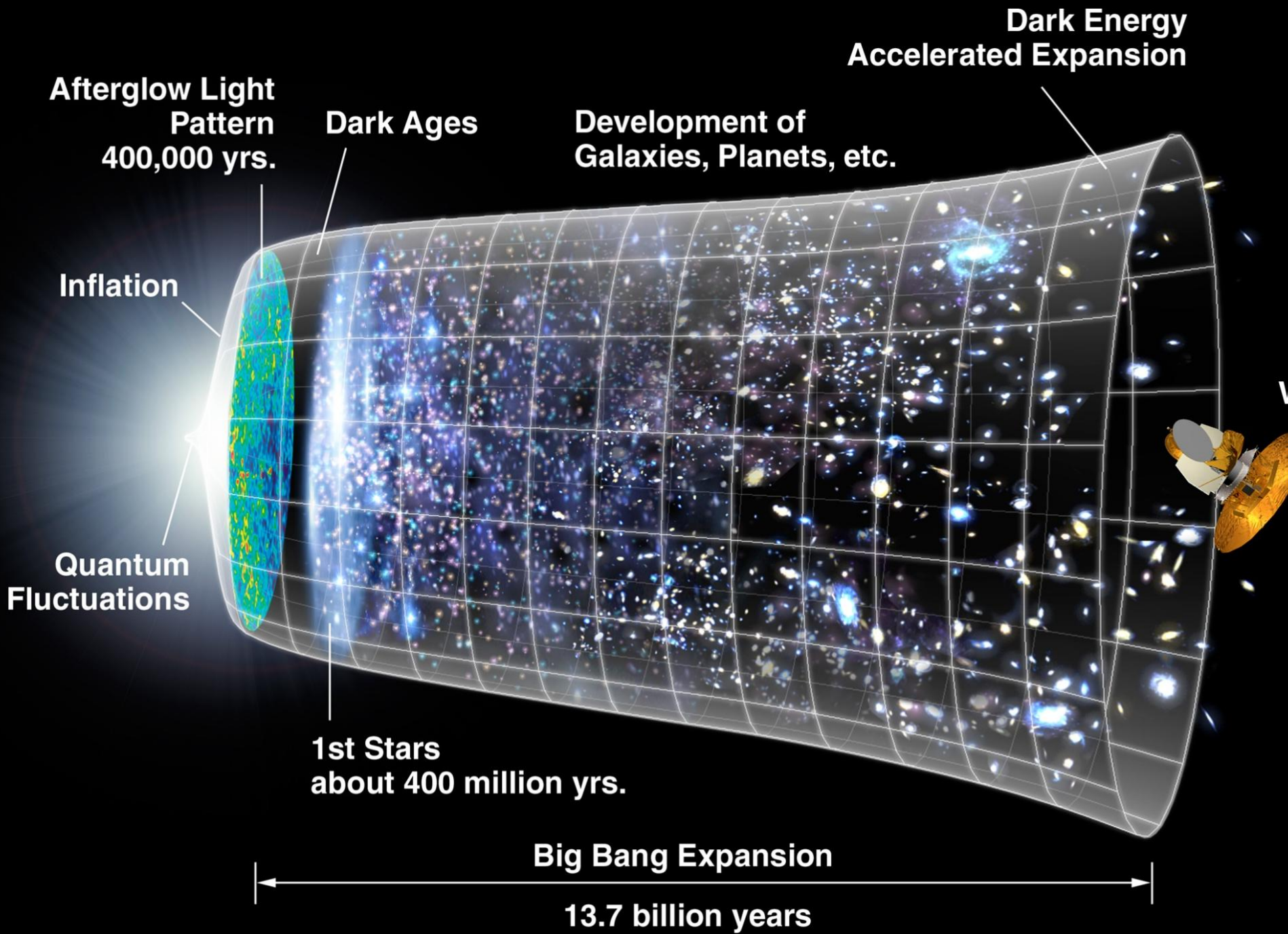
Magnitudes 0 1 2 3 4 5 6





Planck Mission Satellite - all sky map2010, The Galaxy and the CMB



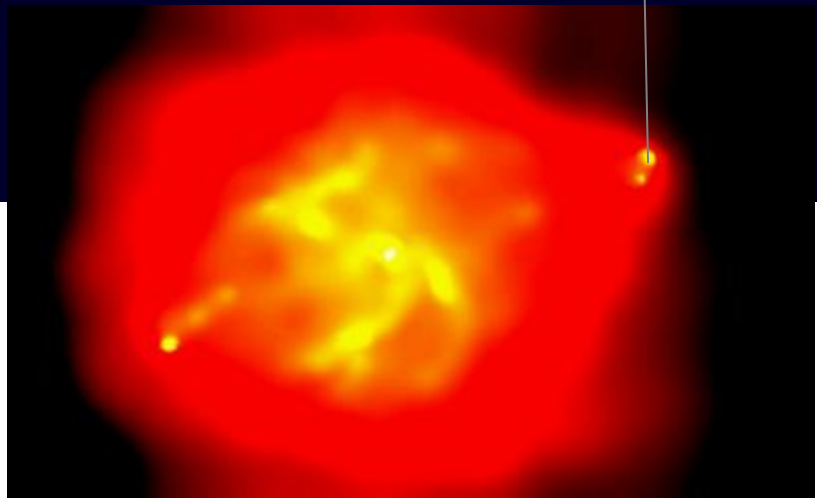
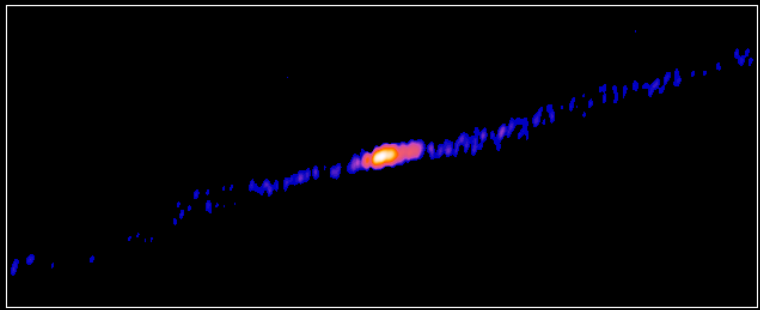
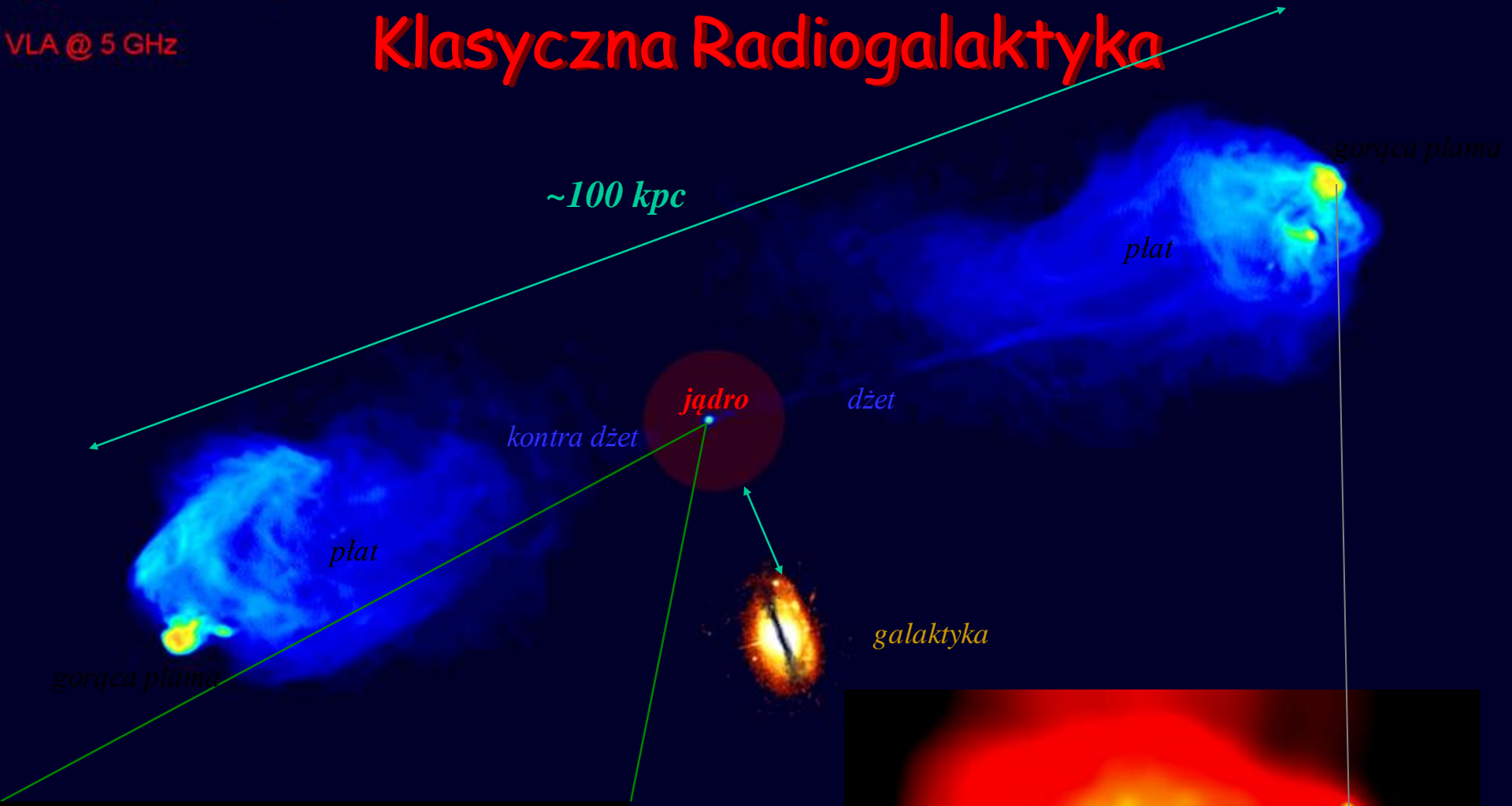


Cygnus A (3C405)

VLA @ 5 GHz

Klasyczna Radiogalaktyka

~100 kpc

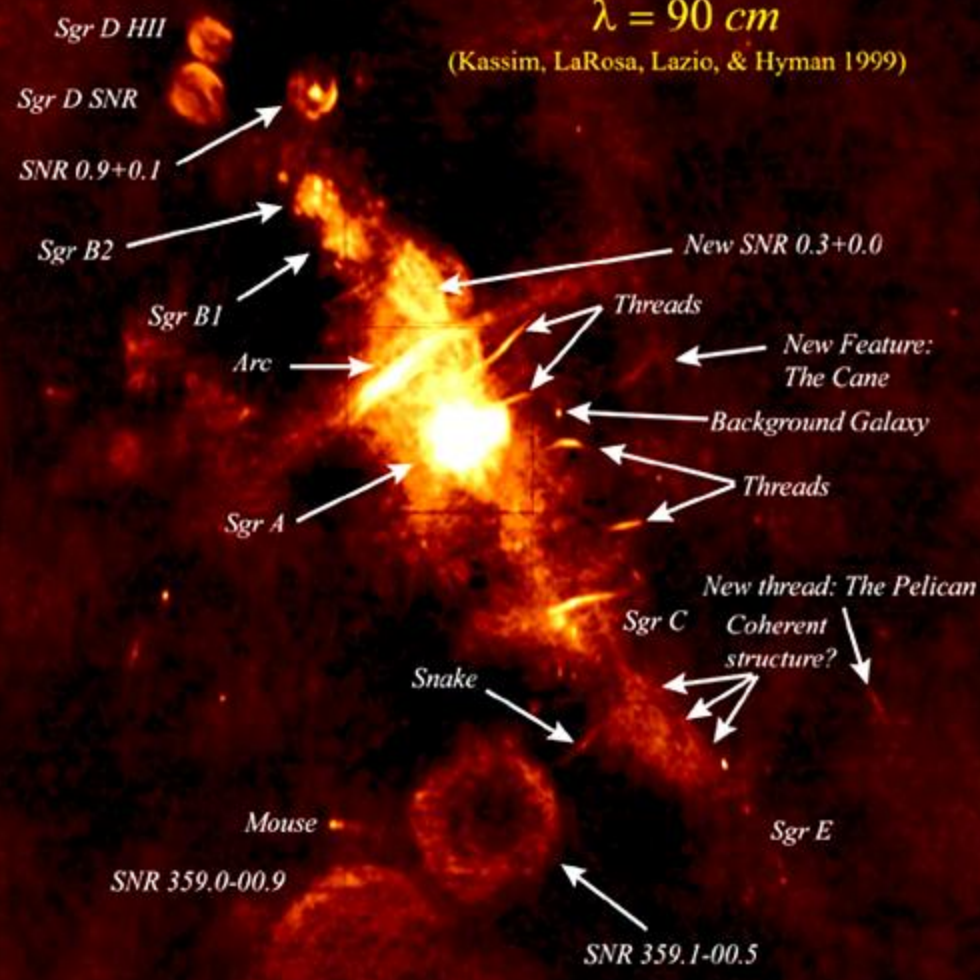




Wide-Field Radio Image of the Galactic Center

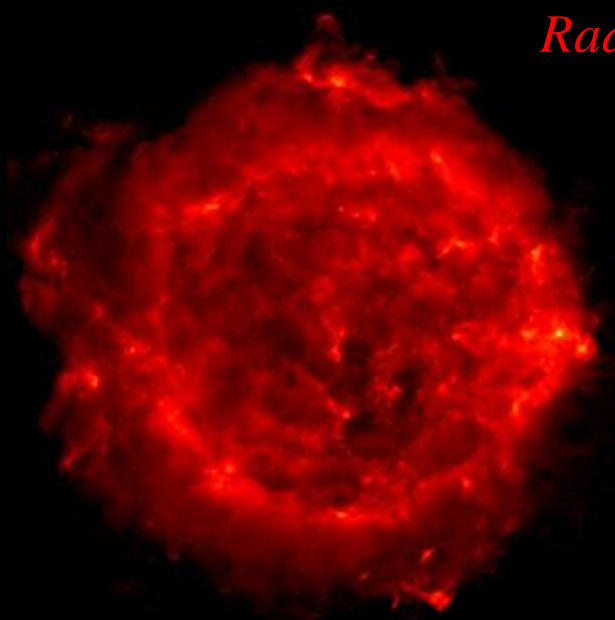
$\lambda = 90 \text{ cm}$

(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)

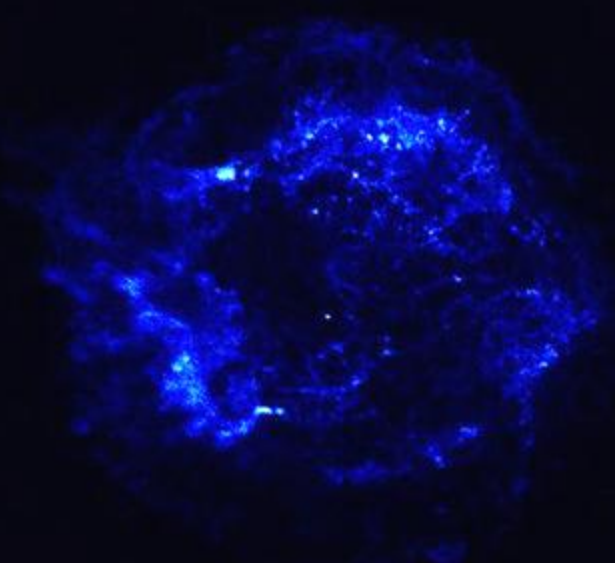


~0.5°
 ~75 pc
 ~240 light years

Radio

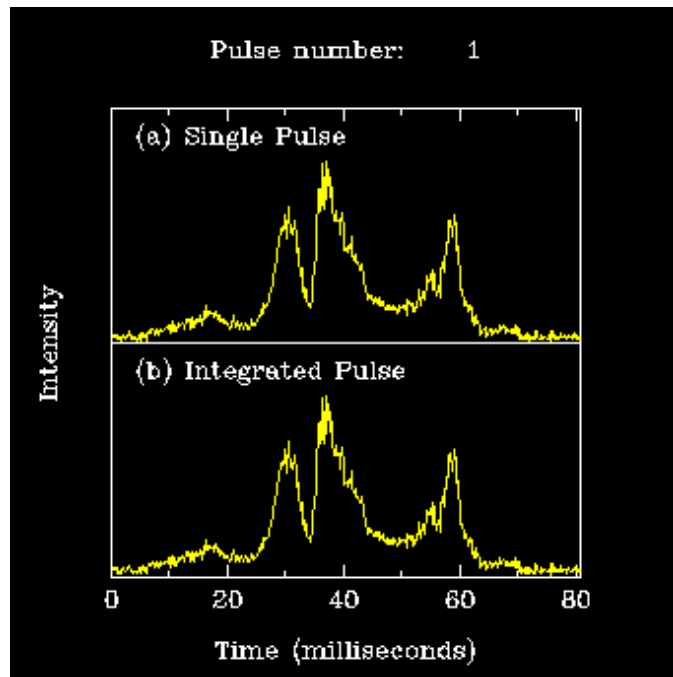
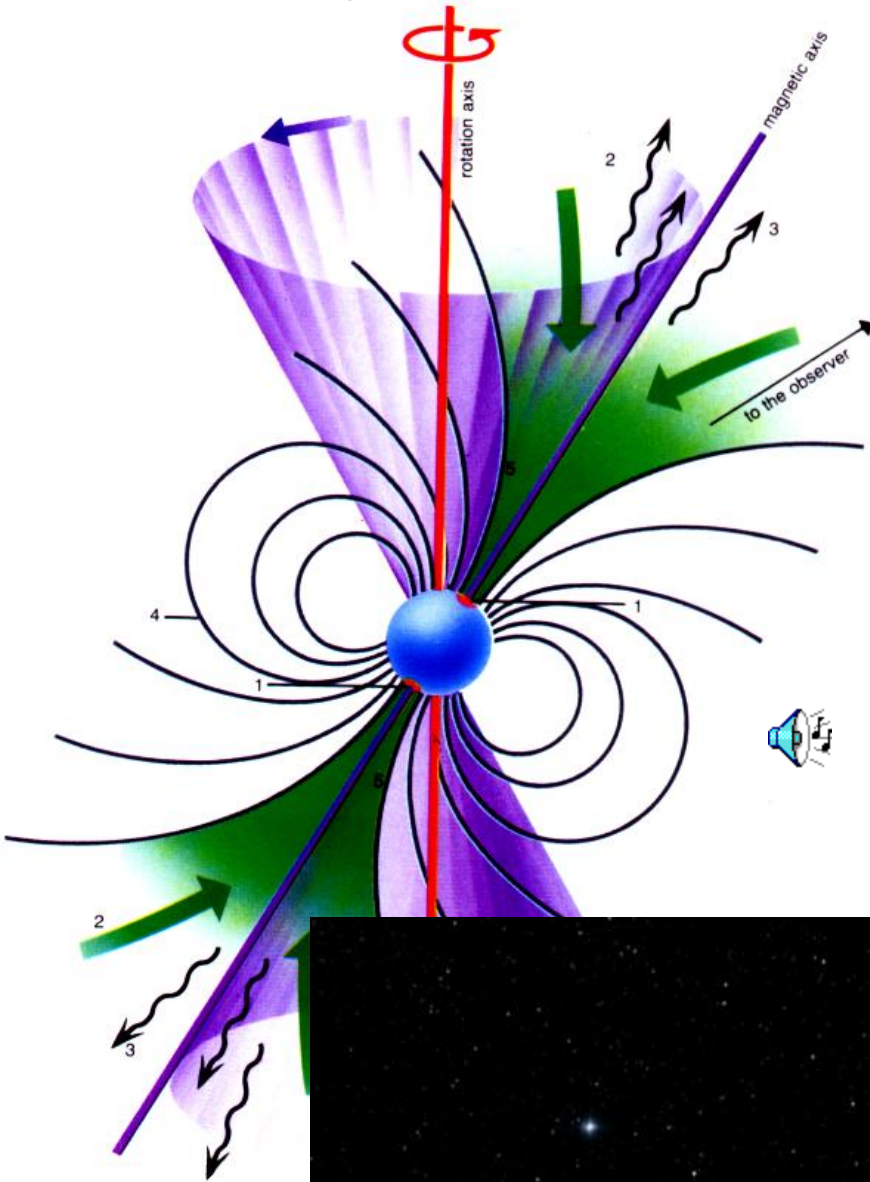


