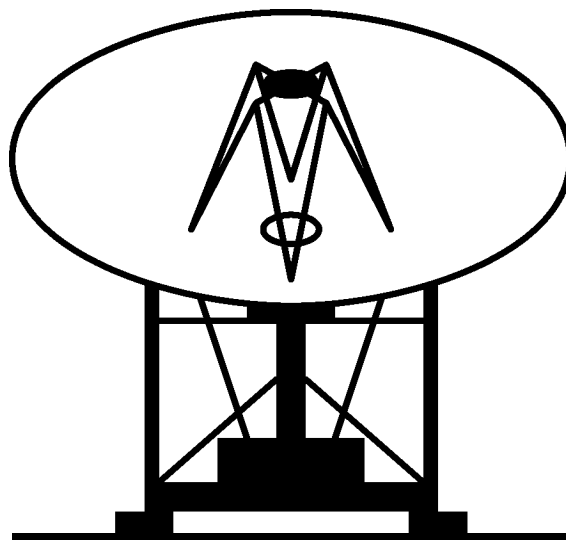


32-METROWY RADIOTELESKOP



Ocena oddziaływania na środowisko inwestycji radioteleskopu RT-4

Opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. A.J. Kus,
dr inż. J.B. Usowicz i dr K.M. Borkowski

Centrum Astronomii UMK, Katedra Radioastronomii

Piwnice, wrzesień 1999

Spis treści

WSTĘP	2
RADIOTELESKOP 32 m	3
Informacje ogólne	3
Opis konstrukcji	4
Geometria i inne charakterystyki anteny radioteleskopu	7
Wyposażenie RT4	9
Urządzenia odbiorcze	10
Urządzenia przetwarzające, analizujące i rejestrujące	11
Prowadzone badania	13
ODDZIAŁYWANIE INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO	14
KONIECZNA OCHRONA OBIEKTU PRZED WPŁYWEM ZAKŁÓCEŃ I ZANIECZYSZCZEŃ OD ŚRODOWISKA	15
Uwarunkowania lokalizacyjne RT-4	15
Charakterystyka rodzajów zakłóceń	16
Propozycja strefy ochronnej lub koordynacyjnej	17
Wnioski końcowe	18

WSTĘP

Ten nowoczesny instrument badawczy (radioteleskop z 32 m reflektorem parabolicznym), będący przedmiotem niniejszego opracowania, znajduje się w Piwnicach, ok. 15 km na północ od Torunia. W jego najbliższym otoczeniu znajdują się: budynek Katedry Radioastronomii w odległości ok. 200 m na zachód, zabudowania gospodarstwa doświadczalnego ok. 600 m na południe (i dalej wieś Piwnice) oraz wieś Lulkowo ok. 1000 m na wschód.

Radioteleskop ten jest przyrządem pasywnym przeznaczonym do odbioru (a nie nadawania) bardzo słabych sygnałów radiowych docierających do Ziemi z przestrzeni kosmicznej. Nie stanowi on zatem żadnego zagrożenia dla otoczenia. Istnieją natomiast niebezpieczeństwa zagrażające prawidłowemu jego funkcjonowaniu. Te niebezpieczeństwa to przede wszystkim zakłócenia radiowe pochodzące od urządzeń/maszyn elektrycznych oraz nadajników radiowo–telewizyjnych i innych służb telekomunikacyjnych. Zakłócenia takie, utrudniające pracę radioteleskopu obecnie, w przyszłości mogą całkowicie uniemożliwić prowadzenie badań radioastronomicznych.

RADIOTELESKOP 32 m

Informacje ogólne

Omawiany instrument jest narzędziem badawczym w dziedzinie radioastronomii. Dziedzina ta zajmuje się badaniem obiektów kosmicznych poprzez odbiór i analizę ich emisji elektromagnetycznej w zakresie radiowym. Radioastronomia w fundamentalny sposób przyczynia się do lepszego rozumienia kosmosu otaczającego Ziemię, a z drugiej strony pozwala naukowcom badać warunki fizyczne i procesy, które nie mogą być symulowane w żadnym ziemskim laboratorium.

Radioteleskop jest zespołem skomplikowanych urządzeń służących do odbioru i analizy sygnałów radiowych pochodzących z naturalnych źródeł kosmicznych. Wiadomo, że materia posiadająca temperaturę wyższą od temperatury otoczenia wypromieniowuje energię termiczną w postaci fal elektromagnetycznych. Istnieją także inne procesy odpowiedzialne za generację takich fal w źródłach kosmicznych niezależnie od temperatury (tzw. promieniowanie nietermiczne). Źródła te to m.in. pulsary, pozostałości po supernowych, galaktyki i najodleglejsze kwazary, z których niektóre znajdują się na krańcach obserwowalnego wszechświata. Większość radioźródeł to obiekty o rozmiarach kątowych znacznie poniżej minuty łuku. Wysyłają one promieniowanie elektromagnetyczne, które pokonując olbrzymie odległości dociera do Ziemi niezwykle osłabione. Ich radiowy sygnał jest normalnie dużo słabszy (zwykle o 60 dB, tj. milion razy) od podobnego charakteru szumów elektrycznych pochodzących z tła galaktycznego, z atmosfery, z Ziemi lub generowanych w systemach odbiorczych. Jak słabe są odbierane sygnały świadczy fakt, że całkowita energia zebrana przez wszystkie radioteleskopy na przestrzeni ich istnienia nie zapaliłaby żarówki od latarki kieszonkowej na dłużej niż kilka tysięcznych części sekundy.

Cechy sygnałów radioastronomicznych zmuszają do budowania radioteleskopów o możliwie największych powierzchniach zbierających (średnicach głównych reflektorów) i wyposażania ich w możliwie najczulsze systemy odbiorcze. W tym samym celu w odbiornikach stosuje się najnowocześniejsze elementy elektroniczne chłodzone do kilkunastu stopni powyżej zera bezwzględnego (np. około -258°C). Wspomniane wyżej szumy tła, atmosfery itd. są mniej groźne, gdyż są w miarę stałe i mają znane charakterystyki szerokopasmowego gaussowskiego szumu losowego — podobne jak większość radioźródeł. Zakłócenia cywilizacyjne (pochodzące z nadajników, niesprawnych urządzeń odbiorczych czy iskrzących maszyn) będąc znacznie silniejsze mają ponadto zupełnie inny charakter i nieprzewidywalne przebiegi i charakterystyki.

Orientacyjna wartość teleskopów RT4 (32-m) i RT3 (15-m) wynosi łącznie 150 mld starych złotych — w przybliżeniu tyle samo, ile kompleks budynków Katedry Radioastronomii wraz z wyposażeniem.

Opis konstrukcji

32-metrowa antena jest dziełem wielu zespołów z całej Polski. Założenia do projektu opracowali radioastronomowie toruńscy. Projektantem głównym był, podobnie jak w przypadku poprzedniej 15-metrowej anteny, mgr inż. Zygmunt Bujakowski. Przy pracach projektowych wykorzystano także doświadczenia specjalistów z kilku zagranicznych ośrodków związanych z budowaniem instrumentów radioastronomicznych (m.in. z Jodrell Bank, Cambridge, Rutherford Appleton Laboratory i Bonn).

