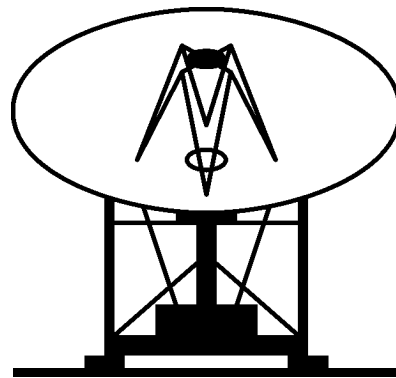


MOŻLIWOŚCI PROWADZENIA OBSERWACJI RADIOTELESKOPEM 32 M

NARADA ROBOCZA

Piwnice, 17–18 luty 1994 r.



Opracowanie: K.M. BORKOWSKI i A.J. KUS

KATEDRA RADIOASTRONOMII
UNIwersytet MIKOŁAJA KOPERNIKA
TORUŃ

LISTA UCZESTNIKÓW

S. Bajtlik	CAMK, Warszawa	staszek_bajtlik@camk.edu.pl
K. Borkowski	KR UMK, Toruń	kb@astro.uni.torun.pl
K. Chyży	OA UJ, Kraków	chris@oa.uj.edu.pl
A. Drożyner	IA UMK, Toruń	drozyner@vega.astr.uni.torun.pl
R. Feiler	student, UMK, Toruń	rf@astro.uni.torun.pl
I. Garczyńska	OA UW, Wrocław	rompolt@plwruw11.bitnet
G. Gawrońska	KR UMK, Toruń	gg@astro.uni.torun.pl
J. Gil	WSP, Zielona Góra	jag@wsizg.ict-pwr.wroc.edu.pl
S. Gorgolewski	KR UMK, Toruń	sgo@astro.uni.torun.pl
W. Iwanowska	IA UMK, Toruń	-
M. Kamiński	KR UMK, Toruń	mka@astro.uni.torun.pl
M. Kamiński	student UMK, Toruń	maniak@astro.uni.torun.pl
A. Kępa	KR UMK, Toruń	ake@astro.uni.torun.pl
J. Kijak	WSP, Zielona Góra	-
J. Knapik	OA UJ, Kraków	knapik@oa.uj.edu.pl
A. Krasuski	student UMK, Toruń	condor@astro.uni.torun.pl
S. Krawczyk	IA UMK, Toruń	skr@astro.uni.torun.pl
J. Krempeć-Krygier	CAMK, Toruń	jkkart@ncac.torun.pl
B. Krygier	KR UMK, Toruń	bk@astro.uni.torun.pl
K. Kurzyńska	OA UAM, Poznań	kurzastr@plpuam11.bitnet
A. Kus	KR UMK, Toruń	ajk@astro.uni.torun.pl
J. Machalski	OA UJ, Kraków	machalsk@oa.uj.edu.pl
J. Mikołajewska	CAMK, Warszawa	joanna_mikolajewska@camk.edu.pl
M. Mikołajewski	IA UMK, Toruń	mamiko@pltumk11.bitnet
I. Owsianik	studentka UMK, Toruń	iza@astro.uni.torun.pl
E. Pazderski	KR UMK, Toruń	ep@astro.uni.torun.pl
S. Rokita	KR UMK, Toruń	sr@astro.uni.torun.pl
B. Rudak	CAMK, Toruń	bronek@ncac.torun.pl
M. Schmidt	CAMK, Toruń	schmidt@ncac.torun.pl
J. Smoliński	CAMK, Toruń	jansmol@ncac.torun.pl
A. Strobel	IA UMK, Toruń	strobel@vega.astr.uni.torun.pl
W. Szymański	KR UMK, Toruń	wsz@astro.uni.torun.pl
M. Szymczak	KR UMK, Toruń	msz@astro.uni.torun.pl
Z. Turło	CAMK, Toruń	zt@ncac.torun.pl
R. Tylanda	CAMK, Toruń	tylanda@ncac.torun.pl
M. Urbanik	OA UJ, Kraków	urb@oa.uj.edu.pl
J. Usowicz	KR UMK, Toruń	ju@astro.uni.torun.pl
G. Walentynowicz	studentka UMK, Toruń	greta@astro.uni.torun.pl
R. Wielebinski	MPIfR, Bonn	p647gbr@mpifr-bonn.mpg.de
B. Wikierski	IA UMK, Toruń	bowik@vega.astr.uni.torun.pl

CAMK — Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika

IA UMK — Instytut Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika

KR UMK — Katedra Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika

MPIfR — Max-Planck-Institut für Radioastronomie

OA UAM — Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza

OA UJ — Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

OA UW — Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Wrocławskiego

WSP — Wyższa Szkoła Pedagogiczna

PROGRAM

Str.