Cas A



X-ray

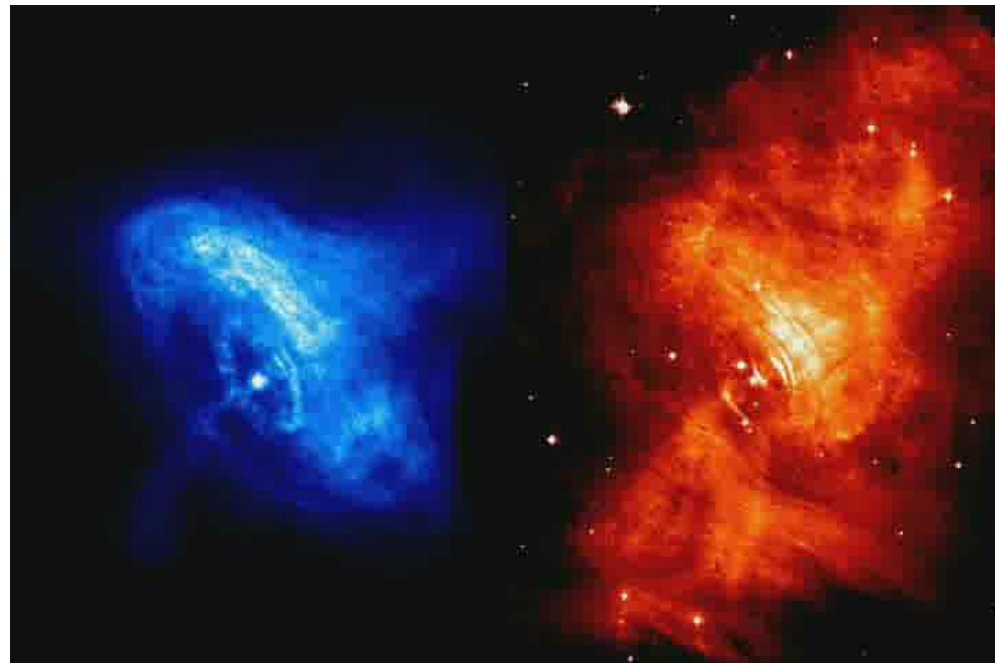
Pulsars - magnetized neutron stars



MPIfR data



X-ray image of Crab pulsar envelope



- 1 hot spots (magnetic poles at 10^7)
- 2 flux of particles
- 3 radio emission
- 4 magnetic force lines
- 5 accretion column

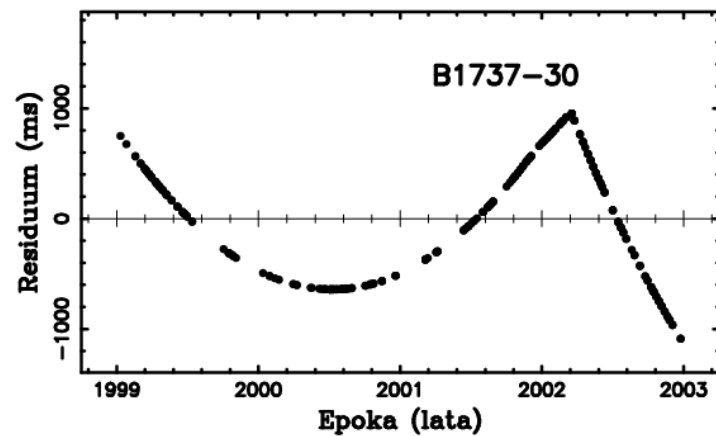
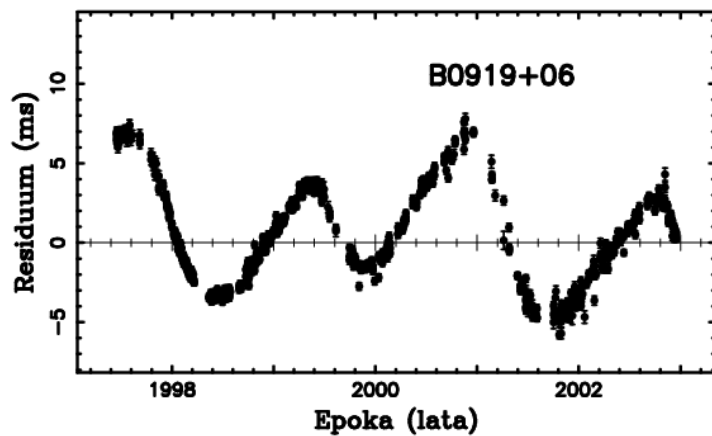
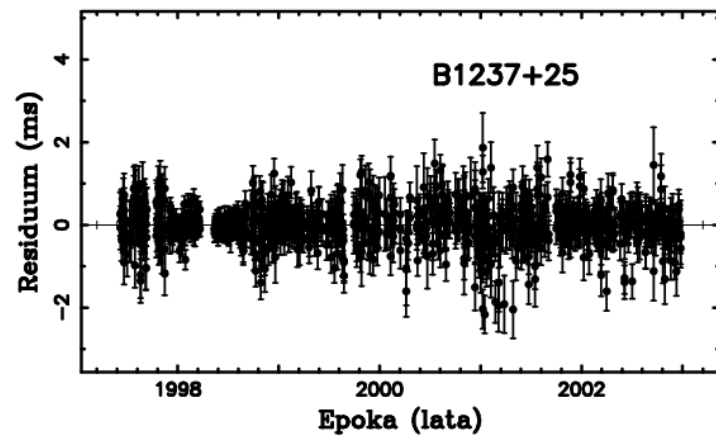
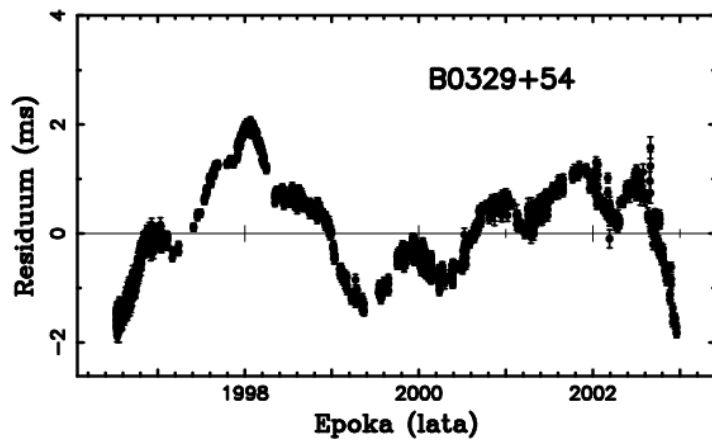
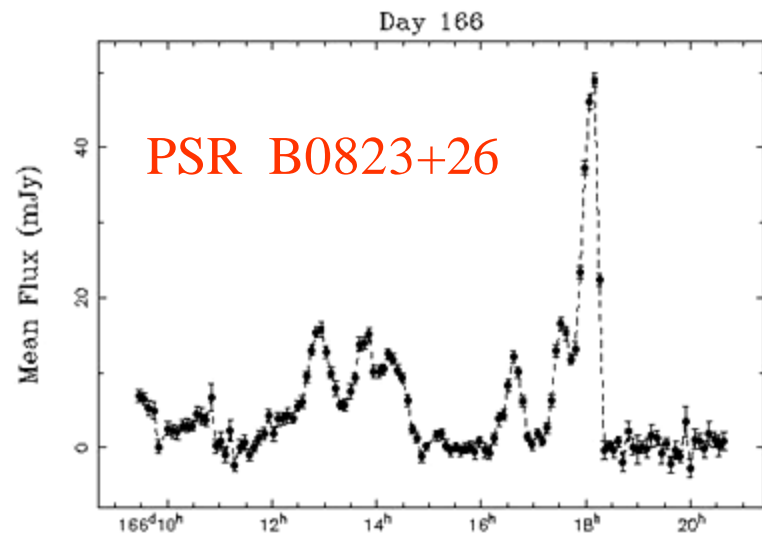
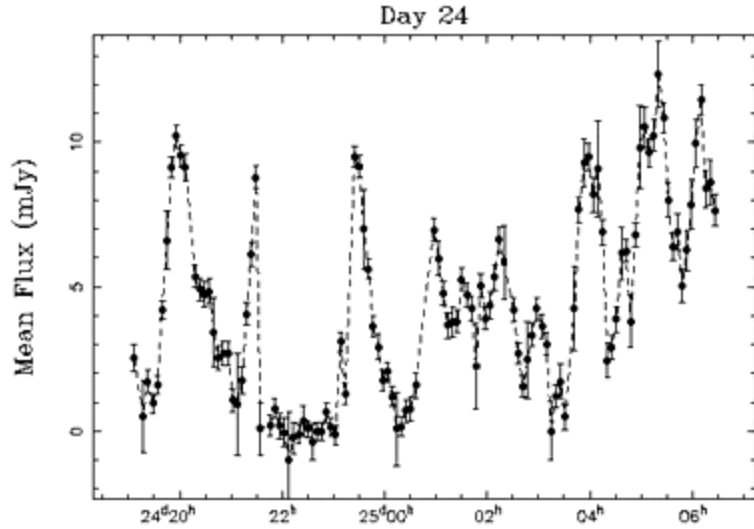


Table 1: Molecules in space

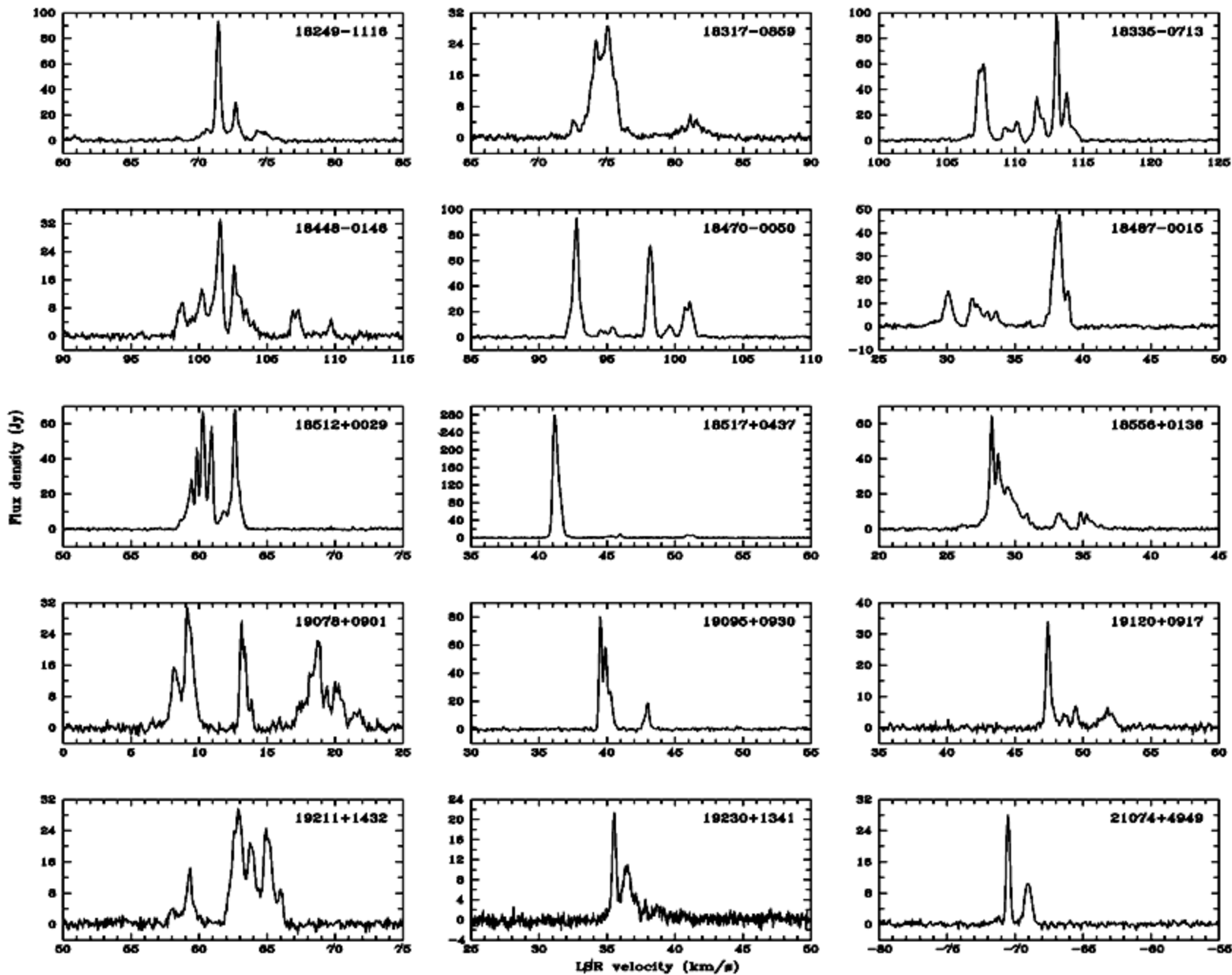
Detected cosmic molecules in interstellar and circumstellar environments (adapted from Wootten 2001).

Diatomic	Triatomic	4 atoms	5 atoms	6 atoms	7 atoms	8 atoms	9 atoms	10 atoms	11 atoms	13 atoms
H ₂	C ₃	c-C ₃ H	C ₅	C ₅ H	C ₆ H	CH ₃ C ₃ N	CH ₃ C ₄ H	CH ₃ C ₅ N	HC ₉ N	HC ₁₁ N
AlF	C ₂ H	l-C ₃ H	C ₄ H	l-H ₂ C ₄	CH ₂ CHCN	HCOOCH ₃	CH ₃ CH ₂ CN	(CH ₃) ₂ CO		
AlCl	C ₂ O	C ₃ N	C ₄ Si	C ₂ H ₄	CH ₃ C ₂ H	CH ₃ COOH	(CH ₃) ₂ O	NH ₂ CH ₂ COOH		
C ₂	C ₂ S	C ₃ O	l-C ₃ H ₂	CH ₃ CN	HC ₅ N	C ₇ H	CH ₃ CH ₂ OH			
CH	CH ₂	C ₃ S	c-C ₃ H ₂	CH ₃ NC	HCOCH ₃	CH ₂ OHCHO	HC ₇ N			
CH ⁺	HCN	C ₂ H ₂	CH ₂ CN	CH ₃ OH	NH ₂ CH ₃		C ₈ H ⁺			
CN	HCO	CH ₂ D ⁺	CH ₄	CH ₃ SH	c-C ₂ H ₄ O					
CO	HCO ⁺	HCCN	HC ₃ N	HC ₃ NH ⁺	CH ₂ CHOH					
CO ⁺	HCS ⁺	HCNH ⁺	HC ₂ NC	HC ₂ CHO						
CP	HOC ⁺	HNCO	HCOOH	NH ₂ CHO						
CSi	H ₂ O	HNCS	H ₂ CHN	C ₅ N						
HCl	H ₂ S	HOCO ⁺	H ₂ C ₂ O							
KCl	HNC	H ₂ CO	H ₂ NCN							
NH	HNO	H ₂ CN	HNC ₃							
NO	MgCN	H ₂ CS	SiH ₄							
NS	MgNC	H ₃ O ⁺	H ₂ COH ⁺							
NaCl	N ₂ H ⁺	NH ₃								
OH	N ₂ O	SiC ₃								
PN	NaCN									
SO	OCS									
SO ⁺	SO ₂									
SiN	c-SiC ₂	OH								
SiO	CO ₂	H ₂ O								
SiS	NH ₂	SiO								
CS	H ₃ ⁺	CH ₃ OH								
HF	SiCN									
SH										

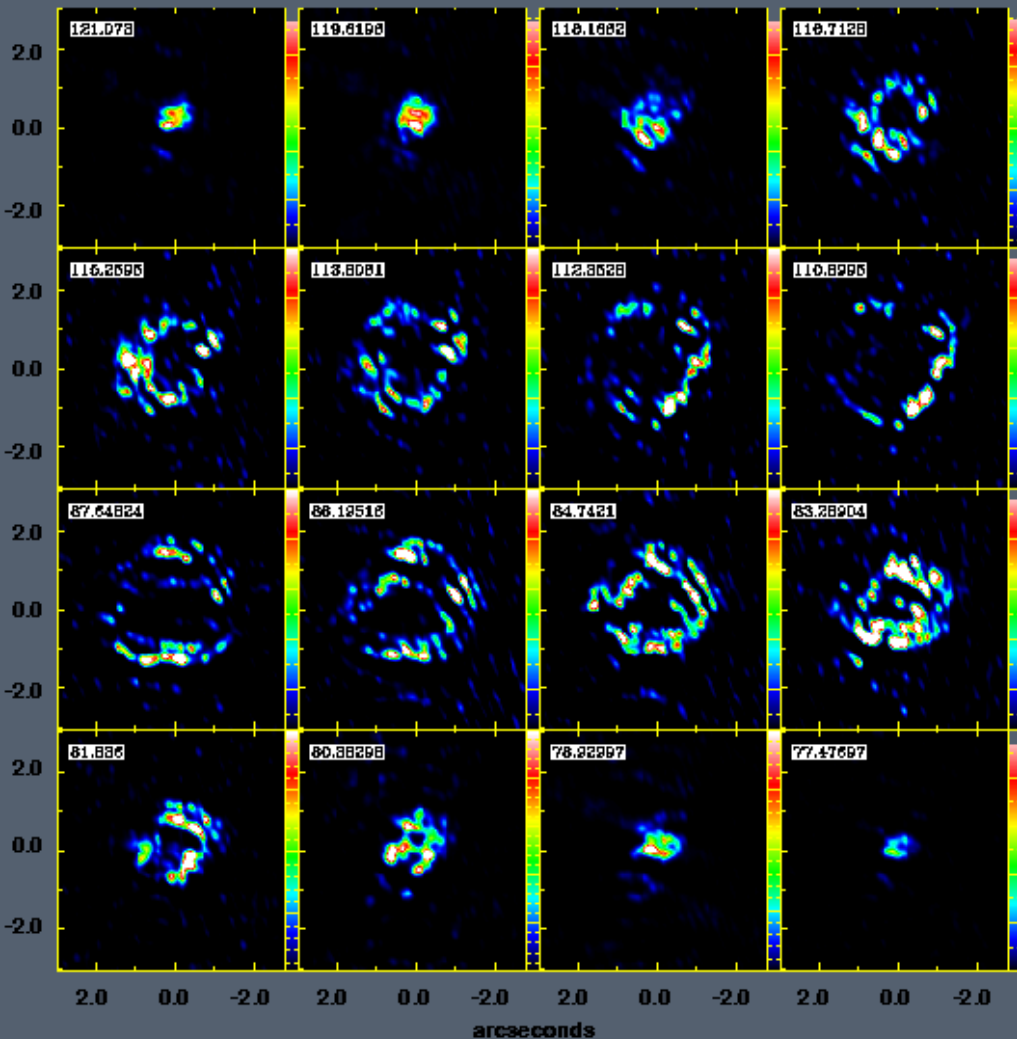
Kosmochemia => powstanie życia
 Harold Clayton Urey (1983-1981)
 Nobel 1934

Kosmiczne Masery

Zupa pierwotna, zupa prebiotyczna,
 zupa organiczna, bulion pierwotny,
 zupa Ureya



OH 30.1 18 cm OH Masers MERLIN



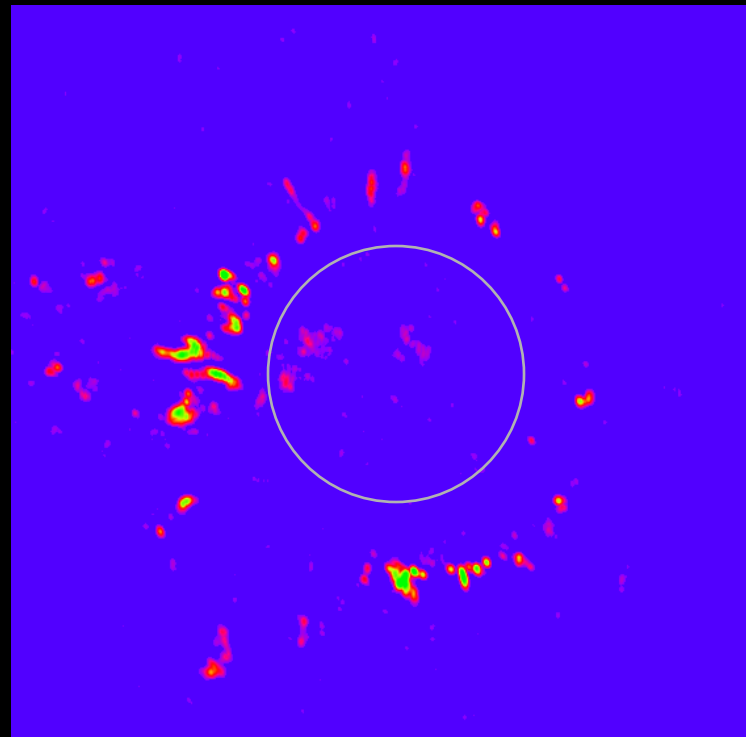
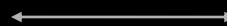
Images made by Chapman (ATNF) at Jodrell Bank with MERLIN telescopes