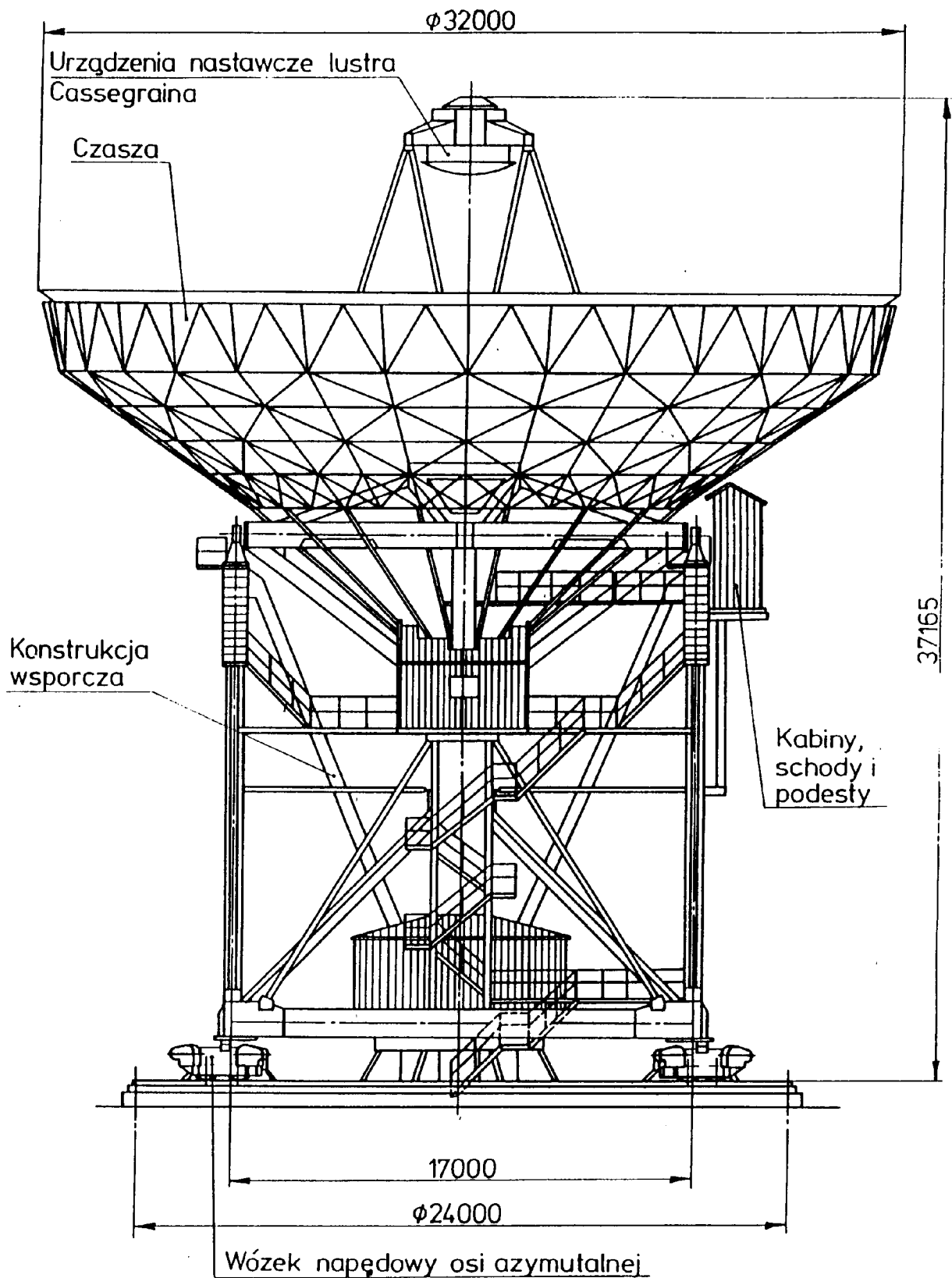
Antena tego teleskopu jest w pełni sterowalną konstrukcją o montażu horyzontalnym, z reflektorem głównym o średnicy 32 m, pracującą w klasycznym układzie Cassegraina z demontowalnym hiperbolicznym lustrem wtórnym o średnicy 3,2 m. Na reflektor główny, w kształcie paraboloidy obrotowej, składa się 336 paneli ułożonych w siedmiu koncentrycznych pierścieniach. Wszystkie panele mają taką samą długość (1,6 m) a szerokość zależną od przynależności do jednego z siedmiu pierścieni ($1,2 \div 1,6$ m). Wykonane są z blachy aluminiowej o grubości 2,5 mm przynitowanej do ramy zbudowanej z aluminiowych teowników. Średniokwadratowa odchyłka powierzchni paneli od paraboloidy wynosi mniej niż 0,35 mm. Panele są mocowane do konstrukcji teleskopu na czterech regulacyjnych śrubach umieszczonych w narożnikach panelu. Po ostatecznej justacji dalmierzem laserowym i metodami geodezyjnymi pomiary wykazały dokładność 0,2 mm ustawienia narożników paneli względem siebie.

Sterowanie odbywa się wokół dwóch osi — stałej pionowej i ruchomej poziomej z absolutną dokładnością $0,002^\circ$. Bieżącą kontrolę położenia anteny oraz prędkości ruchu zapewniają 19-bitowe przetworniki kąta umieszczone bezpośrednio na osiach obrotu. Celem wyeliminowania luzów w napędach zastosowano system podwójnych silników w każdym zespole napędowym, pracujących w trybie *antibacklash*, polegającym na tym, że w każdym napędzie są po dwa silniki, z których gdy jeden napędza, to drugi hamuje (z siłą ok. 10 % nominalnego ciągu wynoszącego 27,5 Nm).

Cała konstrukcja nośna zamontowana jest na czterech dwukołowych wózkach napędzanych podobnie jak w osi wysokości (takie same silniki i kompensacja luzów). Wózki poruszają się po jezdni — grubej szynie — rozłożonej na kole o średnicy 24 m.

Z powodu istnienia zmiennych odkształceń grawitacyjnych lustera głównego wprowadzono dodatkowy ruch kompensacyjny lustera wtórnego. W sumie sterowanie radioteleskopu oparte jest na 8 silnikach w osi azymutu (ruch wokół pionu), 4 — w osi wysokości (oś pozioma) oraz 5 — w mechanizmach ruchu lustera Cassegraina. System sterowania obejmuje też komputer nadzorujący (HP435rt), szereg sterowników i kontrolerów i zespoły napędowe (firmy Lenze).

Większość prac obserwacyjnych prowadzona jest w systemie Cassegraina, na co zezwala obecność hiperbolicznego lustera wtórnego o średnicy 3,2 m umieszczonego między ogniskiem paraboloidy a głównym reflektorem. Promieniowanie kosmiczne, po odbiciu od paraboloidy i lustera wtórnego, skupia się w ognisku wtórnym, gdzie umieszcza się właściwe anteny, tzw. *oświetlacze*, i systemy odbiorcze. Ze względu na dużą ilość używanych pasm i częste zmiany obserwowanych częstości — nawet w czasie jednej sesji obserwacyjnej — najważniejsze systemy odbiorcze są na stałe instalowane w pobliżu ogniska wtórnego. Wybór właściwego oświetlacza następuje przez odpowiedni przechył lustera Cassegraina. Istnieje też możliwość obserwacji w trybie ogniska pierwotnego (w zasadzie na dłuższych falach, $\lambda \geq 50$ cm). W tym celu przewidziano specjalne urządzenie do demontowania lustera Cassegraina i instalowania tam urządzeń odbiorczych (w pojemniku ogniska pierwotnego).



Rysunek 1: Schemat konstrukcyjny radioteleskopu 32-metrowego — widok w pozycji bazowej.