17 luty 1994 r.

16:00 – 18:45	1) R. Wielebinski	<i>100 m teleskop — plany na 3 lata przed uruchomieniem a późniejsza ich realizacja</i>	5
	2) A. Kus	<i>32 m radioteleskop — stan budowy, proponowane wyposażenie i parametry eksploatacyjne</i>	8
	3) J. Gil	<i>Propozycja obserwacji pulsarów</i>	12
19:00 – 21:00	kolacja i dalszy ciąg dyskusji		

18 luty 1994 r.

9:15 – 9:45	S. Gorgolewski	<i>Radiowe obserwacje planet i ich satelitów, badania aktywności Słońca i jej wpływ na koronę Słońca, oddziaływanie wiatru słonecznego na magnetosfery planet oraz na heliosferę</i>	13
9:45 – 10:15	I. Garczyńska	<i>Radiowe obserwacje Słońca</i>	13
10:15 – 10:45	M. Szymczak	<i>Obserwacje linii widmowych</i>	14
10:45 – 11:15	J. Mikołajewska	<i>Radiowe obserwacje gwiazd symbiotycznych</i>	15
11:15 – 11:45	przerwa na kawę i dalszy ciąg dyskusji		
11:45 – 12:15	M. Urbanik	<i>Pola magnetyczne w galaktykach</i>	16
12:15 – 12:45	J. Krempeć–Krygier	<i>Radioźródła w gromadach galaktyk</i>	17
12:45 – 14:00	Dyskusja		
14:00 – 15:00	przerwa obiadowa		
15:00 – 15:30	J. Machalski	<i>AGN — zmienność radiowa</i>	19
15:30 – 16:00	A. Kus	<i>Wykorzystanie 32 m anteny do VLBI</i>	20
16:00 – 16:30	K. Borkowski	<i>Możliwości wykorzystania 32 m anteny w geodezyjno–astrometrycznej VLBI</i>	22
16:30 – 17:00	przerwa na kawę		
17:00 – 18:00	Dyskusja i podsumowanie		24

100 m teleskop — plany na 3 lata przed uruchomieniem a późniejsza ich realizacja

Prof. dr R. Wielebinski

[Autoryzowane opracowanie wydawców]

Prof. Wielebinski swoje wystąpienie oparł na analizie raportu z sympozjum roboczego w Bonn z 27 VIII 1969 r., na którym dyskutowano propozycje wykorzystania aktualnie budowanej anteny 100-metrowej.

Istniejący wówczas teleskop 25-metrowy w Stockert nie dostarczał zbyt wielu istotnych wyników naukowych co powodowało dodatkową ostrożność i raczej umiarkowany entuzjazm co do rezultatów naukowych jakie przynieść miała budowa 100-metrowego radioteleskopu. Trzeba jednak tu wyraźnie podkreślić, że powodem takiego stanu było zbyt słabe zaplecze techniczne 25-metrowego teleskopu wynikające z ograniczonych możliwości jakie posiadał mały Instytut przy Uniwersytecie w Bonn zarządzający teleskopem. Budowa 100-metrowego teleskopu została zatwierdzona po ważnej decyzji Fundacji Maxa Plancka (Max-Planck-Gesellschaft) o stworzeniu Instytutu Radioastronomii (Max-Planck-Institut für Radioastronomie) zapewniającego szerokie i kompetentne wsparcie dla tak dużego instrumentu zarówno od strony naukowej jak i technicznej. Przedsięwzięcie miało mocne poparcie astronomów niemieckich chociaż zdawano sobie sprawę z tego, że w Niemczech nie było wówczas wielu radioastronomów i że należało ich szukać za granicą oraz że należało stworzyć odpowiednio korzystne warunki dla ich pozyskania.