OH

H₂O

3D tomografia atmosfer gwiazdowych

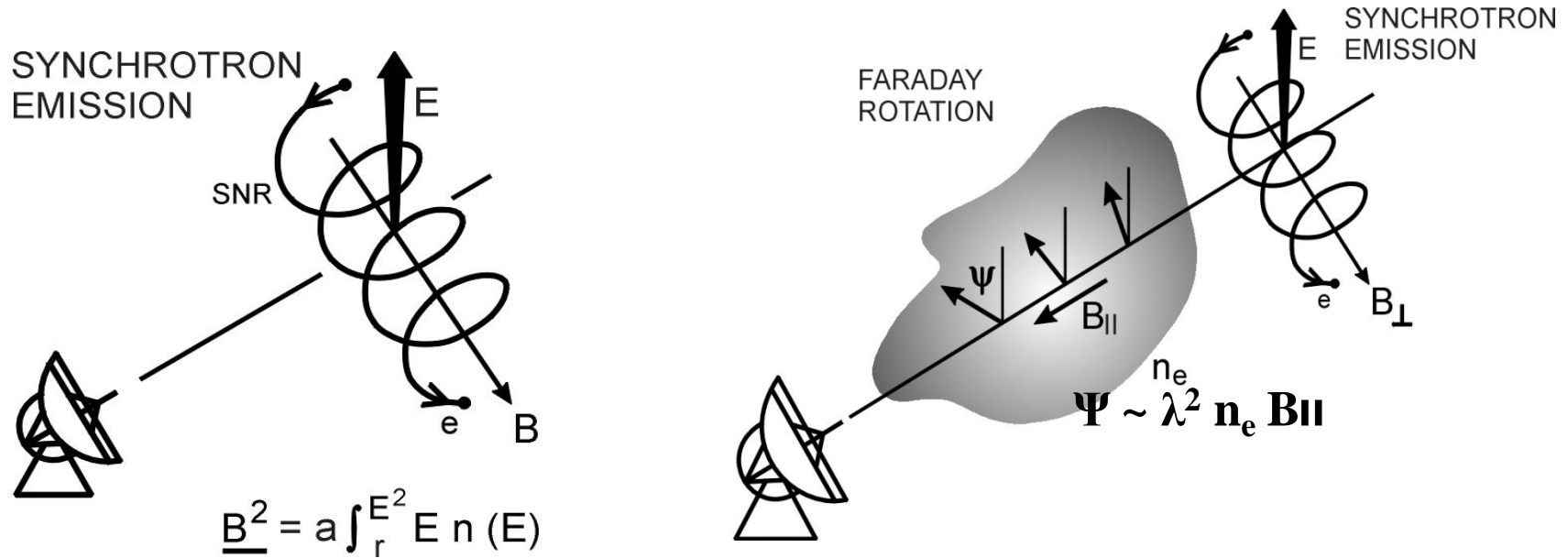
dysk gwiazdy



Ewolucja otoczki masera SiO w TX Cam - Diamond and Kambal

SiO

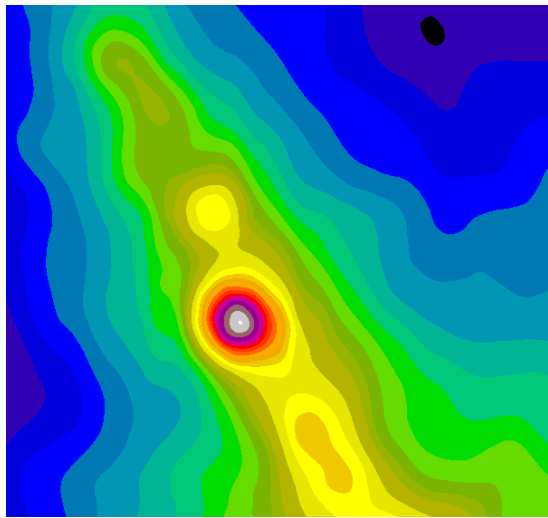
Radiopolarymetria - metoda pomiaru kosmicznych pól magnetycznych



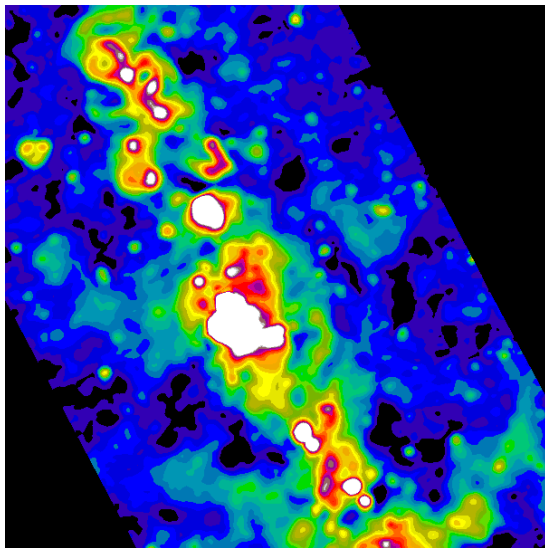
Radio waves emerge polarized from magnetic field regions

Radio waves suffer rotation in the interstellar medium

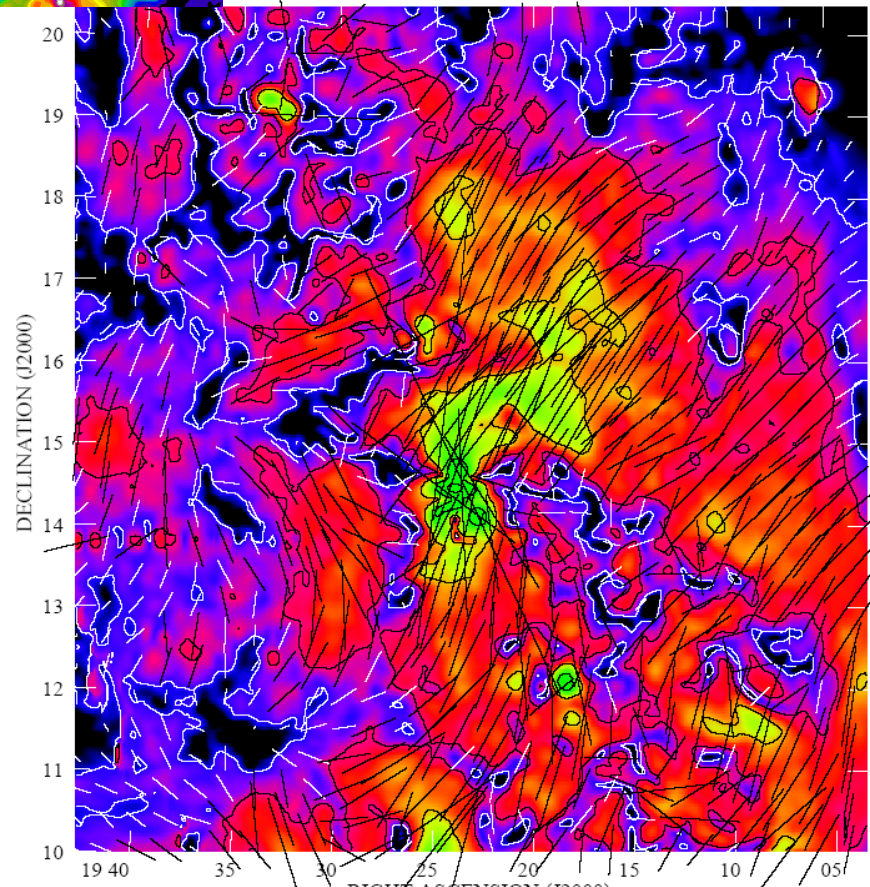
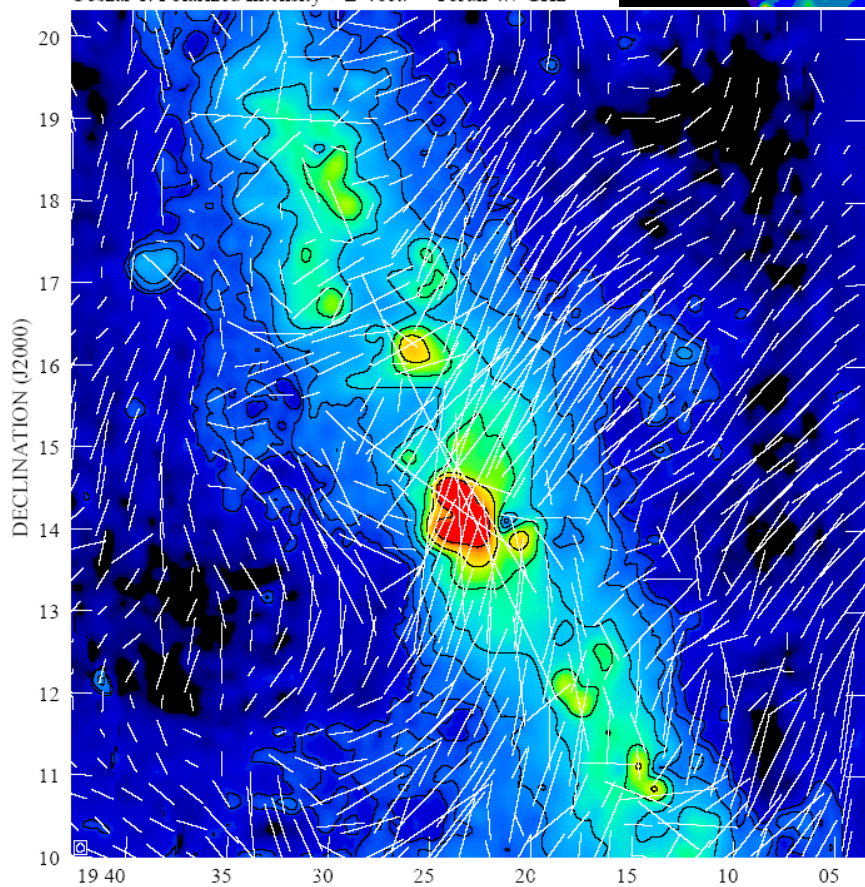
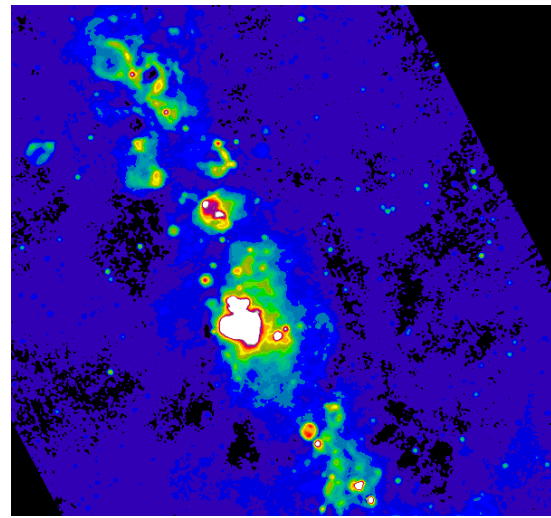
Pomiary polaryzacji dają nam możliwość wektora natężenia pola magnetycznego



Obszar 1. Polarized Intensity + B-vect. Torun 4.7 GHz



Power + Pol.Int. B-vect. Torun 4.7 GHz



A second source of repeating **F**ast **R**adio **B**ursts (FRB)

The CHIME/FRB Collaboration

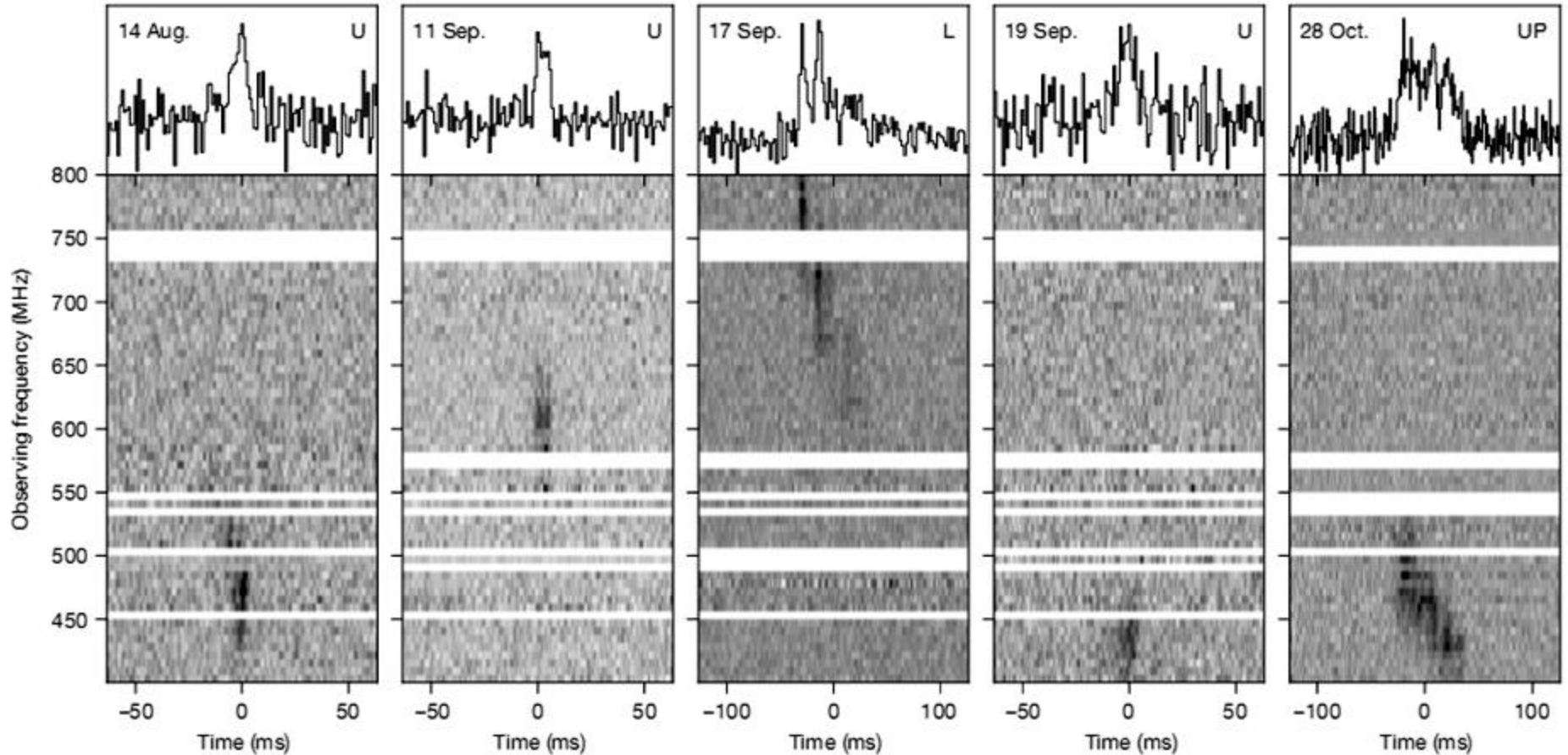


Fig. 2 | Radio profiles and frequency versus time ('waterfall') plots for the bursts of FRB 180814.J0422+73. Left to right, panels show four CHIME/FRB-detected events and then one CHIME/Pulsar-detected event from FRB 180814.J0422+73 (including the first, also shown in

~ 15 -MHz scales, have not been accounted for in these plots. Here, all the bursts were dedispersed with $DM = 189.4 \text{ pc cm}^{-3}$, a value consistent with that inferred for all when dedispersing to maximize subpulse structure (see Table 1). "U" and "L" refer to upper and lower (or anti-podal)

Nagrody Nobla

- 1974 M.Ryle, A.Hewish
- 1978 A.Penzias, R.Wilson
- 1983 S.Chandrasekhar, W.Fowler
- 1993 R.Hulse, J.Taylor
- 2002 R.Giacconi
- 2006 J.Mather, G.Smoot
- 2011 S.Perlmutter, B.Schmidt, A.Riess
- 2019 (?) AW first exoplanets

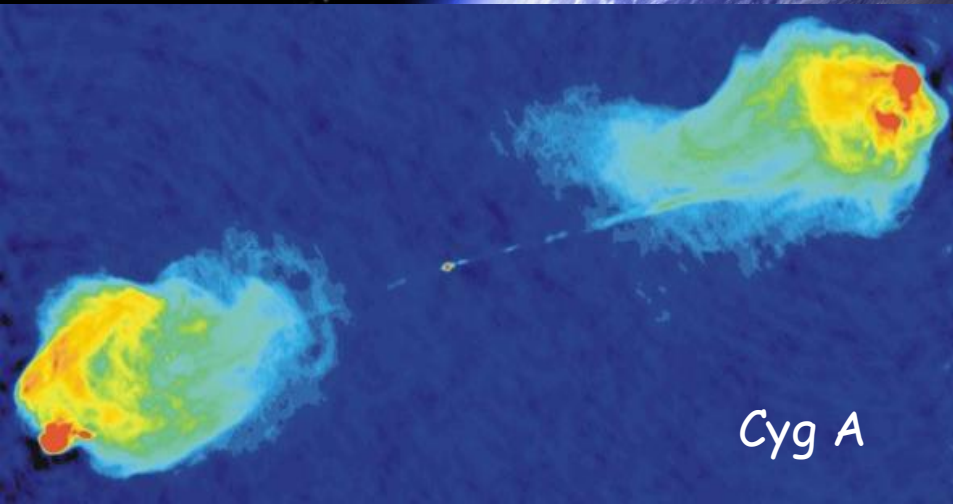
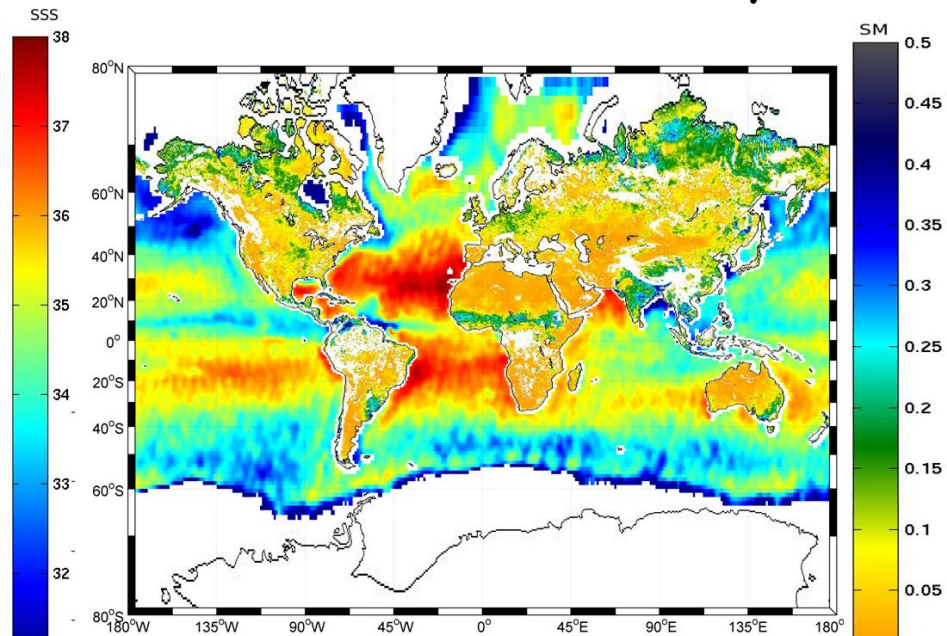
Radioastronomia (8)

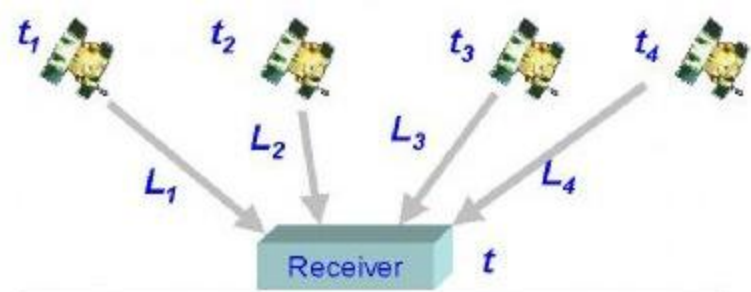
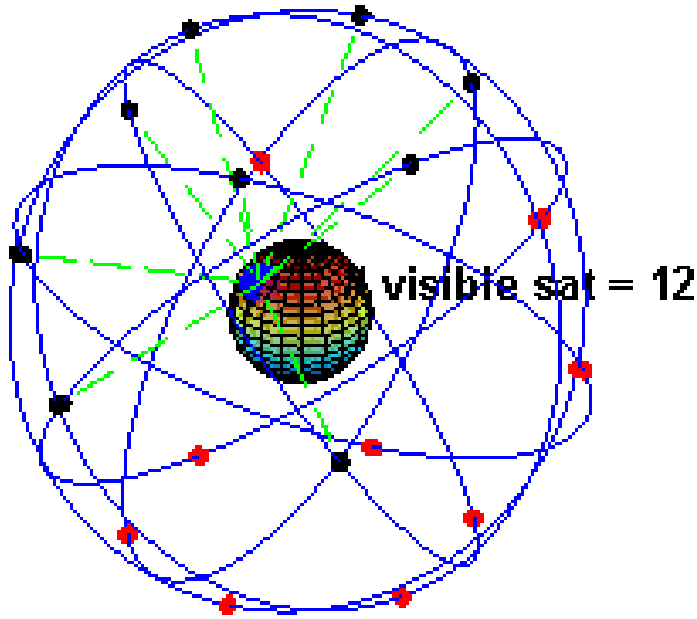
Astrofizyka, X-ray (6)