Charakterystyka techniczna 32 m radioteleskopu

Typ	sterowalna antena paraboliczna
Montaż	horyzontalny
Optyka do ok. 1 GHz	ognisko pierwotne
— powyżej ok. 1 GHz	system Cassegraina
Średnica torowiska	24,0 m
Największa wysokość (powyżej fundamentu)	37,6 m
Panele: ilość (7 pierścieni)	64+64+64+64+32+32+16 = 336
— rozmiary	224×(120 ÷ 160) cm
Dokładność wykonania paneli czaszy (rms)	<0,35 mm
— ustawienia względem wzorca obrotowego (rms)	1,0 mm
— czaszy po justacji dalmierzem laserowym i teodolitem (rms)	0,2 mm
— wykonania subreflektora (rms)	0,05 mm
— ustawienia osi subreflektora względem paraboloidy (max)	0,1 mm
— poziomowania torowiska (max)	0,3 mm
— poziomowania osi wysokości (max)	0,3 mm
Grawitacyjne odkształcenia (brzeg czaszy; max)	4,2 mm
Odstępstwa od homologii w położeniu zenitalnym (rms)	0,11 mm
— — — — horyzontalnym (rms)	0,14 mm
Zakres obrotu w osi wysokości	+2 ÷ +95 °
— — — — azymutu (od południka)	±270 °
— ruchu subreflektora wzdłuż osi	±60 mm
— obrotu subreflektora wokół dwóch osi	±5 °
Szybkość ruchu czaszy w osi wysokości	0,004 ÷ 14,7 °/min
— — — — azymutu	0,008 ÷ 31 °/min
Dokładność śledzenia (w obu osiach)	0,002 °
Blokowanie apertury przez subreflektor i jego podpory	7,44 %
Obciążenie na torowisku	~620 t
— na osi wysokości (w tym przeciwwaga: ~90 t)	~320 t
Ciężar wyposażenia elektrycznego	~2 t
— urządzeń w kabinie centralnej (pod anteną)	9,4 t
— stalowych szyn (o szerokości 180 mm)	42,5 t
— konstrukcji do montażu i konserwacji subreflektora	~16 t
Dopuszczalna szybkość wiatru podczas użytkowania	16 m/s
Graniczna szybkość wiatru grożąca uszkodzeniem	56 m/s
Dopuszczalna grubość oblodzenia	2 cm
— zakres temperatur	-25 ÷ +35 °C

Niezwykle ważną charakterystyką teleskopu jest dokładność wykonania reflektorów. Decyduje ona o jego użyteczności na krótkich falach. Wiadomo, że jeśli błąd średniokwadratowy (rms) powierzchni luster wynosi σ , to traci się na skuteczności wykorzystania apertury anteny o czynnik:

$$\eta_{\sigma} = e^{- (4\pi\sigma/\lambda)^2}.$$

Często przyjmuje się, że radioteleskop jest użyteczny do fal $\lambda = 16\sigma$, kiedy jego skuteczność maleje do 54 % (o czynnik $\eta_{\sigma} = 0,54$)¹. Zmierzona dokładność głównego reflektora

¹Niekiedy za najmniejszą długość fali bierze się $4\pi\sigma$, przy której skuteczność wykorzystania powierzchni wynosi ok. 37 %.

teleskopu 32-metrowego wynosi 0,4 mm, co oznacza dużą sprawność na fali 7 mm i możliwą używalność na 3 mm (ok. 100 GHz). Stawia to toruńską antenę wśród najlepszych w świecie anten średnich wielkości.

Geometria i inne charakterystyki anteny radioteleskopu

Parametry geometryczne anteny określają w pełni cztery parametry: średnica reflektora głównego (d), długość ogniskowej (f), średnica reflektora wtórnego (subreflektora, d_s) i położenie ogniska wtórnego, np. jego odległość od wierzchołka paraboloidy (h). Pozostałe parametry można obliczyć z zależności matematycznych podanych w załączonej tabeli.

Własności użytkowe radioteleskopu zależą od częstości obserwacji. Napięciową charakterystykę kierunkową wyznacza transformata Fouriera z rozkładu pola elektrycznego na aperturze instrumentu. W przypadku apertury o symetrii kołowej dwuwymiarowa transformata Fouriera sprowadza się do transformaty Hankela. Dla teleskopu 32-metrowego, którego apertura ma kształt koła z otworem w środku, charakterystykę napięciową można przybliżyć wyrażeniem:

$$\mathcal{U}(x) = \frac{\beta \frac{2J_2(x)}{x} + (1 - \beta)J_1(x) - J_1(x \frac{d_s}{d}) \frac{d_s}{d}}{x},$$

gdzie:

J_n są funkcjami Bessela pierwszego rodzaju,

$x = \pi(d/\lambda) \sin \theta$,

$\lambda = c/\nu$ jest długością fali obserwowanego promieniowania o częstości ν ,

θ — to kąt między danym kierunkiem a osią symetrii,

β charakteryzuje oświetlenie apertury przyjęte w postaci funkcji:

$1 + \beta(2r/d)^2$, gdzie r jest odległością od osi symetrii do danego miejsca na aperturze.

W $\mathcal{U}(x)$ składnik z funkcją J_2 odpowiada za rozkład pola ważony funkcją $1 + (2r/d)^2$, składnik z $J_1(x)$ — za rozkład równomierny, zaś z $J_1(xd_s/d)$ — za wewnętrzny otwór w aperturze o średnicy d_s . Charakterystykę mocy promieniowania takiej anteny można zapisać w formie

$$\mathcal{P}(\theta) = \mathcal{U}^2 \left(\pi \frac{d}{\lambda} \sin \theta \right).$$

Rozdzielczość kątową, czyli szerokość głównej wiązki charakterystyki kierunkowej na połowie mocy promieniowania (HPBW), paraboloidu o średnicy d określa zatem wzór:

$$\Theta_{\text{HPBW}} = 2 \arcsin \left(3,602 \frac{\lambda}{2\pi d} \right) \approx 1,147 \frac{\lambda}{d} [\text{rad}].$$

Występujący tutaj współczynnik liczbowy $3,602/\pi = 1,147$ jest właściwy dla oświetlenia w postaci $1 + \beta(2r/d)^2$, gdzie $\beta = 0,75$ (tj. z 12 dB tłumieniem na skraju czaszy), oraz dla $d/d_s = 10$. Rozdzielczości 32-metrowego teleskopu dla kilku typowych częstości (ν) zawiera poniższa tabelka.

Parametry geometryczne radioteleskopu

Główny reflektor (paraboloida)

Średnica	d	32,0 m
Odległość ogniskowa	f	11,2 m
Stosunek ogniskowej do średnicy	f/d	0,35
Głębokość czaszy	$H = d^2/(16f)$	5,7143 m
Kąt rozwarcia	$2\Theta_o = 4 \arctg[d/(4f)]$	142,1507 °
Powierzchnia całkowita	$8\pi f^2[\cos^{-3}(\Theta_o/2) - 1]/3$	899,45 m ²
Apertura (powierzchnia zbierająca)	$\pi d^2/4$	804,25 m ²
Równanie parabolii [†]	$r = \sqrt{4f(f - z)} = 2f \operatorname{tg}(\Theta/2)$	

Radioteleskop w układzie Cassegraina

Średnica hiperbolicznego subreflektora	d_s	3,2 m
Wysokość ogniska wtórnego nad wierzchołkiem czaszy	h	1,0 m
Kąt rozwarcia subreflektora	$2\Phi_o = 2 \arctg[2(\frac{f-h}{d_s} - \frac{f-H}{d})]$	18,8256 °
Efektywna ogniskowa	$F = d/[4 \operatorname{tg}(\Phi_o/2)]$	97,1729 m
Powiększenie radioteleskopu	F/f	8,6762
Odległość ognisk	$2c = f - h$	10,2 m
Mimośród hiperboli	$c/a = (F + f)/(F - f)$	1,2605
Nachylenie asymptoty $\alpha = \arccos(a/c) = \arccos[(F - f)/(F + f)]$		37,5044 °
Odległość wierzchołka hiperboloidy od ognisk	$c - a$	1,0541 m
.....	$c + a$	9,1459 m
Głębokość subreflektora	$c - a - (f - H)d_s/d$	0,5056 m
Różnica dróg optycznych do obu ognisk	$(f - h)a/c$	8,0917 m
Całkowita powierzchnia subreflektora		
.....	$\pi c^2 \left(q\sqrt{q^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha - \cos^2 \alpha \ln \frac{q + \sqrt{q^2 - \cos^2 \alpha}}{1 - \sin \alpha} \right)$	8,7728 m ²
.....	gdzie $q = \sqrt{1 + (d_s/2)^2/(c^2 - a^2)}$	1,1250
Powierzchnia cienia subreflektora na aperturze	$\pi d_s^2/4$	8,0425 m ²
Równanie hiperboli [†]	$r = \sqrt{(c^2 - a^2)[(\frac{c-z}{a})^2 - 1]} = \frac{(c^2 - a^2) \sin \Theta}{a + c \cos \Theta}$	

[†] r jest odległością od osi symetrii radioteleskopu, wzdłuż której mierzona jest współrzędna z , poczynając od ogniska paraboloidy (pokrywającego się z jednym z ognisk hiperboloidy) i dodatnio w kierunku czaszy. Θ jest kątem pomiędzy osią z i promieniem wodzącym. (KMB)

Innymi ważnymi charakterystykami radioteleskopu są jego *powierzchnia skuteczna* i *kierunkowość*. Jeśli przez *kąt bryłowy charakterystyki kierunkowej* określimy wielkość:

$$\Omega_A = \int_{4\pi} \mathcal{P}_n(\theta, \varphi) d\Omega = 2\pi \int_0^\pi \frac{\mathcal{P}(\theta)}{\mathcal{P}_{max}} \sin \theta d\theta,$$

gdzie \mathcal{P}_{max} jest mocą w kierunku maksimum promieniowania, to *kierunkowość* \mathcal{D} obliczymy z:

$$\mathcal{D} = \frac{4\pi}{\Omega_A} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \mathcal{A}_{ef}.$$

Teoretyczna rozdzielczość kątowna ($\Theta_{\text{HPBW}} = 2 \arcsin(0,573\lambda/d)$) paraboloidu
o średnicy $d = 32$ m oraz kierunkowość

ν [MHz]	327	408	610	1420	1660	2290	5000	8100	22000	43000	100000
λ [cm]	91,7	73,5	49,1	21,1	18,1	13,1	6,00	3,70	1,36	0,70	0,30
Θ_{HPBW} [']	113	90,5	60,5	26,0	22,2	16,1	7,39	4,56	1,68	0,859	0,369
[°]	1,882	1,508	1,009	0,433	0,371	0,269	0,123	0,076	0,028	0,014	0,006
$\mathcal{D}/1000$	11	17	37	200	274	521	2490	6520	48100	184000	994000

\mathcal{D} wyraża przybliżoną liczbę radioźródeł, jaką antena może rozdzielić przy równomiernym ich rozkładzie na niebie, (w praktyce liczba źródeł jest o około rząd mniejsza), zaś \mathcal{A}_{ef} to skuteczna powierzchnia anteny, która w danym przypadku (przy wyżej przyjętym modelu charakterystyki) wynosi:

$$\mathcal{A}_{ef} \approx 711,5 \text{ m}^2.$$

Powyższa wielkość nie uwzględnia tzw. omowych strat sygnału, strat na skutek rozpraszania na nieidealnych lustrach i wynikających z cienia rzucanego przez podpory lustra wtórnego. W praktyce powierzchnię skuteczną wyznacza się z obserwacji radioźródeł o znanych gęstościach strumienia promieniowania. Jeśli źródło o gęstości strumienia F wywoła tzw. temperaturę antenową (patrz rozdz. VII) T_A to:

$$\mathcal{A}_{ef} = 2k \frac{T_A}{F},$$

gdzie $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ jest stałą Boltzmannna.

Od strony długich fal ograniczeniem użyteczności tego teleskopu jest efekt blokowania (przesłaniania) powierzchni reflektora przez konstrukcję nośną urządzeń instalowanych w ognisku pierwotnym. Zjawisko to staje się coraz groźniejsze w miarę jak rośnie długość fali. Można przyjąć, że oświetlacze są całkowicie przesłonięte przez podpory, gdy średnia odległość podpór sięga ok. pół długości fali. To kryterium zezwalałoby na obserwacje nawet na częstościach znacznie poniżej 100 MHz, ale na dolną granicę przewidziano najniższą ze standartowych częstości VLBI — 327 MHz.

Czynnik blokowania powierzchni pozostaje jednak ważny z powodu wpływu na skuteczność wykorzystania apertury. Szczegółowe obliczenia analityczne i w oparciu o graficzne rzutowanie wykazują w sumie ok. 7,44 % strat apertury, co czyni ok. 14 % strat w skuteczności anteny wywołanych blokowaniem apertury.

Układ dwuantenowy typu Cassegraina zapewnia dobre parametry anteny, ale równocześnie podpory lustra wtórnego mogą stać się skutecznym reflektorem dla źródeł zakłóceń rozmieszczonych na ziemi.

Wyposażenie RT4

Nowoczesny radioteleskop, jakim jest RT4 (32 m), składa się z anteny, urządzeń odbiorczych, urządzeń przetwarzania, analizy i rejestracji odbieranych sygnałów oraz urządzeń sterowania. Ponadto, jest on wspomagany przez systemy pomiaru czasu, dystrybucji

częstości standardowych (synchronizowanych do wzorca atomowego) oraz układów monitorujących lokalne warunki meteorologiczne.

Radioteleskop RT4 jest wyposażony w nowoczesne chłodzone (do 15 K) systemy odbiorcze na wszystkie podstawowe radioastronomiczne pasma w przedziale 327 MHz – 100 GHz (na obecnym etapie jest to aparatura na pasma 1420 – 1680 MHz, 5 GHz i 6 GHz). Są to szerokopasmowe radiometry mierzące dwie składowe polaryzacji, kontrolowane komputerowo, z układem przemiany częstości synchronizowanym do atomowego wzorca częstości — masera wodorowego (EFOS-15). Odbiorniki i oświetlacze umieszczone są na stałe w kabinie ogniska wtórnego, a wybór częstości obserwacji odbywa się automatycznie poprzez przechylenie lustra Cassegraina na żądany przez operatora oświetlacz lub przez wprowadzenie stałej poprawki pozycjonowania.

Urządzenia odbiorcze

Używane obecnie urządzenia odbiorcze zbudowano we współpracy z wieloma ośrodkami radioastronomicznymi w USA i Europie. Spełniają one najwyższe wymagania stawiane współczesnym odbiornikom. Szumy własne wzmacniaczy wejściowych, mierzone temperaturą równoważną T_R , nie przekraczają 5 K (moc szumów własnych wynosi więc $T_R k = \sim 7 \cdot 10^{-23}$ W/Hz, gdzie k jest stałą Boltzmanna). Czynniki ograniczające ostateczną czułość odbiornika to termiczna emisja fal radiowych z samej anteny, z atmosfery i odbicia promieniowania gruntu ziemskiego. Sumarycznie poziom szumów własnych anteny, nieba i odbiornika wynosi $T_{sys} \leq 25$ K (ok. $3 \cdot 10^{-22}$ Ws).