Praktyczne zastosowania rozwój innowacyjnych technologii

- Techniki antenowe
- Ultra niskoszumowe wzmacniacze
- Radiometry
- Zdalne pomiary (*Remote sensing*)
- Interferometria IVS (*geodezja*)
- Nawigacja i komunikacja (na Ziemi i w kosmosie)
- Zaawansowane metody przetwarzania danych, (*data processing, image processing*)
- GPS
- Telewizja satelitarna

Praktyczne zastosowania technik radioastronomicznych





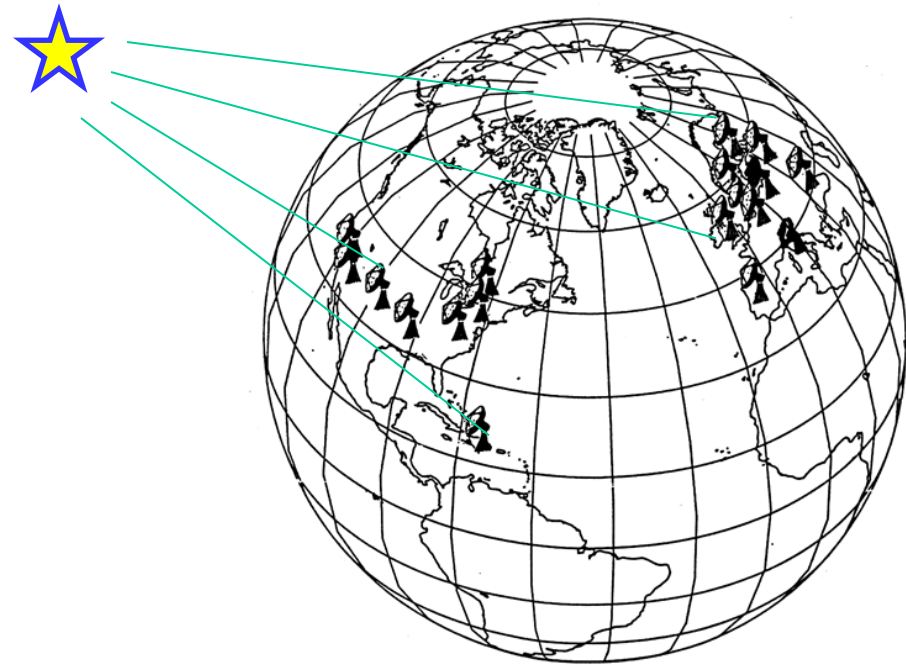
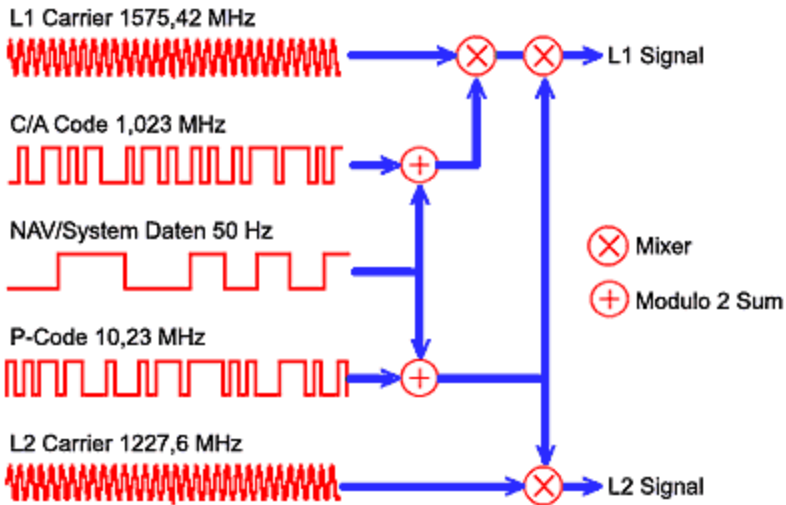
$$L_1 = c (t - t_1) = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2}$$

$$L_2 = c (t - t_2) = \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2}$$

$$L_3 = c (t - t_3) = \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2}$$

$$L_4 = c (t - t_4) = \sqrt{(x-x_4)^2 + (y-y_4)^2 + (z-z_4)^2}$$

4 equations, 4 variables
Solution => x,y,z,t of the receiver.



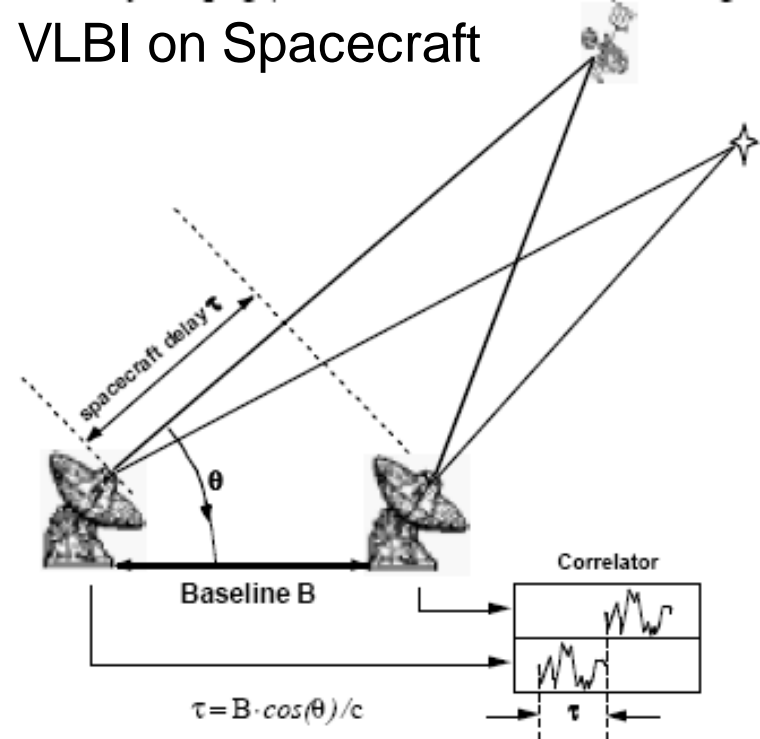
Huygens Probe

Incident Power

Huygens Probe 3.7W
in carrier line
Flux = $5 \times 10^{-25} \text{ W/m}^2$



VLBI on Spacecraft

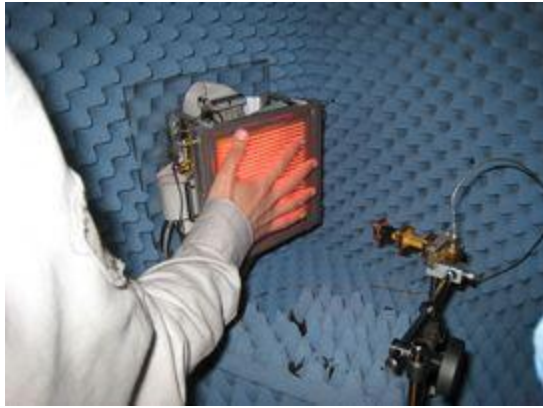


DDOR “Delta Differential One-way Ranging”
i.e. Group Delay Measurement.

Precyzja pomiaru :
1 km w odległości
1.5 mld km

Praktyczne aplikacje radioastronomicznych technologii

kamery mikrofalowe, skanery, radiometry,
Telekomunikacja, TV-sat



matryca OCRA-f

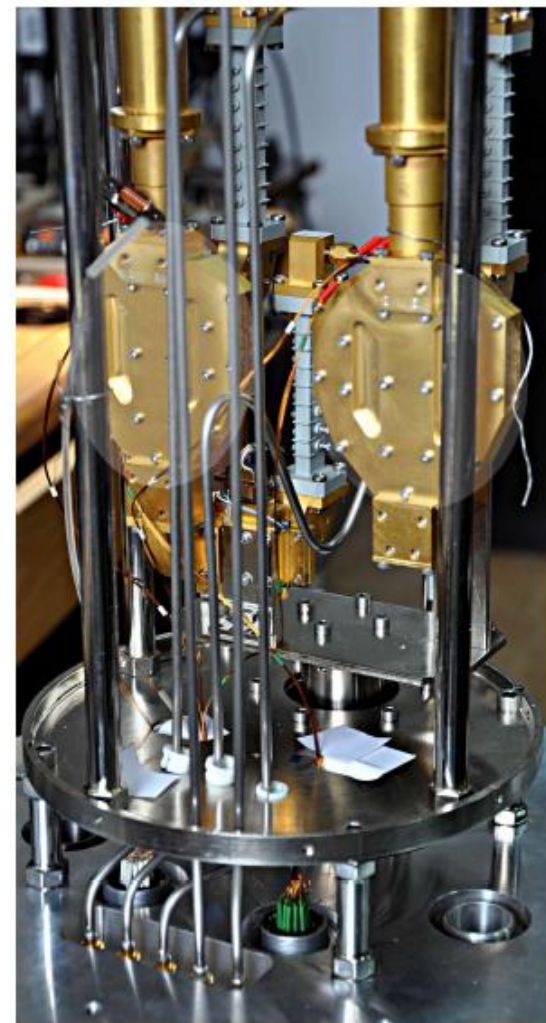
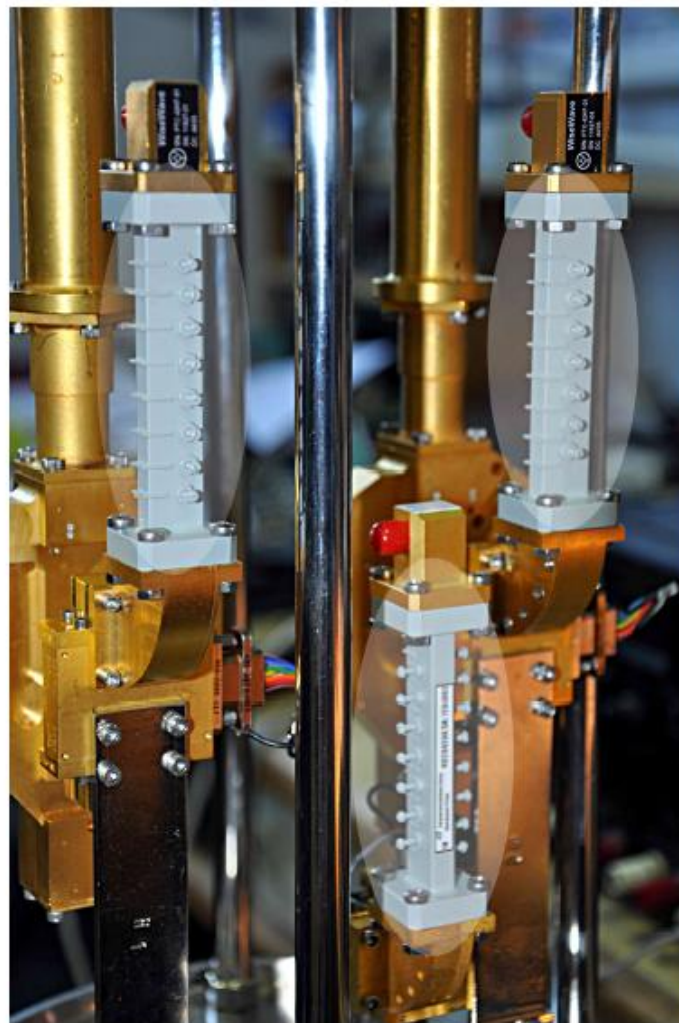




Matryca odbiorcza OCRA
na RT32m, pasmo 30 GHz

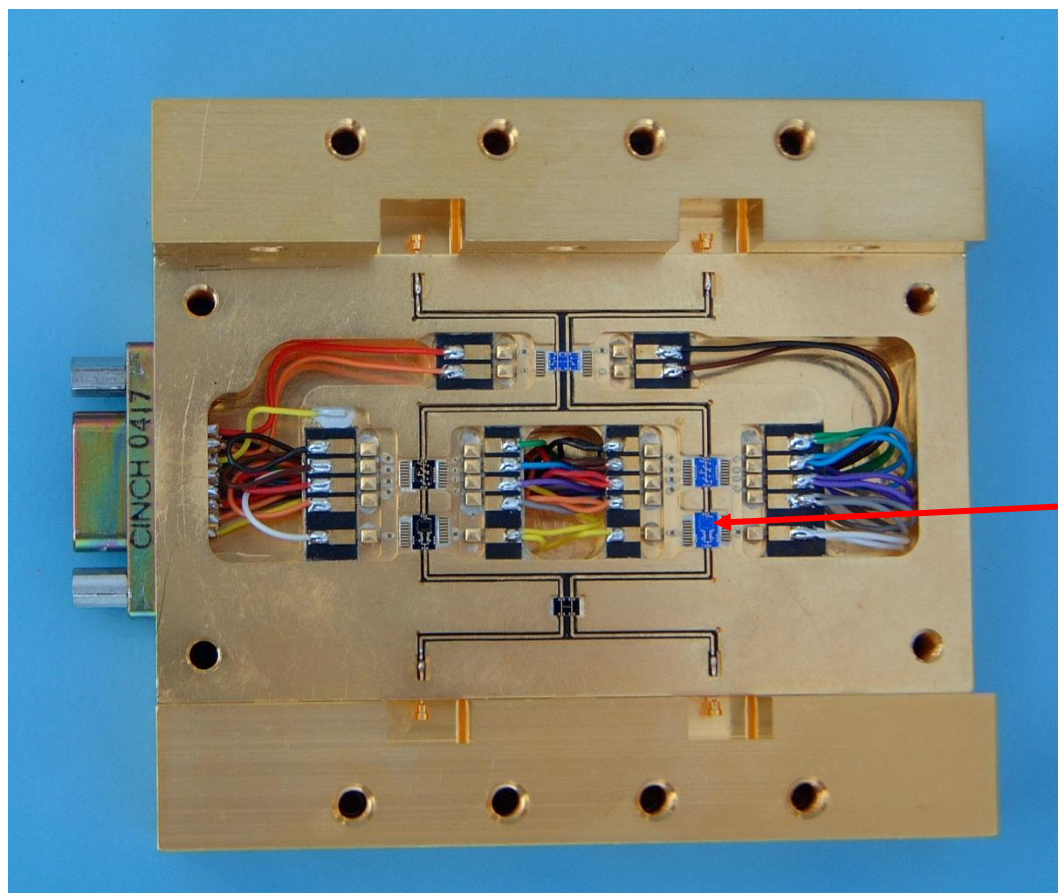
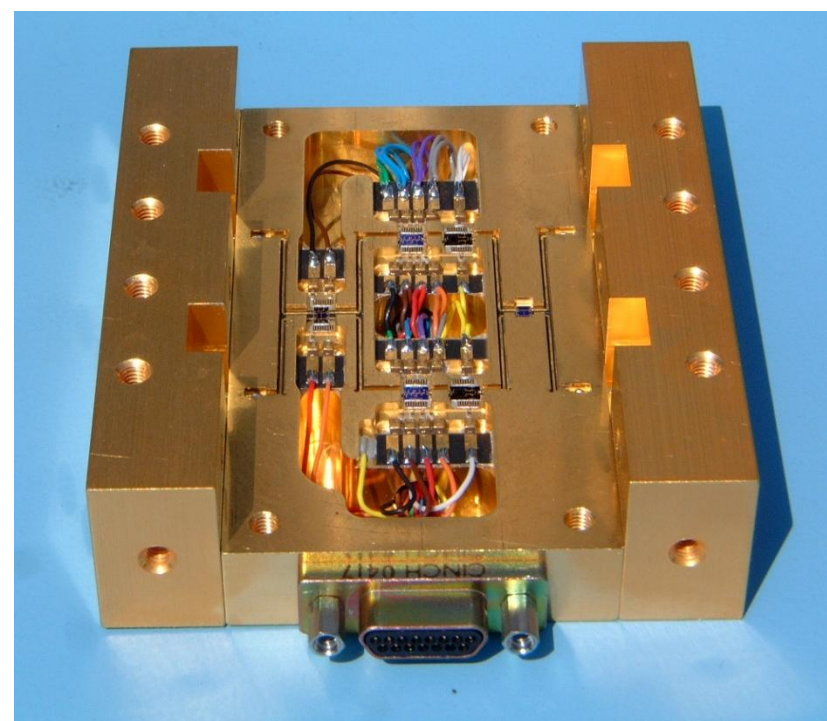


Kriogeniczny odbiornik na pasmo 22 GHz (1,35 cm)



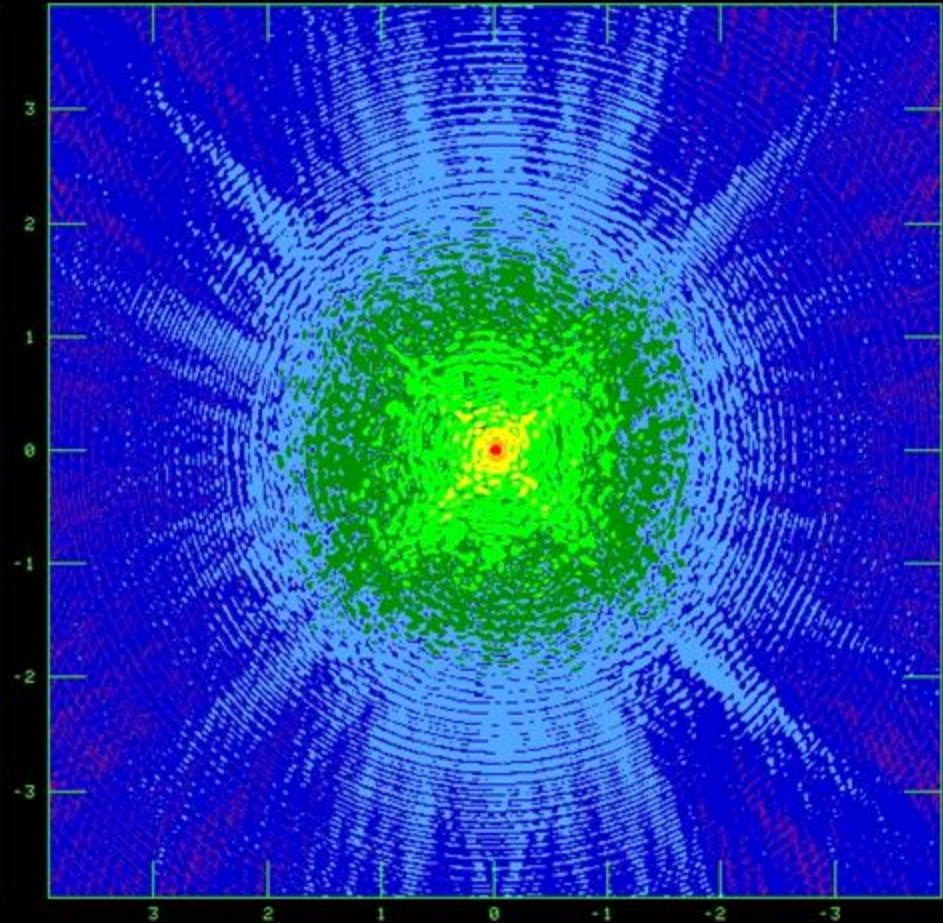
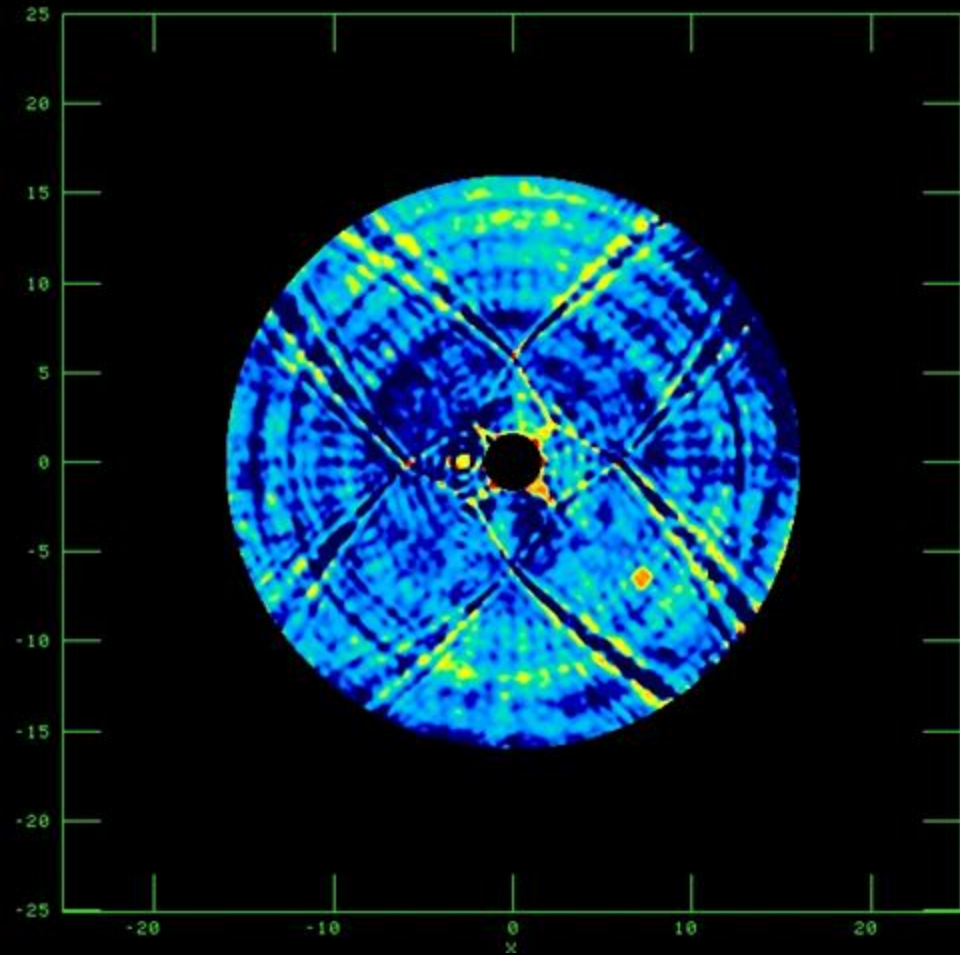
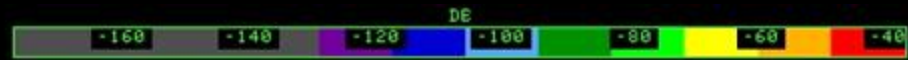
Przykład rozwijanych technologii w KRa CA UMK

Prototypowy front-end-module



MMIC

Holographic methods of parabolic antenna surface measurement – RT4



Surface errors [mm]

Point source PSF



90m radioteleskop

Polska nie uczestniczyła w
tworzeniu nowych światowych
projektów takich jak np. ALMA i
SKA

Nie wykorzystuje w pełni dużych
środków z europejskich grantów
badawczych

NIE POSIDAMY

- odpowiednich środków finansowych
- zaplecza technologicznego
- zespołów specjalistów

Mamy jednak nadzwyczaj dobrą pozycję w interferometrii wielkobazowej VLBI i w tworzeniu globalnego radioteleskopu.