Sygnały analizowane w badaniach radioastronomicznych mają temperatury równoważne, T_{syg} , (a więc i odpowiednią moc $T_{syg} k$)

$$T_{syg} = 6 \frac{T_{sys}}{\sqrt{\Delta\nu \cdot \tau}},$$

gdzie $\Delta\nu$ jest szerokością pasma w hercach (Hz), a τ — stałą czasową w sekundach. Dla typowych zastosowań $\Delta\nu = 10^8$ Hz, a czas integracji 10 minut, tj. $\tau = 600$ s, zatem

$$T_{syg} = 6 \frac{25}{\sqrt{6 \cdot 10^2 \times 10^8}} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ K}$$

czyli 40 000 razy poniżej szumów własnych! Odpowiadająca moc wynosi w tym wypadku $P_{syg} = 8 \cdot 10^{-27}$ W/Hz (!).

Moc sygnału odbieranego przez radioteleskop o efektywnej powierzchni zbierającej $A_{ef} = 711 \text{ m}^2$ wynosi

$$P_{syg} = \frac{1}{2} A_{ef} S \Delta f,$$

gdzie S jest monochromatyczną gęstością strumienia promieniowania wyrażoną w jańskich ($1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$).

W przytoczonym powyżej przykładzie, sygnałowi $6 \cdot 10^{-4}$ K odpowiada strumień promieniowania radiowego w jednostkowym paśmie

$$S = \frac{2P_{syg}}{A_{ef}} = \frac{2 \times 8 \cdot 10^{-27}}{711} = 2,2 \cdot 10^{-29} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1} \text{ lub } 2,2 \text{ mJy}.$$

Często zdarza się, że czas integracji mierzonego sygnału, τ , sięga wielu godzin. Wtedy czułości mogą być wyższe o rząd wielkości.

O ostatecznej czułości radioteleskopu decydują więc A_{ef} (powierzchnia anteny), szумы własne urządzeń odbiorczych, ale nade wszystko poziom sygnałów zakłócających. Nie trudno obliczyć, że gdyby nadajnik telefonu komórkowego pracował w pasmach urządzeń odbiorczych radioteleskopu, to jego wykrycie byłoby możliwe na Marsie już po 5 minutach integracji sygnału (!), zaś magnetowid działający na Księżycu byłoby widać niemal natychmiast po skierowaniu nań radioteleskopu. Na szczęście pasma radioastronomiczne są chronione konwencjami międzynarodowymi, sygnowanymi także przez nasz kraj.

Zagrożeniem są jednak nadajniki dużej mocy wypromieniowujące częstotliwości harmoniczne, a także wpływające na urządzenia radioteleskopu innymi drogami niż przez antenę odbiorczą. Te inne drogi to sieć energetyczna oraz liczne połączenia pomiędzy podzespołami całej aparatury odbiorczej.

Urządzenia przetwarzające, analizujące i rejestrujące

Odebrany przez anteną i wzmocniony do poziomu ok. -15 dBm sygnał jest przesyłany łącznie kablami (koncentryczne linie przesyłowe), o długości ok. 300 m, do pomieszczenia sterowni. Tutaj, po dodatkowym wzmocnieniu i kompensacji strat (zależnych od częstotliwości), następuje dystrybucja do kilku urządzeń analizujących sygnały. Typowy poziom tych sygnałów mieści się w granicach $-20 \div -10$ dBm, a ich pasmo obejmuje przedział $0,1 \div 1000$ MHz.

Obecnie dysponujemy czterema urządzeniami do przetwarzania i analizy odbieranych sygnałów.

(a) **Radiometr mocy całkowitej** z dodatkowym wzmocnieniem ok. 30 dB w paśmie $0,1 \div 1000$ MHz, z detektorem i kompensacyjnym wzmacniaczem prądu stałego o wybieralnej stałej czasowej. Sygnał wyjściowy tego urządzenia jest rejestrowany w komputerze za pomocą szybkiego przetwornika analogowo-cyfrowego (A/D). Radiometr ten, odbierający całe pasmo, jest szczególnie wrażliwy na obecność sygnałów generowanych w urządzeniach nadawczych w pasmach $0,1 - 1000$ MHz. Służy on do standardowych pomiarów strumienia radiowego w tzw. *continuum*, czyli widma ciągłego.

(b) **Terminal VLBI**. Ten najnowocześniejszy teraz na świecie terminal VLBI firmy Penny+Giles został zakupiony z grantu Unii Europejskiej w 1996 r. za sumę 300 000 ecu. Urządzenie to jest standardem światowym używanym do obserwacji w ramach międzynarodowego programu badawczego — interferometrii wielkobazowej (VLBI). Efektem tej współpracy jest synteza radioteleskopu o równoważnej średnicy 12 000 km (średnica globu ziemskiego). Taki globalny radioteleskop ma ogromną rozdzielczość kątową (ostrość obrazów) i służy do badań rozmaitych obiektów kosmicznych.

VLBI jest najbardziej złożoną i technologicznie zaawansowaną ze wszystkich technik stosowanych w naziemnych obserwacjach astronomicznych na świecie.

Terminal składa się z kilku urządzeń: konwerterów z filtrami, formatera cyfrowego oraz jednostki pamięci taśmowej (rejestratora). Sygnały docierające z urządzeń odbiorczych w pasmach $500-900$ MHz są „przenoszone” do zakresu *video*, $1 \text{ kHz} \div 16 \text{ MHz}$, wzmacniane, zamieniane na ciągi impulsów cyfrowych i rejestrowane w tempie 250 Mb/s (megabitów na sekundę) równocześnie na 8 ścieżkach instrumentalnego rejestratora magnetycznego. Taśmy z zapisaną informacją o sygnale wraz z precyzyjnym czasem przesyłane są do korelatora VLBI (w RFN lub USA). Tam dane zarejestrowane przez różne stacje uczestniczące w danym projekcie są jednocześnie odtwarzane, korelowane i przetwarzane. Uzyskane w wyniku tej obróbki zespolone współczynniki korelacji służą do odtwarzania obrazów obserwowanych obiektów.

Terminal VLBI i programy VLBI są w mniejszym stopniu podatne na zakłócenia, ale — z uwagi na rangę i znaczenie międzynarodowe — jakość rejestrowanych danych musi być bardzo wysoka.

(c) **Spektrograf.** Zbudowany we własnym zakresie cyfrowy spektrograf autokorelacyjny (16 000 kanałów) umożliwi badanie wąskostęgowych emisji radiowych. Analizowane pasma zawierają się w przedziale 1 kHz – 100 MHz. Projekt i podzespoły tego urządzenia pochodzą z National Radio Astronomy Observatory (USA).

Do prac spektroskopowych używana jest część terminala VLBI zawierająca stopnie przemiany częstości, mieszacze jednowstęgowe, filtry i wzmacniacze zakresu *video*. Spektrograf autokorelacyjny, a ściślej układ próbkujący, połączony jest z jednym z wielu wyjść monitorujących terminala VLBI. Funkcja autokorelacji sygnału tworzona jest na korelatorach z licznikami podłączonymi do rejestru przesuwanego. Bezpośrednia transformata Fouriera tej funkcji stanowi widmo sygnału w analizowanym paśmie.

Spektrograf należy do urządzeń najbardziej narażonych na zakłócenia. Obecność nawet bardzo słabych emisji generowanych przez urządzenia nadawcze całkowicie rujnuje uzyskiwane widma emisji cząstek materii międzygwiazdowej.

(d) **Maszyna pulsarowa.** Jest to jedno z najnowocześniejszych w świecie urządzeń do badania gwiazd neutronowych — pulsarów. Zbudowane zostało na University of Pennsylvania (USA) pod kierunkiem prof. A. Wolszczana. Od czasu uruchomienia maszyny w lipcu 1966 r. pracuje ona nieustannie i jest wykorzystywana do ważnego programu poszukiwania nowych układów planetarnych.

Maszyna pulsarowa posiada konwertery z pasma 700÷900 na 50÷250 MHz oraz 64 odbiorniki o wstęgach szerokości 3 MHz każdy. Sygnały po detekcji i dalszym wzmocnieniu są cyklicznie próbkowane i integrowane (synchronicznie z okresem pulsara) w pamięci komputera. Dane zbierane są w bloki obejmujące 10–30 minut obserwacji.

Ponieważ maszyna pulsarowa analizuje równocześnie sygnał w paśmie o szerokości 200 MHz (promieniowanie w przedziale 1400÷1600 MHz), jest więc niezmiernie wrażliwa na sygnały zakłócające. Okresowe modulacje pojawiające się w sygnale zakłócającym (takie jak np. rytmiczna muzyka lub modulacja radaru) są w stanie całkowicie zniszczyć serię prowadzonych pomiarów.

Badania pulsarów należą do prestiżowego programu o zasięgu międzynarodowym. Jego znaczenie jest fundamentalne dla międzynarodowej pozycji nauki polskiej.

(e) Z systemami odbiorczymi i rejestrującymi współpracują następujące urządzenia:

1. Zestaw aparatury do lokalnej służby czasu i generowania wzorcowych częstości obejmujący maser wodorowy, odbiornik sygnałów satelitarnego systemu nawigacyjnego GPS oraz układy dystrybucji impulsów czasu i częstości podstawowych. Maser, czyli **wodorowy wzorzec częstości EFOS 15**, został wykonany (za 250 000 USD) na nasze zamówienie przez firmę Observatoire de Neuchâtel (Szwajcaria) i charakteryzuje się stabilnością rzędu 10^{-15} (w okresie 1000 s). Jest on podstawowym źródłem rozprawdzanych impulsów czasu (co 1, 10, 20 s i 1 min.) oraz częstości (100 kHz, 1, 5, 10 i 20 MHz). **Odbiornik GPS**, Model 8812 firmy TRAK Systems, służy do nawiązania czasu zegara atomowego (opartego na naszym maserze) z międzynarodowym czasem koordynowanym UTC.
2. Sprzężona z komputerem **stacja meteorologiczna** przeznaczona do monitorowania warunków atmosferycznych: temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza oraz prędkości i kierunku wiatru.

Przedstawione instrumentarium Katedry służy do badań radioastronomicznych.

Oprócz tego w pracowniach naszej placówki prowadzone są prace nad metodami pomiarów radiowych oraz prace konstrukcyjne. Budowane są tutaj unikalne, nadzwyczaj czułe urządzenia i prace te oczywiście wymagają czystego „eteru”.

Prowadzone badania

Osiągnięte parametry 32-m radioteleskopu oraz omówione charakterystyki techniczne stawiają go w czołówce najlepszych na świecie instrumentów radioastronomicznych w tej klasie rozmiarów. Przewyższa on pod względem kilku charakterystyk nawet zupełnie niedawno zbudowane podobne radioteleskopy w Europie Zachodniej. W Europie Środkowej w ogóle brak jest tego typu urządzeń badawczych. Jest on wykorzystywany głównie w naukowej współpracy międzynarodowej i jest dostępny dla wszystkich polskich astronomów. Dziedziny badań interferometrii wielkobazowej (VLBI) oraz badań pulsarów należą do awangardowych w całej nauce (przypomnijmy odkrycie prędkości nadświatlnych w kwazarach, czy odkrycie planet wokół pulsarów).

Teleskop ten nadaje się idealnie — w takim celu był budowany — do obserwacji techniką **interferometrii VLBI**. W technice tej radioteleskopy na różnych kontynentach obserwują jednocześnie te same obiekty, a odbierane sygnały zapisywane są specjalnymi *terminalami* na taśmach magnetycznych z szybkością rzędu 100 000 000 próbek na sekundę i później obrabiane komputerowo. Takim sposobem w komputerze można efektywnie zsyntezować instrument pod względem rozdzielczości kątovej równoważny pojedynczemu radioteleskopowi o rozmiarach niemal całej Ziemi. Uzyskiwane rozdzielczości sięgają dziesiątków mikrosekund łuku ($0,00001''$), co odpowiada kątowi pod jakim byłoby widać z Ziemi piłeczkę pingpongową na Księżycu. Od lutego 1997 r. możliwości te wzrosną jeszcze kilkakrotnie po wystrzeleniu specjalnego satelity z aparaturą VLBI (VSOP).

Mapy kwazarów uzyskiwane ze wspomnianymi rozdzielczościami dostarczają unikalnych informacji o budowie i ewolucji tych niezwykłych obiektów. Toruńska stacja VLBI już od kilkunastu lat należy do europejskiej sieci (European VLBI Network) dzięki wcześniejszemu wykorzystaniu do tego celu mniejszego (15-metrowego) teleskopu. Po w sukcesie w pierwszych obserwacjach VLBI nowym radioteleskopem (w szczególności w lutym i marcu 1997 r.) na świecie wzrosło zainteresowanie stacją toruńska i oczekuje się m.in., że odegra ona kluczową rolę w całym przedsięwzięciu VSOP, satelitarnej VLBI!

Drugim ważnym programem badawczym są **obserwacje pulsarów**, przy których RT4 pracuje niezależnie od innych światowych obserwatoriów, chociaż oczywiście we współpracy. Chodzi tu o zapewnienie monitorowania tych gwiazd neutronowych przez całą dobę, co nie może być zrealizowane w jednym czy dwóch obserwatoriach. Ze względu na ograniczony czas widoczności większości obiektów kosmicznych w jednym miejscu trzeba zapewnić sieć teleskopów, które obserwują dany pulsar po kolei w miarę jak pojawia się on nad horyzontem stacji.

Aktualnie prowadzi się także **badania spektroskopowe** w oparciu o zbudowany w Katedrze spektrograf autokorelacyjny. Prace te dotyczą pomiarów emisji radiowej gwiazd późnego typu oraz badań materii międzygwiazdowej.

W niedalekiej perspektywie planuje się wykorzystanie RT4 do **prac geodezyjnych** mających na celu wyznaczenie położenia anteny względem światowej sieci geodezyjnej z precyzjami 1 cm. Ten aspekt może się okazać bardzo ważny dla Polski i regionu Torunia, gdyż w świetle najnowszych wyników badań polskich geologów, przez całą Polskę (i w

poblizu Torunia) biegnie jeden z uskoków skorupy ziemskiej na płycie euroazjatyckiej. Długofalowe precyzyjne monitorowanie położenia teleskopu pozwoli wykryć ewentualne powolne zmiany będące wczesnymi zwiastunami możliwości wystąpienia trzęsienia ziemi.

Wzrost poziomu zakłóceń lokalnych może całkowicie uniemożliwić wykorzystanie teleskopu jako instrumentu badawczego radioastronomii i geodezji. Zamykając na zawsze badania radioastronomiczne, antenę można byłoby wówczas wykorzystać jedynie jako instrument aktywny, nadający silne sygnały radiowe (np. do dalekosiężnej łączności kosmicznej, radarowego wykrywania meteorów lub innych celów cywilnych lub militarnych).

ODDZIAŁYWANIE INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO

1) Radioteleskop jest urządzeniem pasywnym. Szczałkowa emisja promieniowania elektromagnetycznego może pochodzić jedynie jako efekt uboczny z oscylatorów lokalnych i komputerów. Nie przeprowadzono odpowiednich pomiarów poziomu tego rodzaju emisji.