Chcielibyśmy ją umocnić i zbudować trwałą infrastrukturę, a także utworzyć zespoły specjalistów inż.-techn., by skutecznie uczestniczyć w badaniach RA i badaniach kosmicznych przez następne > 50 lat

Idealne wzory do naśladowania to
ASTRON - Holandia
MPIfR - Niemcy

Projekt powołania KCIK (NCRa) i budowy 90 m radioteleskopu Hevelius

- NCRa był wspólną inicjatywą kilku jednostek krajowych i zagranicznych
- Jeśli mamy ambicje posiadania na swoim terytorium instrumentu badawczego na poziomie światowym, będącego integralną częścią europejskiej i światowej infrastruktury nauki, to jest to możliwe w dziedzinie radioastronomii
- W badaniach radioastronomicznych jesteśmy obecni i silni, mamy własny potencjał i realny wpływ na rozwój tej dziedziny
- Mamy szansę stworzyć nowoczesny ośrodek badawczy w skali dotychczas nie zrealizowanej w naszym kraju

Projekt został wpisany na listę PMD IB MNiSzW, 23.02.2011.

Konsorcjum „Narodowe Centrum Radioastronomii i Inżynierii Kosmicznej”

utworzono 28 sierpnia 2012,
uroczyste podpisanie umowy konsorcyjnej 6 listopad 2012

partnerzy

1. Uniwersytet Mikołaja Kopernika (główny koordynator)
2. Politechnika Gdańska (współ-koordynator)
3. Wojskowa Akademia Techniczna - Warszawa
4. Centrum Badań Kosmicznych PAN - Warszawa
5. Uniwersytet Jagielloński
6. Uniwersytet Zielonogórski
7. Centrum Astronomiczne im. M.Kopernika PAN -Warszawa
8. Instytut Chemii Bioorganicznej PAN - Poznań (PCSS)
9. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy - Bydgoszcz







Postanowienia ogólne

1. Strony niniejszej umowy powołują konsorcjum pod roboczą nazwą „**Narodowe Centrum Radioastronomii i Inżynierii Kosmicznej**” (zwane „Konsorcjum” w dalszej części niniejszej umowy), którego podstawowymi narzędziami badawczymi będą: radioteleskop RT90+ (o średnicy czaszy co najmniej 90 metrów i o wstępnej lokalizacji w Gminie Osie), oraz bazy laboratoryjne przy Uniwersytecie Mikołaja Kopernika (Narodowe Centrum Radioastronomii - NCR) i Politechnice Gdańskiej (Krajowe Centrum Inżynierii Kosmicznej - KCIK).

Cele Konsorcjum

Przedmiot działalności Konsorcjum obejmuje:

1. Połączenie potencjału naukowego i technicznego instytucji członkowskich Konsorcjum dla realizacji zadań badawczych, rozwojowych i technologicznych w dziedzinach nauk technicznych, eksploracji kosmosu, transferu i przetwarzania danych oraz radioastronomii.
2. Wspólne pozyskiwanie środków finansowych na realizację przedmiotu działania Konsorcjum.
3. Stworzenie zasad powołania i funkcjonowania NCR i KCIK.
4. Koordynacja prac projektowych i realizacja budowy radioteleskopu RT90+ i obiektów towarzyszących.
5. Zaprojektowanie, budowa i uruchomienie aparatury naukowej stanowiącej wyposażenie radioteleskopu RT90+ (realizacja głównie przez UMK, PG, WAT, CBK).
6. Koordynacja i prowadzenie badań naukowych przy pomocy radioteleskopu RT90+ i bazy laboratoryjnej.
7. Podłączenie radioteleskopu RT90+ do sieci krajowej PIONIER.
8. Badania i analiza wykorzystania zaawansowanych mocy obliczeniowych do wsparcia procesu badań naukowych wykonywanych przez Konsorcjum.
9. Kształcenie i rozwój kadry naukowej.

Rada Konsorcjum

1. Prof. dr hab. Andrzej Tretyn, JM Rektor UMK, (prof. W.Duch) Przewodniczący Rady
2. Prof. dr hab. inż. Ryszard Katulski, PG
3. Prof. dr hab. Piotr Życki, dyrektor CAMK PAN
4. Dr hab. Jarosław Kijak, prof. UZ
5. Dr hab. inż. Mariusz Figurski, prof. WAT
6. Dr hab. inż. Dariusz Boroński, prof. UTP
7. Dr hab. Hanna Rothkaehl, prof. CBK
8. Dr hab. Krzysztof Chyży, prof. UJ
9. Dr Maciej Stroiński, PCSS
10. Dr hab. Jacek Galas, prof. INOS
11. Andrzej Marszk, Wiceprezes Zarządu PSSE

12. Prof. dr hab. Andrzej Kus, Dyrektor Konsorcjum,
13. Prof. dr hab. Józef Sienkiewicz - Prorektor ds. Nauki PG,
Zastępca Dyrektora Konsorcjum

Posiedzenia Rady Konsorcjum

1. Politechnika Gdańska

6.11.2012

11.04.2014

2.12.2014

2. WAT

25.10.2013

3. UMK

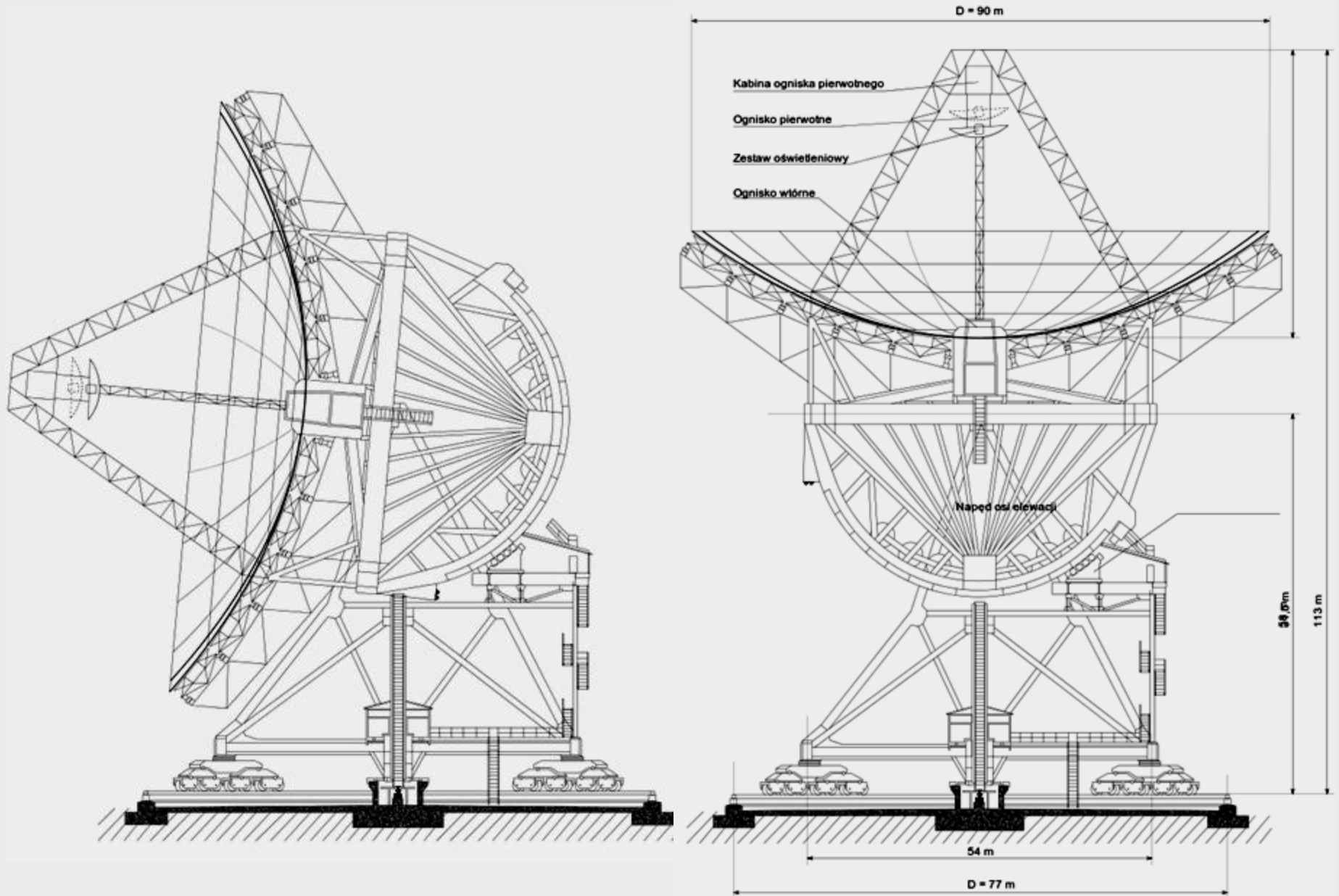
26.04.2013

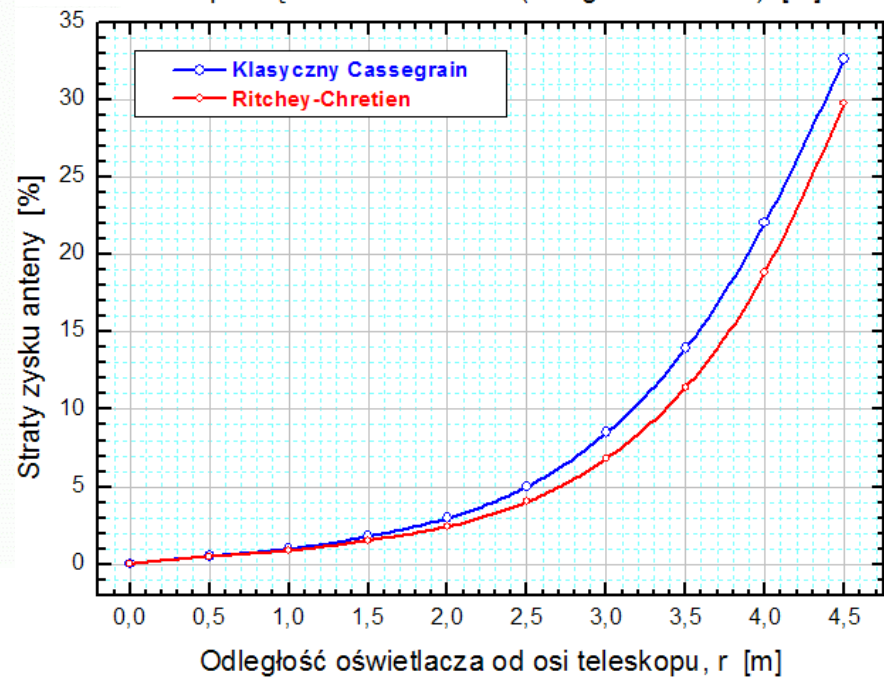
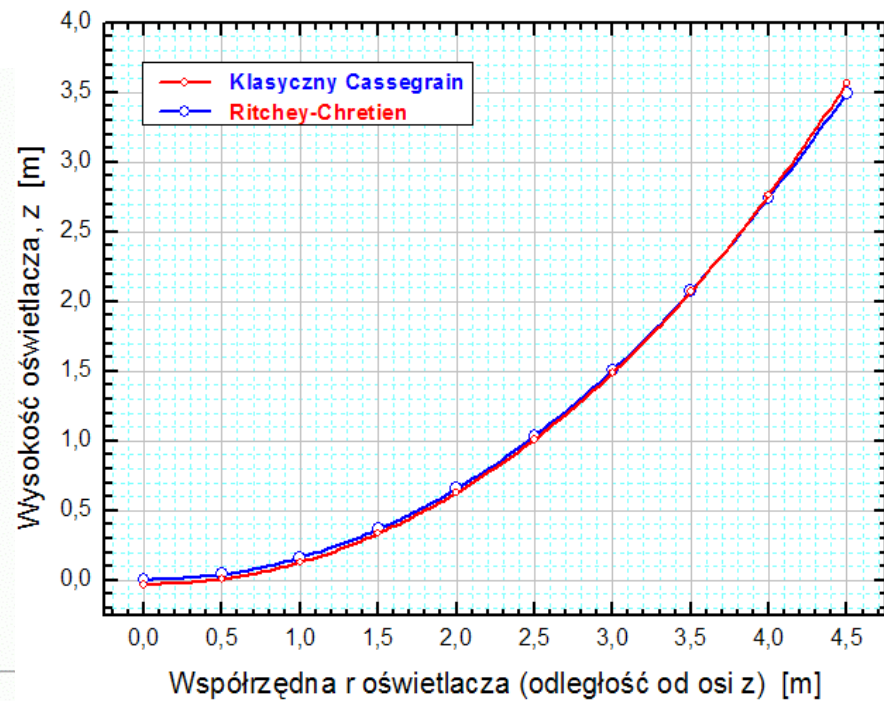
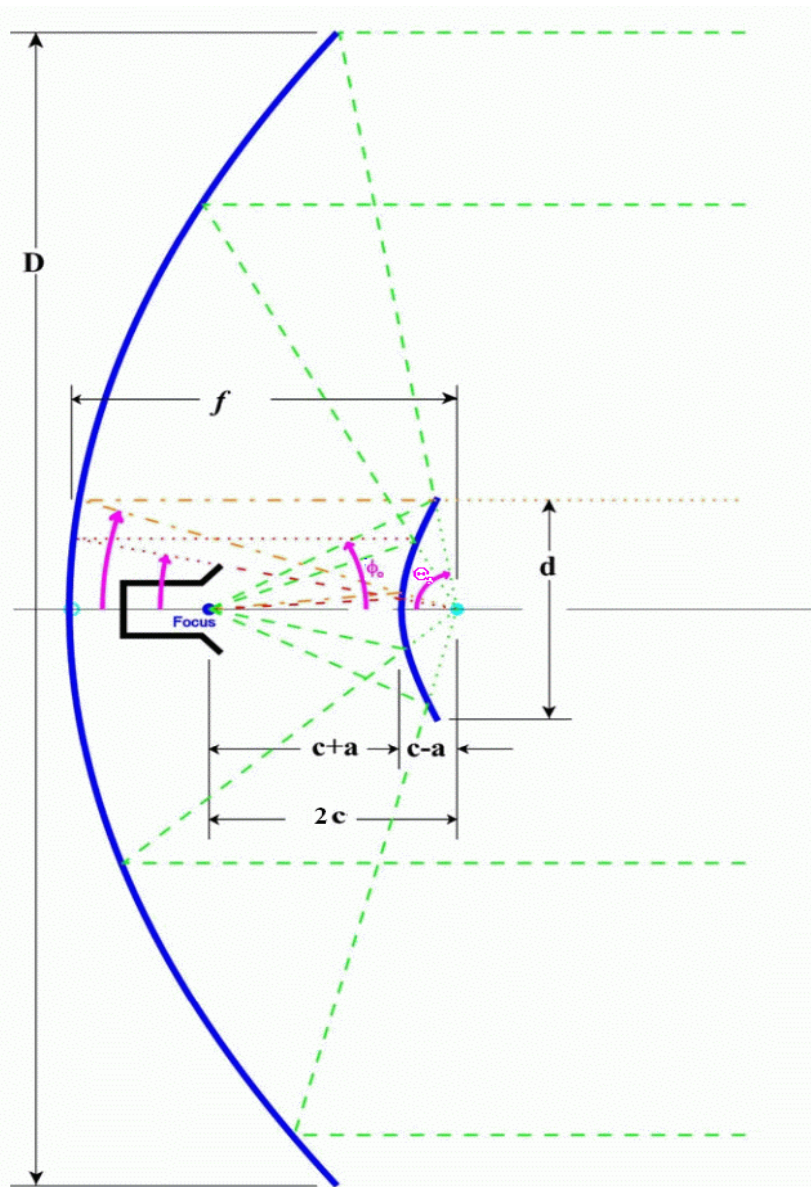
4.12.2013 (Konwent Marszałków RP)

29.01.2016

**I Aktualizacja projektu na PMD IB MNiSzW, wniosek 2013,
(pozytywnie oceniony, wpisany na listę, 5.08.2014)**

Konceptcja RT90 wzorowana na opracowaniu inż. Zygmunta Bujakowskiego RT70





Nowy duży radioteleskop - parametry

1. Średnica 90+ m (symetryczna paraboloida)
2. System Cassegrain'a typu R-C (f/D i D/d jak dla RT4)
3. Zakres ruchu: Elewacja < 20-90>; Az. < +/- 270 deg.>
4. Zakres częstotliwości 0.1 - 22 GHz (max 30 GHz)
5. Pasmo całkowite 16 GHz (w ~4-8 podpasmach)
6. Wielowiązkowy system <50 - 100 > (APRICOT FP7)
7. Cyfrowe, ogólnego zastosowania back-ends (UNIBOARD FP7)
8. Połączenie światłowodowe, szerokie pasmo (PIONIER)
9. Zdalne sterowanie i funkcjonowanie
10. Minimalizacja kosztów utrzymania

Badania => instrument do przeglądów nieba („Radiowe OGLE”)
także do badań indywidualnych obiektów

Wymagania dotyczące lokalizacji

Niski poziom RFI, strefa ochronna

Proponowana lokalizacja - Bory Tucholskie



135 m

Image © 2013 MGGP Aero
© 2013 Google
© 2013 Cnes/Spot Image

Google

Porównanie rozmiarów RT90+ z budynkami w centrum Warszawy

Optyka: Cassegrain, Ritchey-Chretien

Optymalizacja: duże pole widzenia, czułość, spill-over

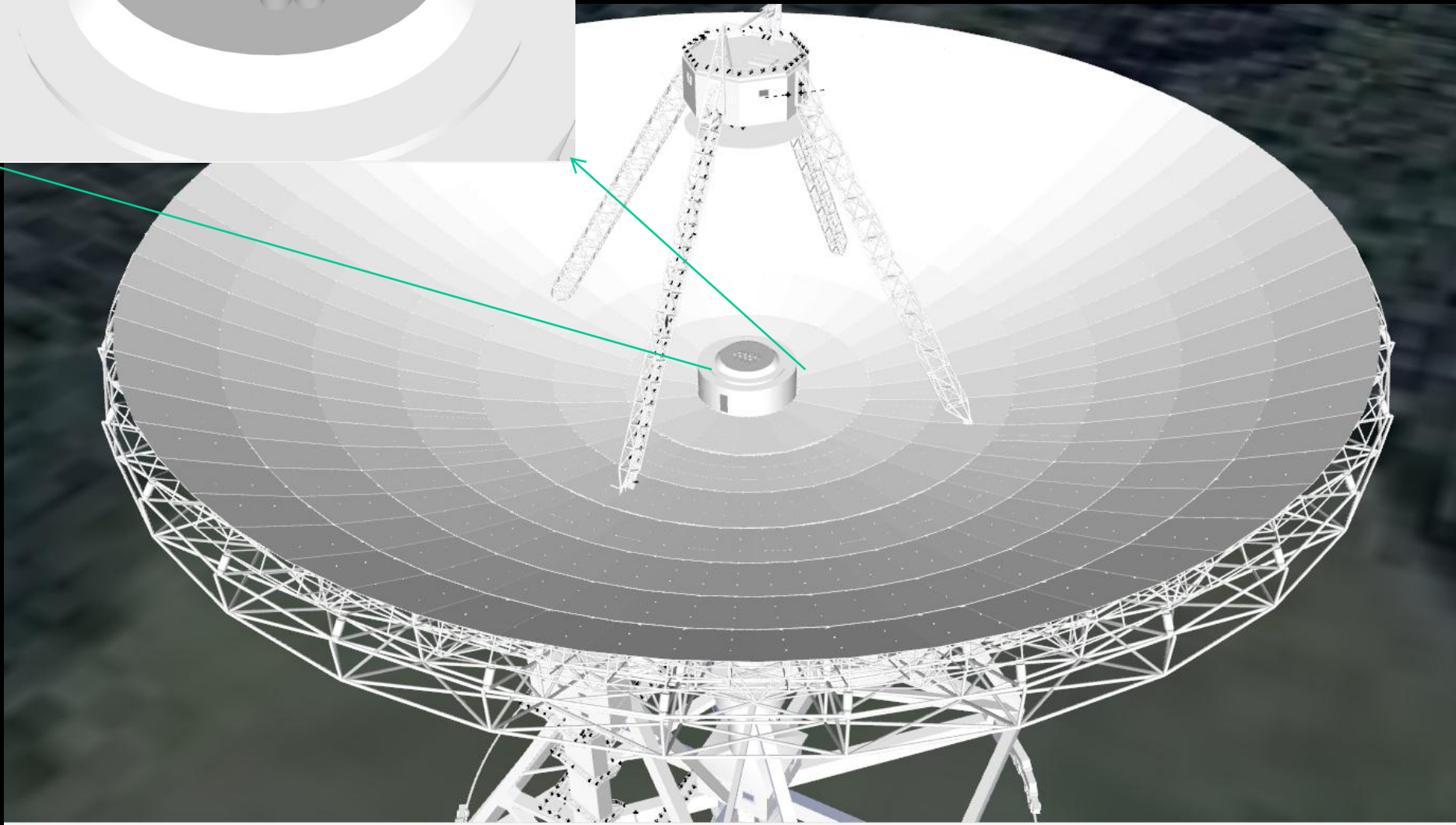
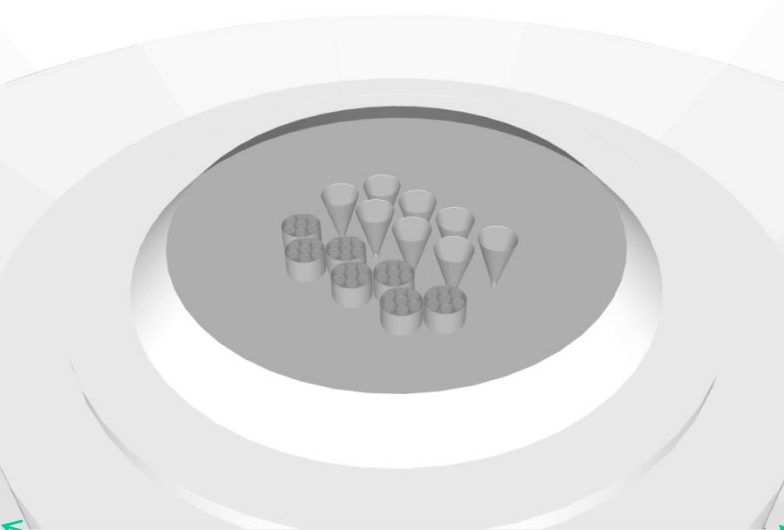
Montaż: El-Az (inne np. napędy hydrauliczne ?)

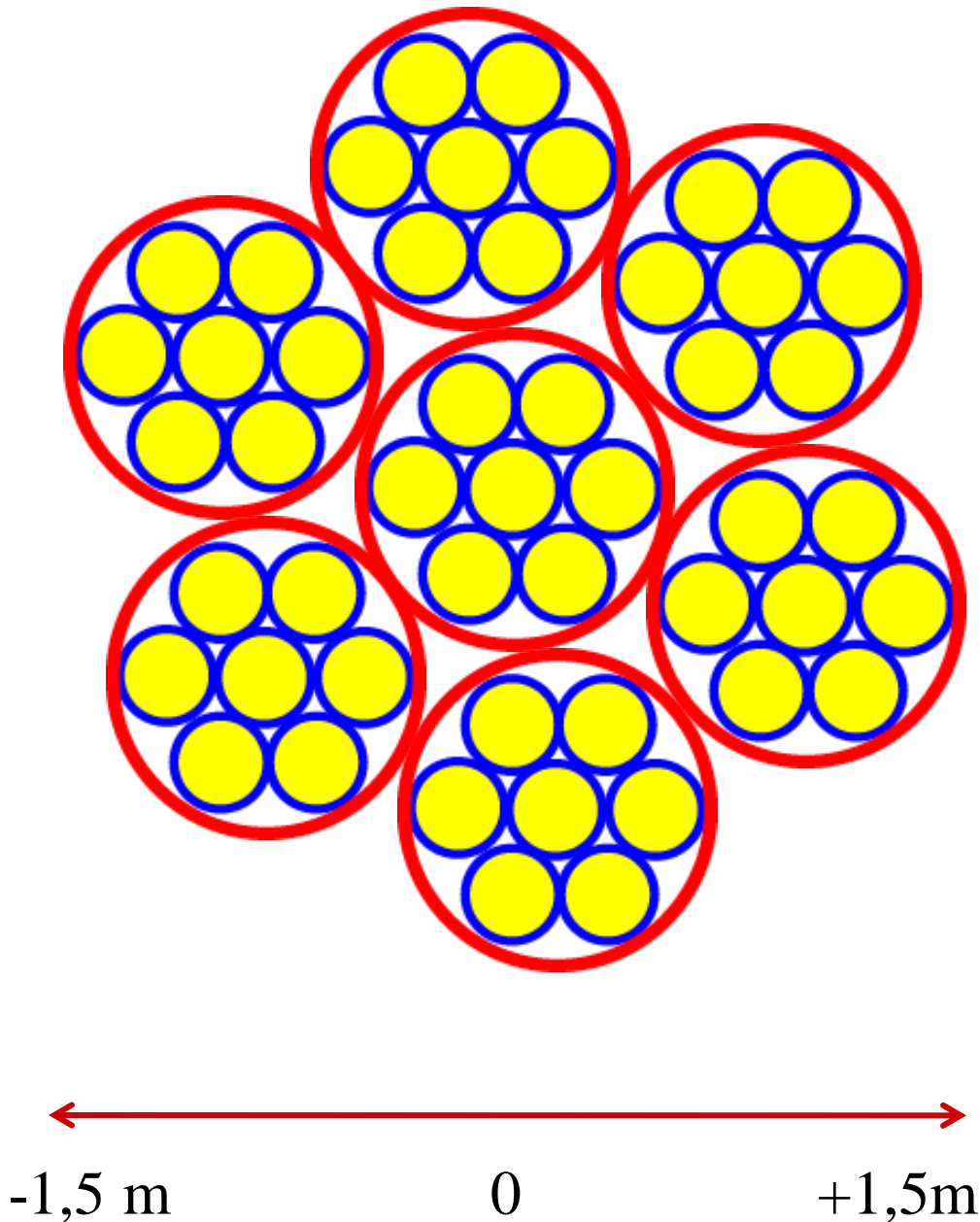
Precyzja: panele 0.5 mm RMS, pozycjonowanie ~5"

Odbiorniki: ultra-szerokopasmowe, $T_{sys} < 30K$,

Back-ends: techniki cyfrowe (4-10 Gb/s)

**Równoczesny pomiar wszystkich parametrów sygnału
(rejestracja i przetwarzanie w czasie rzeczywistym)**





Pasma 5-21 GHz
Polaryzacja LHC & RHC
Podpasma 1-2 GHz

Cyfrowe Back-ends

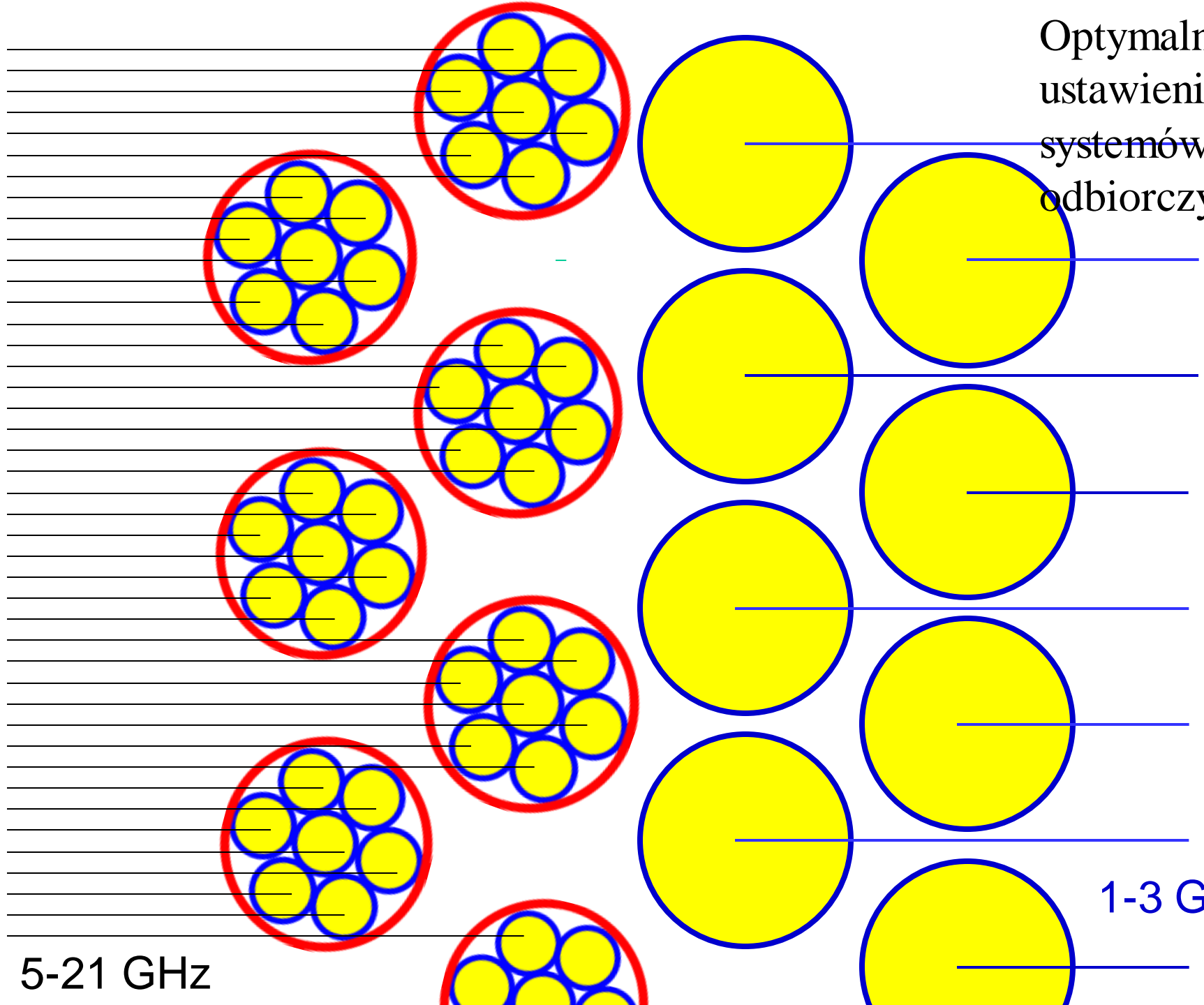
Radiometry
Polarymetry
Spektroskopia
PSR-y
Transients

41 wyjść x 2 pol x
16 (1 GHz) pod-pasm=>
1312 kanałów z ~1 kHz
rezdzielczością
surowe dane ~5 TB/s

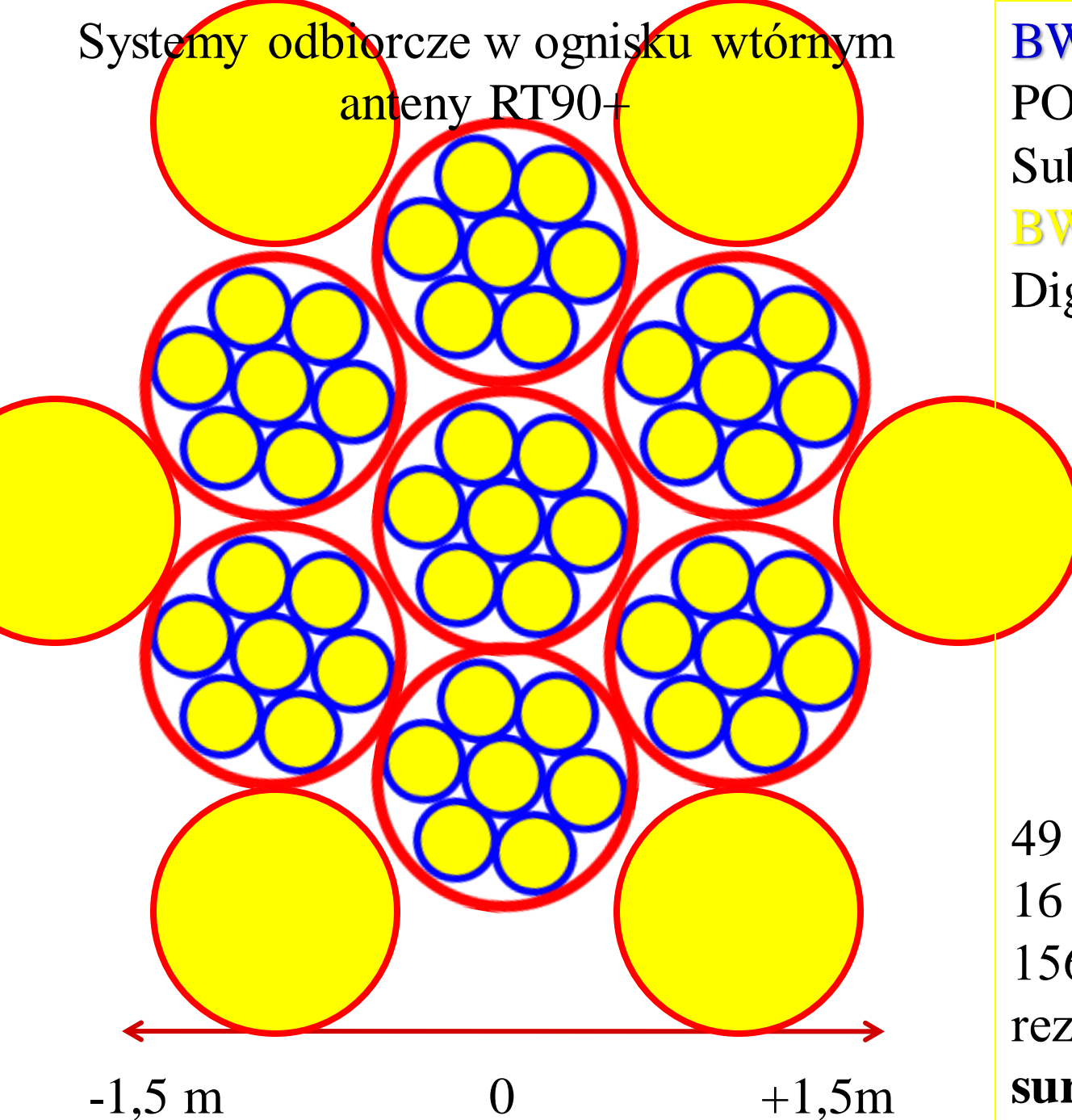
Optymalne
ustawienie
systemów
odbiorczych

5-21 GHz

1-3 GHz



Systemy odbiorcze w ognisku wtórnym
anteny RT90+



BW 5-21 GHz

POL LHC & RHC

Sub-Bands 2 GHz

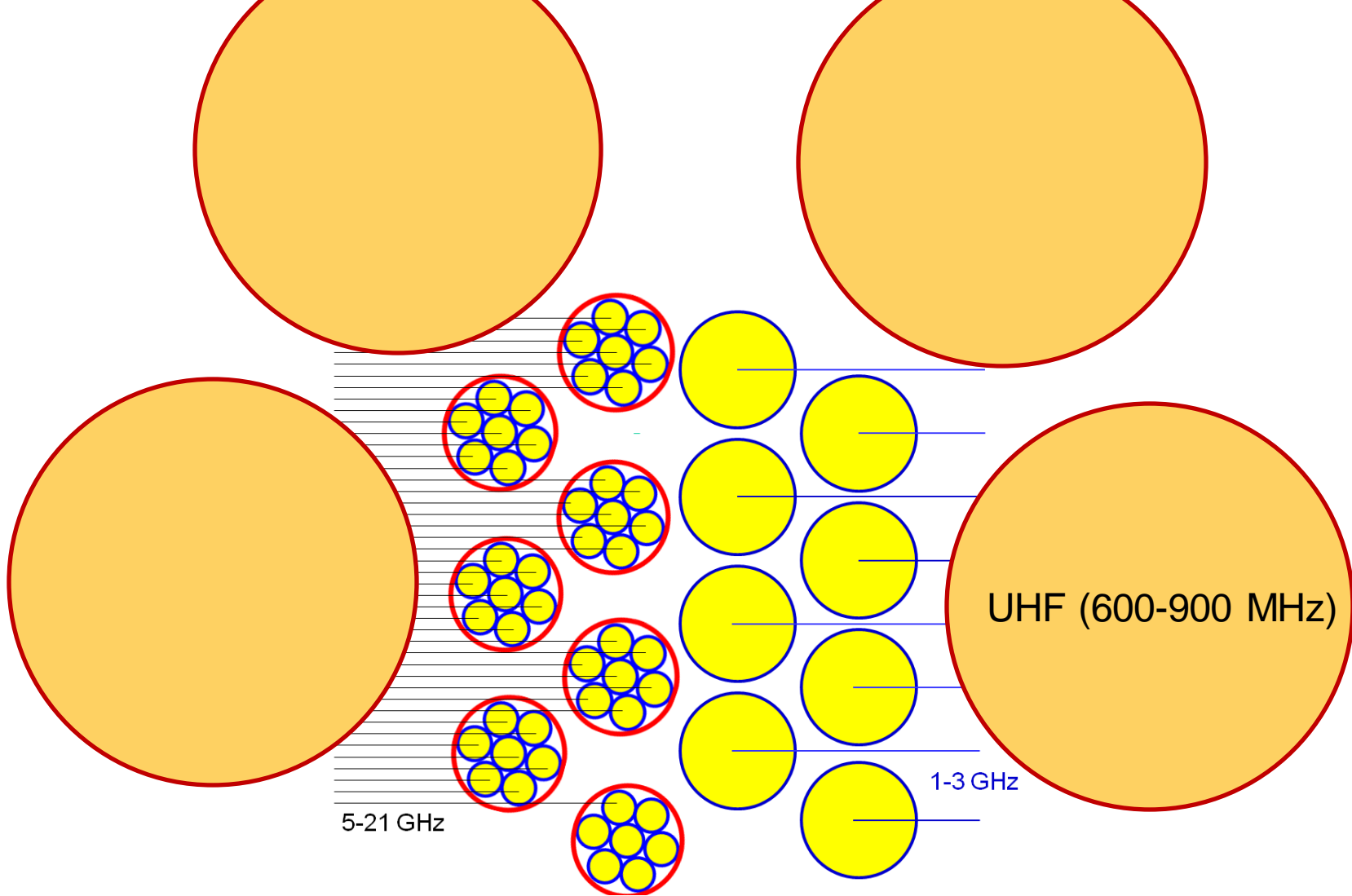
BW 1-3 GHz

Digital Back-ends

Radiometry
Polarimetry
Spectroscopy
PSRs
Transients

49 wyjść x 2 pol x
16 (1 GHz) pod-pasm=>
1568 kanałów z ~1 kHz
rezydującością

surowe dane ~5 TB / s



5-21 GHz

1-3 GHz

UHF (600-900 MHz)