2) Poziom zakłóceń radioelektrycznych determinują takie urządzenia radioteleskopu, jak silniki napędowe oraz przełączniki.

Pomiary przeprowadzono w dniu 22 września 1999 r. korzystając z analizatora widma firmy Hewlett Packard (model 8592D) połączonego z notebookiem. W odległości ok. 50 m od radioteleskopu generowane przezeń zakłócenia w paśmie 1 – 500 kHz mieszczą się poniżej poziomu $2,5 \mu\text{V}/\text{m}$ przy tle ogólnych zakłóceń w eterze (wyłączone napędy radioteleskopu) ok. $1,25 \mu\text{V}/\text{m}$.

3) Emisja hałasu pochodzi z urządzeń napędowych konstrukcji RT-4. Pomiary wykonane w dniu 23 września 1999 r. za pomocą przyrządu „Sound Level Meter” zebrano w poniższej tabelce:

Warunki pomiaru	Poziom hałasu w dB
300 m od teleskopu bez jego ruchu (wartość minimalna)	42.7
50 m od teleskopu w czasie śledzenia (wartość maksymalna)	51.5
50 m od teleskopu w czasie przejazdu (wartość maksymalna)	69.5

Podczas śledzenia teleskop porusza się bardzo wolno (jeden pełny obrót na 24 godziny). Przejazdy radioteleskopu, podczas których jest emitowany największy hałas, zdarzają się raz na 10 minut do kilku godzin i trwają przez kilka do kilkunastu minut.

4) Radioteleskop nie emituje żadnych zanieczyszczeń do atmosfery.

5) Radioteleskop nie wpływa na zdrowie ludzi na nim pracujących lub znajdujących się w jego pobliżu.

KONIECZNA OCHRONA OBIEKTU PRZED WPŁYWEM ZAKŁÓCEŃ I ZANIECZYSZCZEŃ OD ŚRODOWISKA

Uwarunkowania lokalizacyjne RT-4

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, rodzinnym mieście naszego wielkiego astronoma, został powołany do życia 24 sierpnia 1945 roku. Na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym UMK zostały utworzone Katedry Astronomii i Astrofizyki. Astronomowie rozpoczęli swoją działalność od zorganizowania obserwatorium astronomicznego, a więc właściwego sobie warsztatu pracy naukowej. Po dokładnym rozpoznaniu okolic miasta wybrano majątek w Piwnicach, przejęty przez uczelnię jako Rolniczy Zakład Doświadczalny, jako miejsce budowy przyszłego Obserwatorium Astronomicznego UMK. U podstaw takiej decyzji legły następujące przesłanki: z jednej strony nieduża odległość od Torunia (12 km na północo-zachód), z drugiej zaś obecność pasa lasu, stanowiącego rezerwat przyrody, oddzielającego wybrany teren od miasta. Pas lasu stanowił naturalny ekran dla światła miejskich w nocy, zmniejszał tzw. tło, czyli poziom światła rozproszonego, umożliwiając astronomom prowadzenie czułych obserwacji optycznych.

Wraz z rozwojem bazy instrumentalnej obserwatorium podjęto szereg dalszych kroków, aby zabezpieczyć odpowiednie warunki dla prowadzenia optycznych obserwacji astronomicznych. 28 czerwca 1957 roku Wojewódzki Zarząd Architektoniczno-Budowlany Prezydium Wojewódzkiej Rady Narodowej w Bydgoszczy wydał orzeczenie zabezpieczające najbliższe okolice Obserwatorium w Piwnicach w promieniu 5 km przed budową uciążliwych zakładów przemysłowych. Niestety, przepis ten pozostał martwy. Dowodem na to jest zlokalizowany w najbliższym sąsiedztwie obserwatorium zakład przetwórstwa mięsnego. W związku z postępującym rozwojem osiedli ludzkich w otoczeniu obserwatorium warunki obserwacyjne uległy znacznemu pogorszeniu. Ogromne „zanieczyszczenie” niebosłonu światłem rozproszonym istotnie ogranicza obecne obserwacje optyczne.

Badania Wszechświata na falach radiowych, a więc badania radioastronomiczne, rozpoczęto w Piwnicach w połowie 1958 r. Pierwsze regularne obserwacje promieniowania radiowego Słońca spokojnego i zjawisk niezwykłych na fali 236 cm uruchomiono we wrześniu 1958 r. przy użyciu sterowanej anteny typu reflektora parabolicznego własnej konstrukcji, o średnicy 12 m. Ośrodek toruński włączył się z własnymi badaniami w nurt ogólnoswiatowych wszechstronnych badań aktywności słonecznej i jej wpływu na warunki w przestrzeni międzyplanetarnej i na zjawiska geofizyczne w ramach tzw. Międzynarodowego Roku Geofizycznego. Warto w tym miejscu podkreślić, że badania zapoczątkowane pod koniec lat 60-tych kontynuowane są do dzisiaj jako tzw. radiowa służba Słońca, a wyniki obserwacji trafiają regularnie do trzech międzynarodowych centrów gromadzących dane o Słońcu i fizyce związków Słońce – Ziemia. Centra te gromadzą dane uzyskane za pomocą rozmaitych instrumentów w różnych zakresach widma elektromagnetycznego.

Ważnym momentem w rozwoju toruńskiej radioastronomii była budowa Ośrodka Radioastronomii w Piwnicach zakończona we wrześniu 1973 r., a więc w okresie kiedy obchodziliśmy 500-lecie urodzin naszego wielkiego astronoma. Decyzja o lokalizacji Ośrodka Radioastronomii obok istniejącego już obserwatorium optycznego, uzasadniona napewno na gruncie ekonomicznym i organizacyjno-administracyjnym, nie wzięła pod uwagę lawinowego wzrostu poziomu szkodliwych zakłóceń radiowych w ostatnich latach. W latach 70-tych poziom zakłóceń radiowych pochodzących od urządzeń radiokomunikacyjnych i przemysłowych był niewielki i nie stanowił wówczas istotnego problemu.

Radioteleskop RT-4 jest niezwykle czułym narzędziem badawczym pozwalającym rejestrować i mierzyć sygnały z kosmosu milion razy słabsze od szumów własnych generowanych przez system odbiorczy. Oznacza to, że zakłócenia i interferencje pochodzące od innych urządzeń radiokomunikacyjnych mogą stanowić duże zagrożenie dla prawidłowej pracy tego unikalnego aparatu pomiarowego.

Charakterystyka rodzajów zakłóceń

Źródłem zakłóceń radioelektrycznych są wszelkiego rodzaju urządzenia elektrotechniczne i radiokomunikacyjne. Nie sposób wymienić tutaj wszystkie możliwe źródła zakłóceń, podamy więc tylko te najbardziej uciążliwe. W grupie urządzeń elektrotechnicznych są to: silniki i generatory elektryczne, spawarki i zgrzewarki elektryczne, urządzenia zapłonowe silników z zapłonem iskrowym, linie i trakcje energetyczne z urządzeniami wysokiego napięcia. Wymienione powyżej urządzenia generują przede wszystkim zakłócenia impulsowe i trzaski. Widmo mocy impulsowych sygnałów zakłócających jest bardzo szerokie, co oznacza, że zakłócenia te dają znać o sobie w szerokim zakresie częstotliwości.

Urządzenia radiokomunikacyjne sprawiają często znacznie więcej kłopotów, ponieważ pracują w sąsiednich lub bliskich do radioastronomicznych pasmach częstotliwości. Wadliwa praca tych urządzeń, niedoskonałe filtry są źródłem silnych zakłóceń w sąsiednich pasmach częstotliwości przydzielonych innym użytkownikom. Sygnały zakłócające z reguły docierają do systemów odbiorczych wprost przez antenę, ale często również przez indukcję w liniach zasilających i kablach przesyłowych.