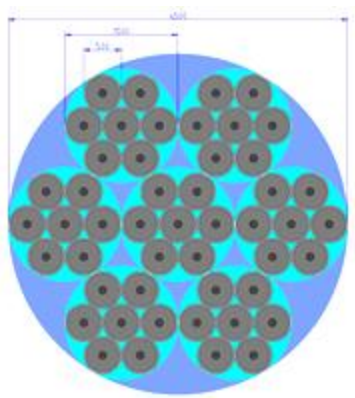
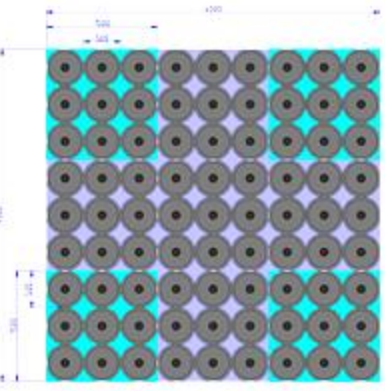
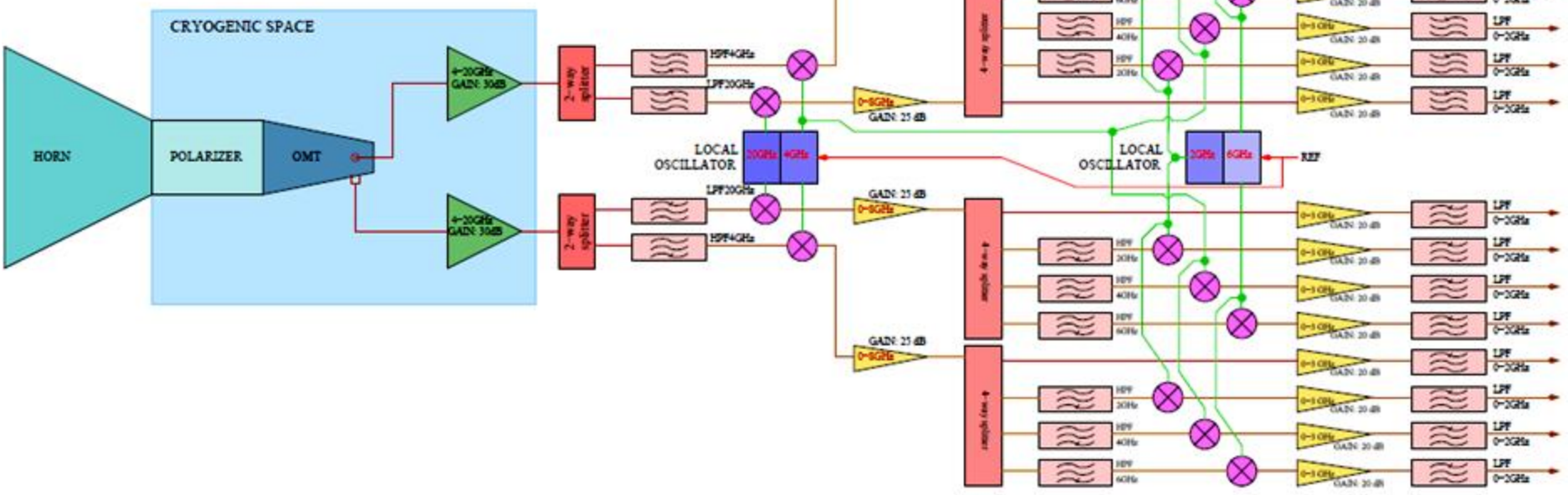


3m

Projekty systemów odbiorczych i cyfrowych back-end'ów FPGA

RT-5 single feed receiver scheme
Revision 2

LPF - Low Pass Filter
HPF - High Pass Filter
BPF - Band Pass Filter
OMT - OrthoMode Transducer



r.en.alibaba.com

Oczekiwane czułości RT90+

System	pasmo [GHz]	wiązka anteny [minuty kątowe]	czas integracji [sek]	czułość RMS [mJy]
--------	----------------	----------------------------------	--------------------------	----------------------

Radiometr szerokopasmowy, antena zatrzymana - dryfowanie nieba

HF	5-21	1	4/cos(DEC)	0,12
LF	1-3	8	32/cos(DEC)	0,10

Radiometr szerokopasmowy, procedura śledzenia

HF	5-21	1	60	0,03
LF	1-3	8	60	0,07

Przyjęto: czułość anteny 1 K/Jy, pełną szerokość pasma, $T_{sys} = 30K$

Programy badawcze

VLBI (interferometria, EVN) Pojedynczy teleskop

An RTH Legacy project: "2CMS"
the 2-Centimetre Million Source survey

Badania pozagalaktyczne

Źródła tła

Gromady galaktyk

AGN-y

Normalne galaktyki

Ośrodek międzygalaktyczny

Astronomia galaktyczna

Pulsary

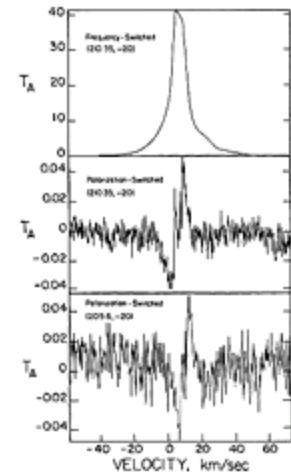
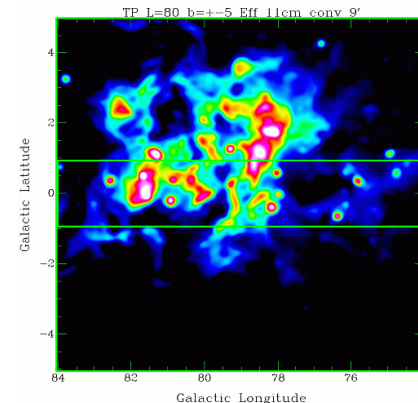
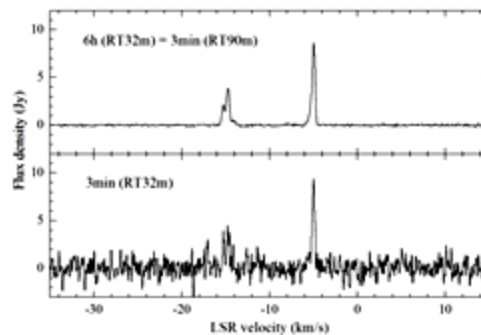
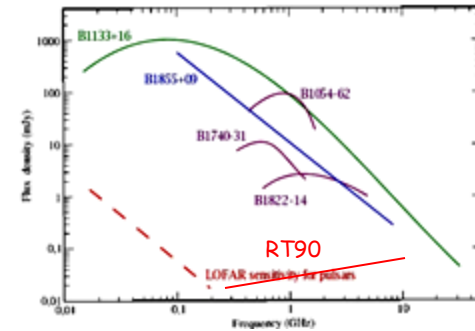
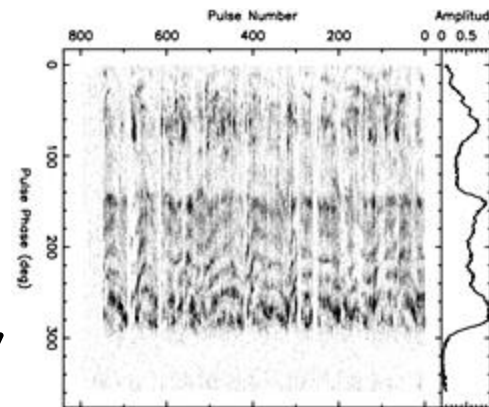
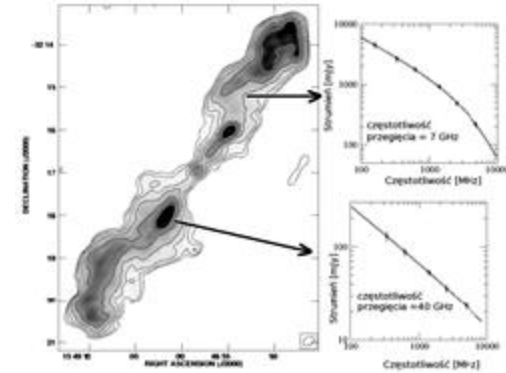
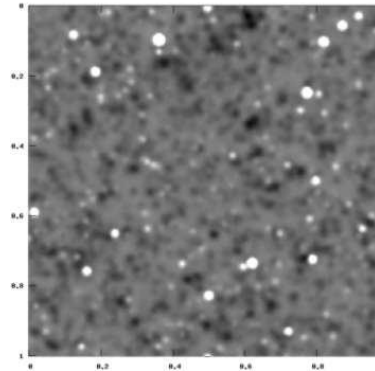
Transjenty

Aktywne gwiazdy

Molekuły

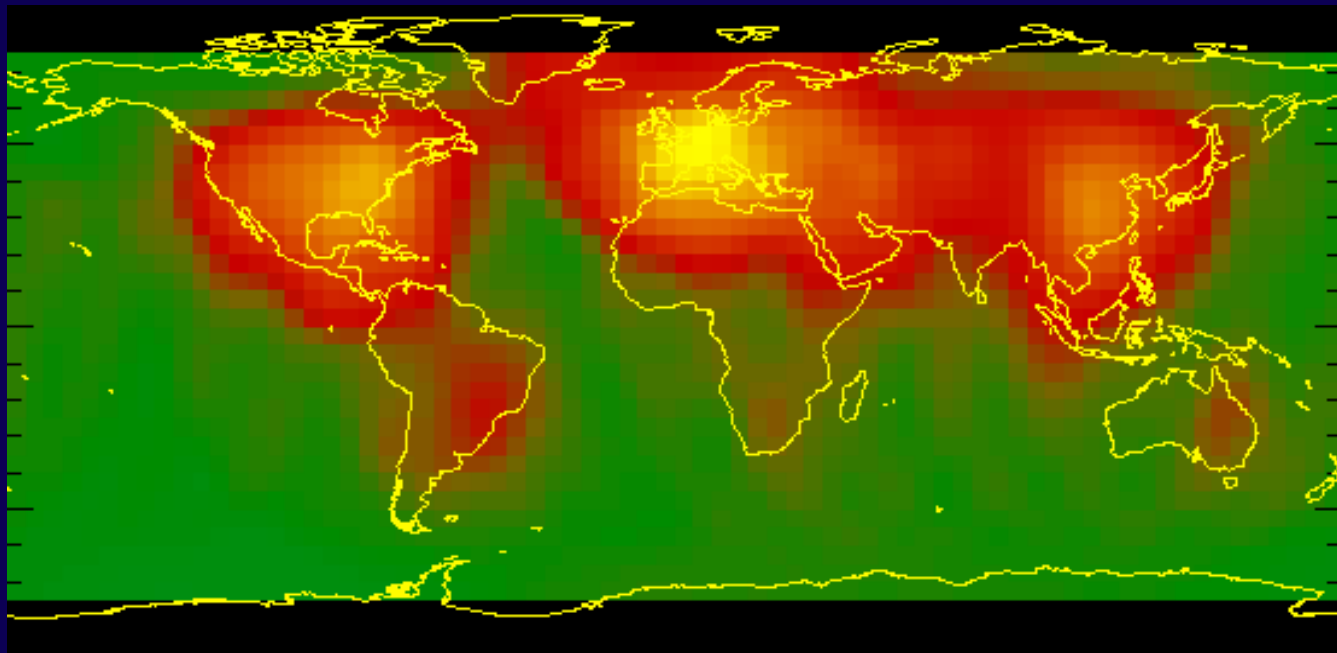
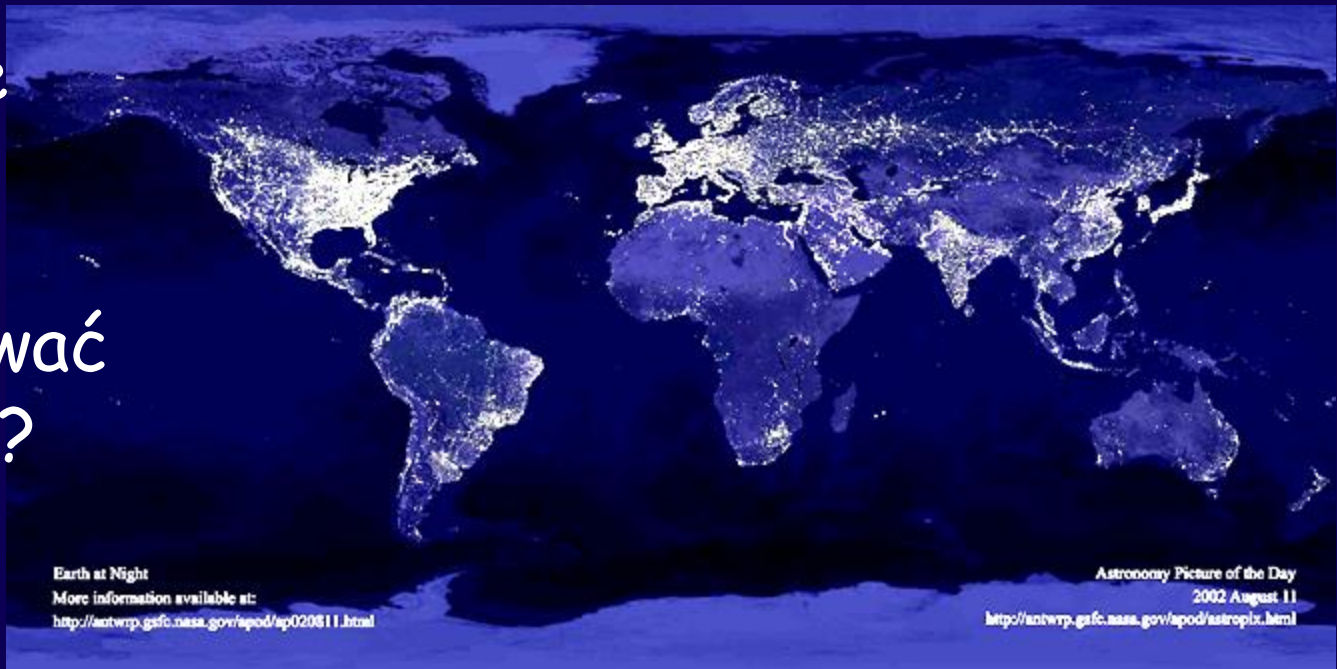
Pola magnetyczne

Ośrodek międzygwiazdowy



Obserwacje
naziemne

Gdzie budować
teleskopy ?

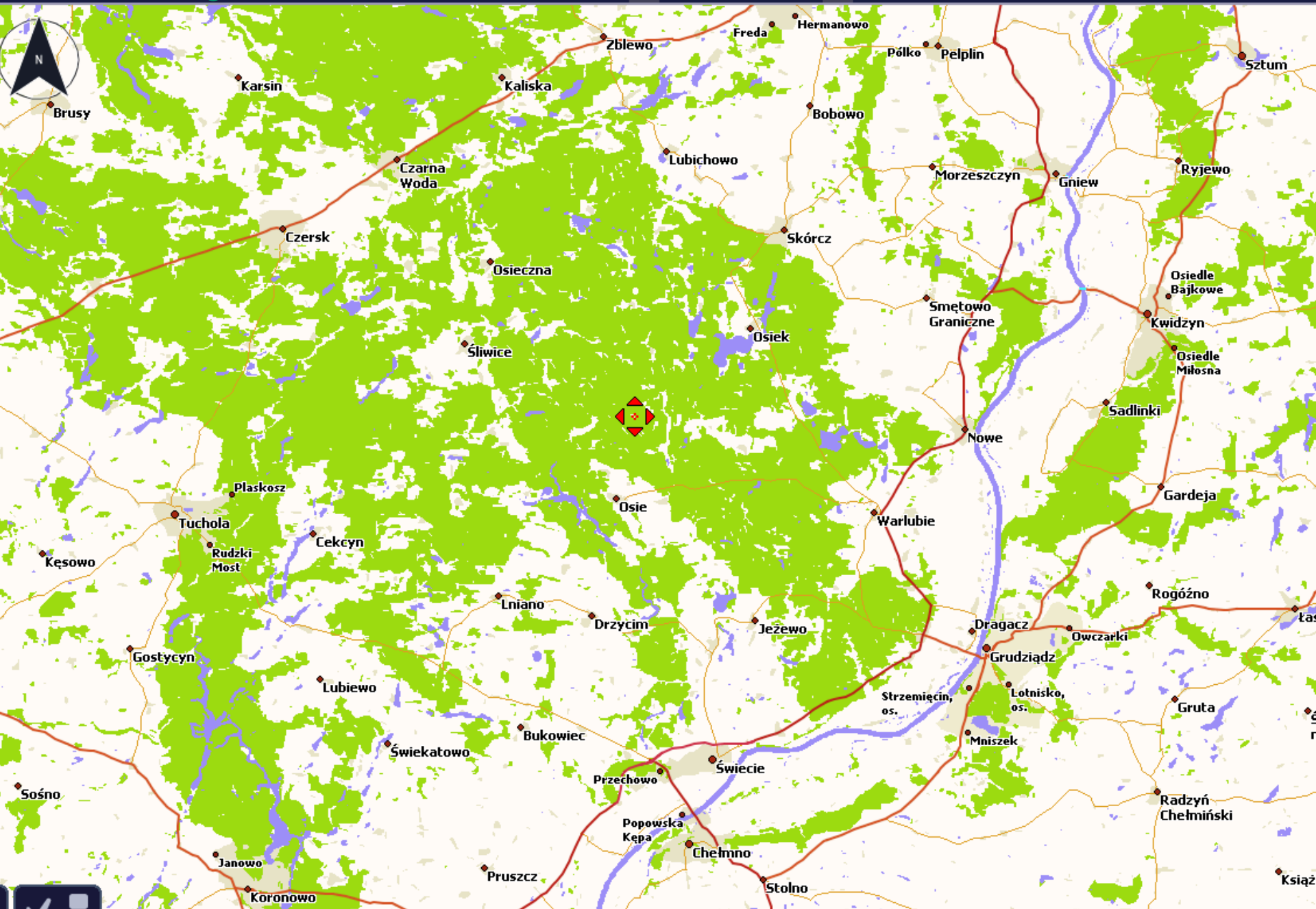


Poziom zakłóceń radiowych w zakresie 1.4 - 1.8 GHz
L-band
CA UMK Piwnice

Lokalizacja RT90+ !!!

Musimy szukać lepszych miejsc niż Piwnice k. Torunia



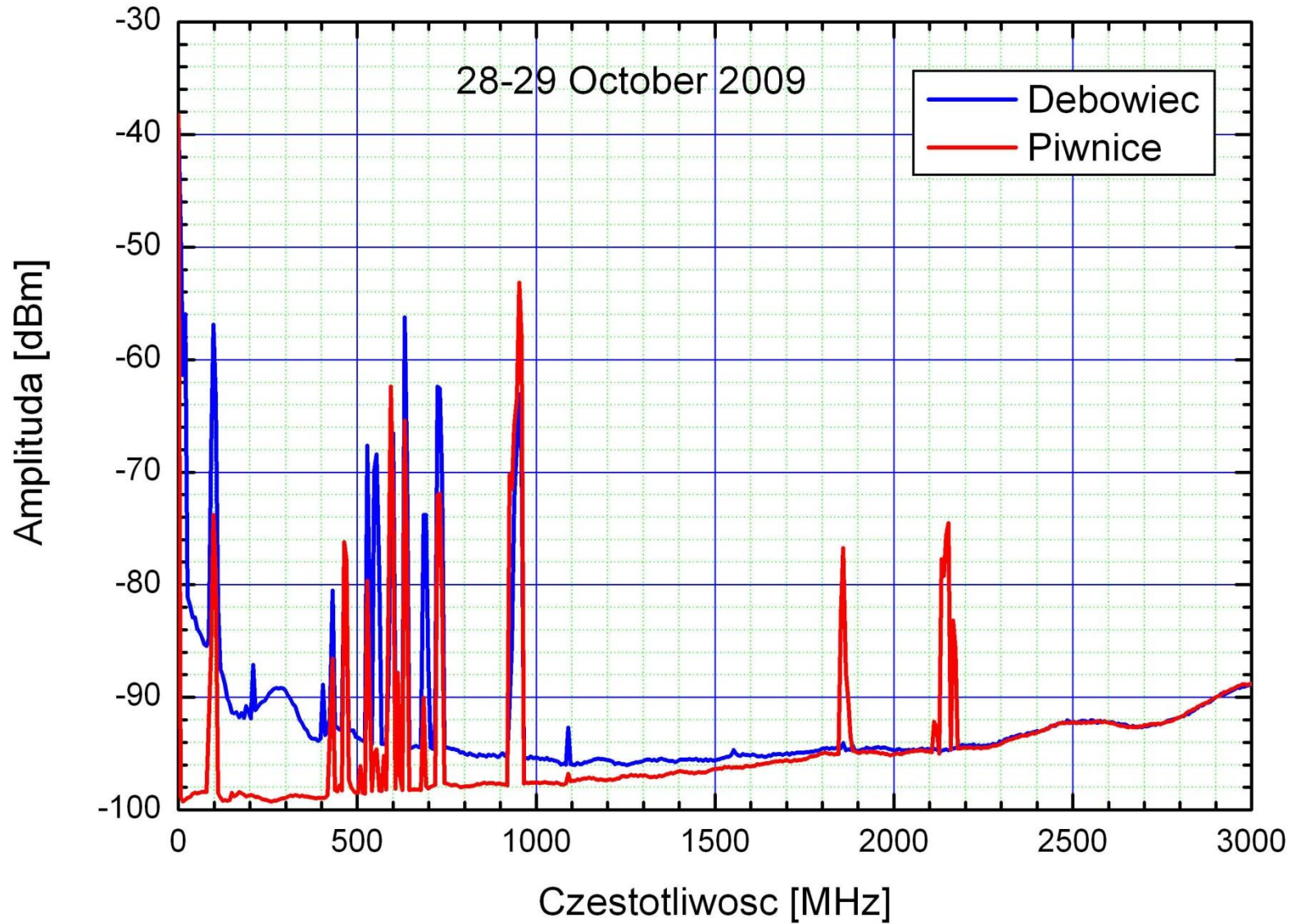




Inne uwarunkowania

- Stabilny grunt
- Wieczyste użytkowanie
- Zgodność z wymogami ekologii
- Odpowiednie warunki pogodowe

Długa lista zadań dla zespołu roboczego do spraw lokalizacji RT90+



Radioteleskop RT90+ Dębowiec D = 110m
Model 3D wykonany został na podstawie rysunków mgr inż. Z.Bujakowskiego
przez mgr inż. Janusza Mazurka i mgr Romana Feilera z KR CA UMK
przy pomocy oprogramowania Google SketchUp



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2013 Cnes/Spot Image
Image © 2013 DigitalGlobe
Image © 2013 GeoEye

Google earth



Inwestycja „90m Radioteleskop”
oraz jej wstępna lokalizacja zostały wpisane do
dokumentu Ministerstwa Rozwoju Regionalnego

„Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030”

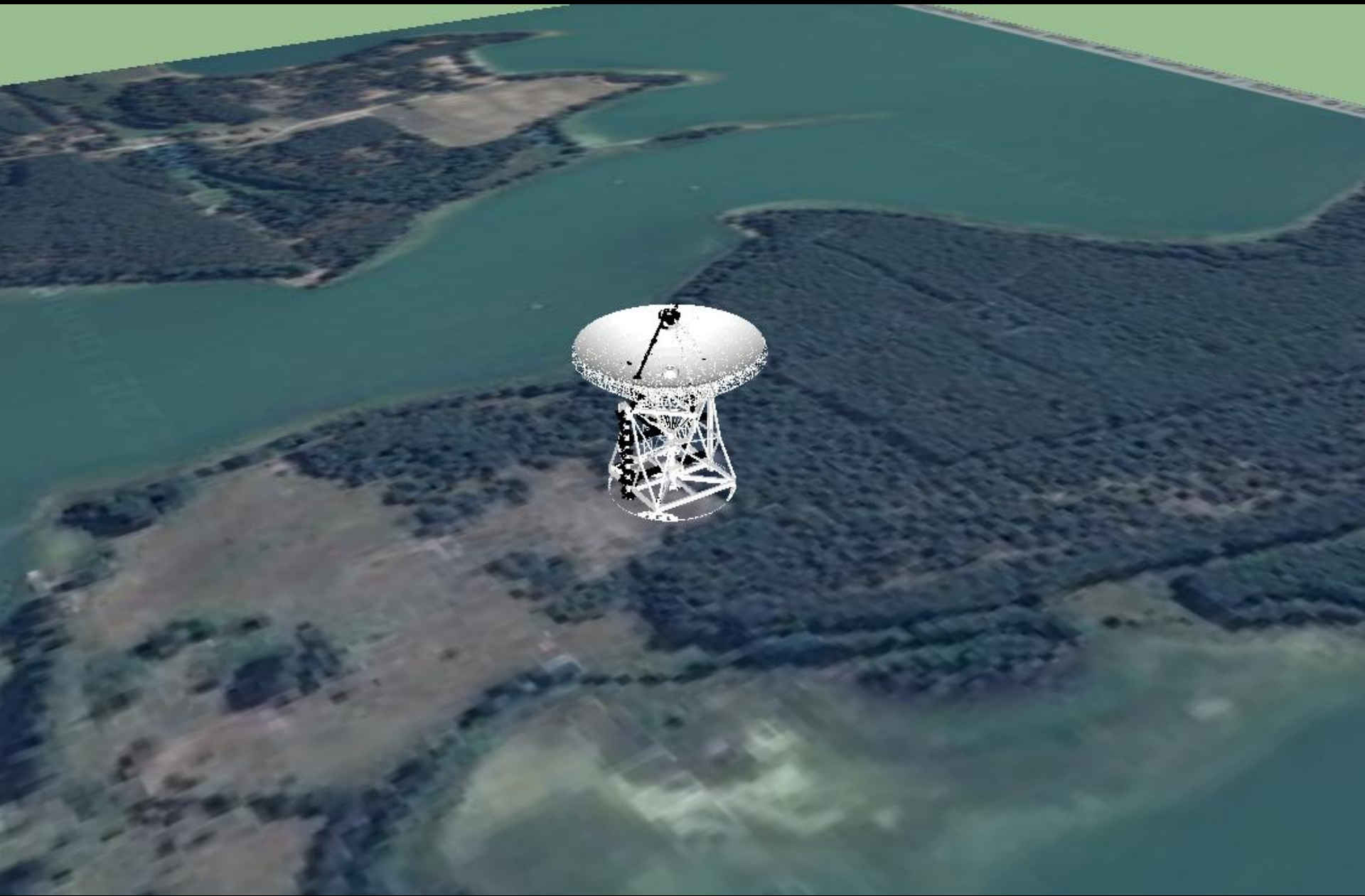
Jest na „Mapie Drogowej Polskiej Infrastruktury Badawczej”

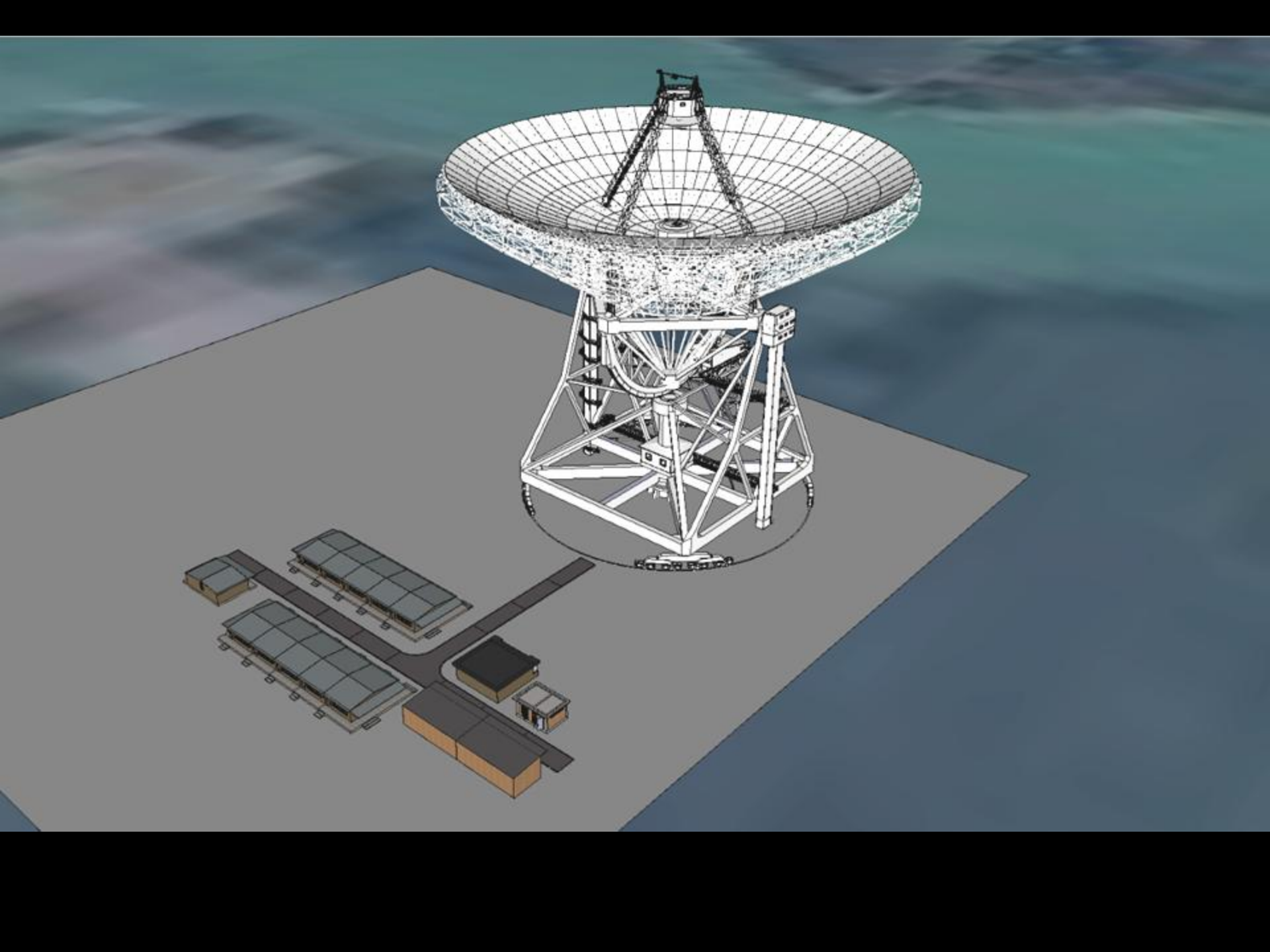
Jest wpisana do „Strategii Rozwoju UMK 2011-2020”

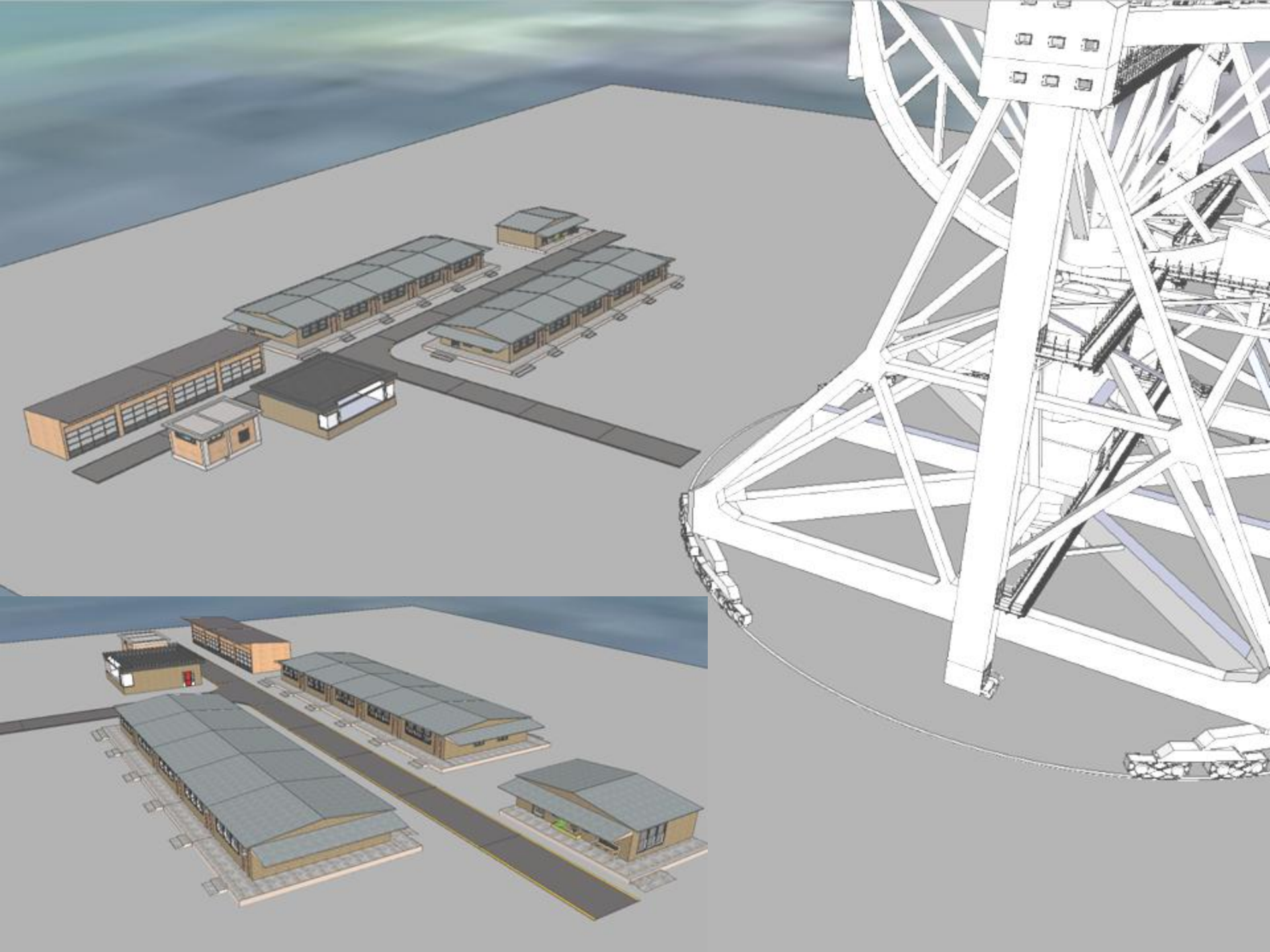
Jest wpisana do „Strategii Rozwoju woj. Kuj-Pomorskiego”



Lokalizacja nr.2 Wyspa Ostrów Wielki na jeziorze Wdzydzkim, woj. Pomorskie







Inwestycje planowane w Jednostkach Konsorcjum

RT90+ (Dębowiec / Ostrów Wlk.), **UMK / PG**
Krajowe Centrum Inżynierii Kosmicznej, **PG**
Laboratoria NCRiIK, **UZG, UTP, UJ, UMK**
Centra przetwarzania danych, **PCSS, PG**
AstroGrid, **CAMK**

KCIK Politechnika Gdańska



Rozwój przemysłu i nowoczesnych technologii

1. Wielkoskalowe konstrukcje projektowanie i wykonanie
2. Techniki antenowe w zakresach mikrofal
3. Ultra nisko szumowe wzmacniacze mikrofalowe
4. Pasywne i aktywne podzespoły mikrofalowe
4. Szerokopasmowe układy cyfrowego przetwarzania danych
5. Nowoczesne materiały takie jak np. kompozyty węglowe
6. Radio spektroskopia
7. Radiometria
8. Radiolokacja
9. Nawigacja naziemna i kosmiczna
10. Zastosowania w geofizyce i geotechnice
11. Wielkie bazy danych, archiwizacja, przetwarzanie, dostęp
12. Ultra szerokopasmowy internet, światłowodowe arterie kom.

Większość urządzeń RT90+ powinna powstać w Polsce
(projekty i prototypy tworzone będą w Jednostkach Konsorcjum)
wykonanie końcowe w oparciu o przemysł krajowy.

Niezbędne uzgodnienia i działania



Środki finansowe na prace przygotowawcze (5-10 mln zł.)

- Koszt dokumentacji wstępnej,
- Studia projektowe anteny oraz infrastruktury towarzyszącej
- Projekt szerokopasmowych odbiorników, budowa prototypu
- Projekt urządzeń cyfrowych, budowa prototypów
- Projekt kubatury KCIK (Gdańsk) i NCR (Toruń), Lab. (UZ) - RPO ?

Środki finansowe na inwestycje (środki UE POIR dz. 4.2)

- Przygotowanie i złożenie wniosków o finansowanie

Antena D=90m ~240mln zł.


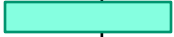

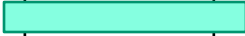









Kubatura 40 mln zł.; Aparatura 50 mln zł. RAZEM (~330 mln zł).

Utworzenie instytutu naukowego zarządzającego infrastrukturą

Plan i harmonogram prac, zespoły
Szczegóły ustalane w zespołach roboczych

Harmonogram zadań

330

ZADANIE	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Koszt mln zł.
Przygotowanie wstępnej dokumentacji , wnioski o finansowanie							5
Wybór lokalizacji RT90							
Projekt RT90+ i towarzyszącej kubatury							15
Projekty kubatury NCR i KCIK							2
Prototypy systemów odbiorczych							10
Łącze światłowodowe							3
Budowa RT90+							220
Budowa kubatury NCR i KCIK							30
Zakupy i scalanie aparatury naukowej							30
Budowa odbiorników							5
Budowa systemu (hard&soft) przetwarzania danych							5
Rozruch RT90+							5
Rozpoczęcie pracy RT90+							-

Inne ważne cele inwestycji RT90 *Hevelius*

PROMOCJA NAUKI i technologii,

popularyzacja nauk ścisłych i techniki

promocja edukacji

Budowa wizerunku i pozycji Polski w Europie i w świecie jako kraju nowoczesnego, o znaczącym potencjale gospodarczym, naukowym i technologicznym, kraju ludzi wyedukowanych, otwartych na nowe idee, ludzi kreatywnych.

Aktualna sytuacja projektu RT90+ niepowodzenia

1. Na szczeblu centralnym nie przyznano zaplanowanych środków na rozwój lokalnej Infrastruktury.
Kuj-Pom otrzymało zaledwie 1/3 sumy wnioskowanej.
Nie było więc funduszy na budowę RT90+
2. Próby pozyskania finansowania z MNiSzW zawiodły
3. Wniosek do KE o wpisanie polskiego projektu na ESFRI RTH-CEIRAST nie został wysłany do Brukseli.
(*Central European Institute for Radio Astronomy and Space Technology - Proposal for the 2016 ESFRI Roadmap, June 2015*)
4. Śmierć dwu ważnych Kolegów, Członków Rady, kluczowych dla projektu: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sikora PG, prof. dr hab. Janusz Gil UZ.

Zmiana sytuacji dotyczącej warunków rozwoju nauki

1. Przystąpienie Polski do ESA, 2012
2. Przystąpienie Polski do ESO, 2014 (WD)
3. Budowa stacji LOFAR w Polsce
4. Dostęp do światowych zasobów infrastruktury badawczej
5. Kwestionowana jest celowość budowy i utrzymania własnej wielkiej infrastruktury badawczej
6. Opóźnienie w realizacji powoduje spadek zainteresowania wykorzystaniem RT90+ przez astronomów polskich
7. Brak dostępu do znaczących źródeł finansowania.

1. Czy zamykamy projekt ?

To byłaby najłatwiejsza decyzja, ale oznacza ona zmarnowanie wielkiej pracy Konsorcjantów wykonanej w projekcie i zmarnowanie doświadczenia i talentów ludzi niezwykle wartościowych.

2. Czy reaktywujemy projekt w zmienionej formule ?

Jeśli wybierzemy p.2, to dobrą propozycją jest utworzenie: Międzynarodowego Centrum Nawigacji i Łączności Kosmicznej z antenami RT90m i RT25m jako głównym instrumentem pomiarowymi, z zapleczem kubaturowym, w lokalizacji zapewniającej „czystość” środowiska pod względem emisji EM.

Celem jest zaangażowanie polskich zasobów do projektów kosmicznych i komercyjnego użycia dużych anten do radiokomunikacji w skalach kosmicznych (sondy, misje załogowe, bazy na Księżycu, kolonizacja Marsa)

NASA DSN

<https://deepspace.jpl.nasa.gov/>

DSN to trzy ośrodki, równo oddalone o około 120 stopni długości geograficznej dookoła globu ziemskiego.

Są to **Goldstone (70m)**, w pobliżu Barstow, California, USA, **Robledo koło Madrytu (70m)**, Hiszpania, i **Canberra (64m)**, Australia. Centra te wyposażone są w anteny nadawczo-odbiorcze o średnicy 70m, 64m i mniejsze, o rozmiarach 34m, 26m.



ESA Tracking Network - ESTRAC

http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/01/Network_map

https://download.esa.int/esoc/estrack/esa_estrack_brochure_2015_EN.pdf



ESTRACK Stations



New Norcia - DSA-1 35m Australia

Cebreros - DSA-2 35m Hiszpania

Malargue - DSA-3 35m Argentyna

Kiruna 15m i 13m Szwecja

Kourou 15m Gujana Francuska

Redu 15m, 13,5m, 2,4m Belgia

Santa Maria 5,5m Portugalia Azory

Network Operations Centre, Darmstadt, Niemcy



Dziękuję za uwagę