Moc sygnałów zakłócających zależy w zasadzie od odległości anteny odbiorczej od źródła zakłóceń i maleje z kwadratem odległości. Zakłócenie wygenerowane w odległości 0.5 km będzie miało 100-krotnie większy efekt niż takie samo zakłócenie powstające w odległości 5 km. Stąd tak bardzo ważne jest, aby w najbliższym sąsiedztwie radioteleskopu RT-4 nie było żadnych źródeł zakłóceń. Warunki propagacji fal elektromagnetycznych, zależne od stanu atmosfery i ukształtowania terenu, wpływają również znacząco na moc odbieranych sygnałów zakłócających.

Sposoby zwalczania szkodliwych zakłóceń polegają między innymi na:

- (a) przydziale pasm częstotliwości radiowych dla radioastronomii i prawnej ochronie tych pasm poprzez odpowiednie umowy międzynarodowe
- (b) lokalizacji obserwatoriów radioastronomicznych na terenach słabo zaludnionych, w miejscach osłoniętych wzgórzami, z dala od dużych aglomeracji miejskich i zakładów przemysłowych

- (c) tworzeniu stref ochronnych wokół radioteleskopów, budowie ekranów przeciwzakłóceńowych
- (d) stosowaniu najrozmaitszych metod eliminacji zakłóceń z danych obserwacyjnych.

Decyzje dotyczące podziałów pasm częstotliwości radiowych podejmowane są przez WRC (ang. World Radio Conferences), organizowane co 2–3 lata przez ITU (ang. International Telecommunications Union), będącą specjalistyczną agencją ONZ. Porozumienia wypracowane podczas WRC mają status Umowy Międzynarodowej i są następnie ratyfikowane przez rządy państw będących członkami ITU. Zarządzaniem przydziałami częstotliwości w Europie zajmuje się CEPT (ang. Conference Europeene des Postes et Telecommunications). Ochrona pasm przyznanych dla radioastronomii to główne zadanie CRAF-u (ang. Committee on Radio Astronomy Frequencies), działającego pod parasolem ESF (ang. European Science Foundation) w Strasbourgu. Dr inż. Jerzy Usowicz jest członkiem CRAF-u i jako krajowy koordynator d/s ochrony pasm radioastronomicznych ma za zadanie podejmowanie wszelkich działań zmierzających do zmniejszenia poziomu zakłóceń radiowych w Piwnicach w ścisłej współpracy z Państwową Agencją Radiokomunikacyjną (PAR) i innymi organami administracji państwowej i samorządowej.

W obliczu rosnącego z dnia na dzień poziomu zakłóceń radiowych istnieje zatem pilna konieczność utworzenia strefy ochronnej wokół obserwatorium w Piwnicach i ścisła współpraca z innymi użytkownikami urządzeń radiokomunikacyjnych w redukcji zakłóceń. W Centrum Astronomii UMK podjęto także prace badawcze nad skutecznymi metodami i algorytmami usuwania zakłóceń w czasie rzeczywistym, czyli podczas obserwacji, jak również w trakcie opracowywania wyników obserwacji. Inne sposoby zwalczania szkodliwych zakłóceń zostały już wyczerpane, bądź nie są brane pod uwagę, bo nie gwarantują wystarczającej skuteczności i są kosztowne.

Utworzenie strefy ochronnej wokół obserwatorium w Piwnicach stanowi zapewne poważne wyzwanie dla administracji samorządowej i lokalnej. Możliwości dalszego prowadzenia unikalnych badań radioastronomicznych w Polsce zależą teraz w znacznej mierze od trafności decyzji władz lokalnych. Problem niewątpliwie jest złożony: z jednej strony trzeba uwzględnić uwarunkowania lokalizacyjne obserwatorium i konieczność ochrony RT-4, z drugiej zaś aspiracje lokalnych społeczności odnośnie rozwoju infrastruktury gminy Łysomice.

Propozycja strefy ochronnej lub koordynacyjnej

Centrum Astronomii UMK zaproponowało utworzenie wokół radioteleskopu RT-4 strefy ochronnej spełniającej następujące wymagania:

- | | |
|----------------------------|--|
| Strefa A (0 – 1 km) | Budowa nowych i rozbudowa istniejących obiektów oraz nowych dróg zakazana; utrzymanie rolniczego charakteru gruntów. |
| Strefa B (1 – 3 km) | Budowa nowych obiektów mieszkalnych, zakładów usługowych i przemysłowych oraz nowych dróg zakazana; dopuszczalna rozbudowa istniejących gospodarstw. |

Strefa C (3 – 4 km)	Dopuszczalna jedynie rozproszona zabudowa jednorodzinna na własnych gruntach o powierzchni użytków rolnych powyżej 5 ha.
Strefa D (0 – 4 km)	Użytkowanie radiowych urządzeń nadawczych, z wyjątkiem służb państwowych w sytuacjach wyższej konieczności, zakazane.
Strefa E (4 – 10 km)	Wydanie licencji na użytkowanie radiowych urządzeń nadawczych uwarunkowane uzyskaniem stosownej zgody kierownictwa CA UMK.
Strefa F (0 – 30 km)	Instalowanie nowych nadajników radiowych, TV i radiokomunikacyjnych o mocy większej niż 500 W zakazane; zwiększanie mocy promieniowanej dotychczas użytkowanych nadajników zakazane.
Strefa G (30 – 50 km)	Lokalizacja nowych nadajników o mocy większej niż 500 kW zakazana; dopuszczalne natężenie pola elektrycznego w Piwnicach 10 mV/m.

Wnioski końcowe

Ochrona radioteleskopu RT-4 przed szkodliwymi zakłóceniami radiowymi ma wymiar globalny, regionalny i lokalny. Na każdym z tych poziomów potrzebne są stosowne działania, zabiegi i regulacje formalno–prawne. CA UMK widzi ochronę radioteleskopu RT-4 w znacznie szerszym kontekście całościowej ochrony obserwatorium astronomicznego w Piwnicach.

*kon.
Dyrektor Krawczyk.*

Zakres materiału który winien być uwzględniony w opracowaniu „Ocena oddziaływania na środowisko inwestycji RADIOTELESKOPU RT -4” na etapie użytkowanie obiektu

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU /RADIOTELESKOPU

- położenie – lokalizacja
- eksploatacja, przeznaczenie, zastosowanie
- charakterystyka techniczno- technologiczna – eksploatacyjna / rodzaje urządzeń aparatury jej charakterystyka/
- zastosowane rozwiązania techniczne

ODZIAŁYWANIE INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO

W zakresie:

- pola elektromagnetycznego / promieniowania niejonizującego/
- zakłóceń radioelektrycznych
- emisji hałasu
- emisji zanieczyszczeń do atmosfery
- wpływ na zdrowie

KONIECZNA OCHRONA OBIEKTU PRZED WPŁYWEM ZAKŁÓCEŃ , ZANIECZYSZCZEŃ OD ŚRODOWISKA

Wnioski ,proponycje

W opracowaniu można wykorzystać /przytoczyć /istniejące pomiary, badania

PRZEDSIĘBIORSTWO
Usługowo-Produkcyjno-Wdrożeniowe
„EKOTOR” Sp. z o.o.
ul. Warneńczyka 8/55, tel./fax 331-12
87-100 TORUŃ
NIP 879-017-44-99 Regon 00804602

z powołaniem
RZECZOZNAWCA Nr 564
Ministerstwa Ochrony Środowiska
Zasobów Naturalnych i Leśnictwa
mgr inż. Andrzej Maciejewski
Upr. bud. Nr 32/TO/78