Na wspomnianym roboczym sympozjum wypowiadali się m.in.:

- Heeshen, który kierował wówczas budową VLA, wskazywał na potencjalnie silną konkurencję VLA dla 100-metrowego teleskopu.
 - W opinii Altenhoffa 100-metrowy teleskop, mógł być interesującym narzędziem do badań źródeł galaktycznych w zakresie fal od 6 do 21 cm.
 - Wielebinski proponował obserwowanie Galaktyki i pozostałości po supernowych wraz z pomiarami polaryzacyjnymi.
- Inni uczestnicy wspomnianego sympozjum proponowali m.in.
- poszukiwanie efektu Zeemana (Kerr),
 - linii rekombinacyjnych (Wilson),
 - innych linii, a w tym maserowych OH, H₂O i NH₃ (Burke),
 - obserwacje pulsarów na wysokich częstotliwościach (Wielebinski),
 - obserwacje pobliskich galaktyk i galaktycznego *halo* (van Woerden).

Ostatecznie więc, pierwotne plany dotyczące zastosowań teleskopu 100-metrowego przewidywały m.in. następujące programy obserwacyjne:

- źródła pozagalaktyczne
- obserwacje pozagalaktyczne w liniach widmowych
- źródła galaktyczne
- obserwacje galaktycznej linii 21 cm

Nowy teleskop budowano wykorzystując dotąd nie stosowaną metodę homologii, oznaczającą w praktyce, że odkształcenia grawitacyjne parabolicznej czaszy przekształcają ją w inną paraboloidę. Pierwotne założenia techniczne teleskopu przewidywały obserwacje na wysokich częstotliwościach i całe jego wyposażenie projektowano dla fal $\lambda \geq 5$ cm. Wkrótce okazało się jednak, że możliwości instrumentu zostały mocno niedocenione.

Z czasem osiągnięto bowiem faktycznie możliwość obserwowania na falach $\lambda \geq 2$ cm, a część centralna odznacza się dużą sprawnością nawet dla $\lambda = 0.31$ cm. Warto też wspomnieć, iż był to pierwszy teleskop w pełni sterowany komputerem.

Nowoczesny radioteleskop jest skomplikowanym, na ogół prototypowym urządzeniem. Dla pełnego wykorzystania i prawidłowej eksploatacji nieodzowne jest posiadanie dobrze przygotowanej kadry technicznej i sprawnej struktury organizacyjnej z odpowiednio wysokim budżetem. Do jakiego stopnia jest to niezbędne niech pouczy wszystkich kilka przykładowych problemów jakie musieliśmy rozwiązać w Effelsbergu. Po zbudowaniu 100-m teleskopu i w trakcie jego intensywnej eksploatacji pojawiło się szereg wcześniej nie oczekiwanych problemów technicznych:

- Rezonanse w osi elewacji wpływające na dokładność pozycjonowania anteny. Rozwiązywanie problemu zajęło około roku. W lipcu 1972 r. wykonano pierwsze obserwacje na fali 11 cm, a już w listopadzie na 2,8 cm.
- Panele typu *honey-comb* zawiodły około 1980 r. z powodu rozsadzania ich struktury przez zamarzającą wodę, która dostawała się do środka na skutek niedoskonałego oklejenia. Pomimo znacznych kosztów szybko zostały one zastąpione nowymi, dokładniejszymi panelami o nowoczesnej budowie. Później zmieniono także subreflektor.
- W 1987 r. pękła szyna jezdna na spawanym połączeniu.
- W 1993 r. pękła szyna pomiędzy łączami spawanymi (na skutek osunięcia się gruntu pod jezdnią).

Dzięki silnemu zapleczu technicznemu jakie miał i nadal ma 100-metrowy teleskop wszystkie te problemy zostały nie tylko szybko i skutecznie usunięte ale także doprowadzono do znaczącej poprawy osiągnięć instrumentu. To właśnie dzięki profesjonalizmowi zespołu technicznego teleskop jest wykorzystywany przez 75% całego czasu. Takie zaplecze jest nieodzowne przy każdym zaawansowanym instrumencie podobnego typu.

Po 25 latach radioteleskop 100-m jest ciągle najlepszym w pełni sterowalnym teleskopem świata. Po kolejnych modernizacjach, prowadzi się nim obserwacje nawet na fali $\lambda \sim 3$ mm (86 GHz). MPIfR jest najsilniejszym ośrodkiem radioastronomii w Europie i jednym z najlepszych w świecie. Bogate doświadczenia i wysoka kompetencja personelu technicznego przyczyniły się do znacznego udoskonalenia samej anteny, jej napędów i systemów sterowania. Specjalna grupa pracuje systematycznie nad projektami i budową nowoczesnych niskosumowych urządzeń odbiorczych pokrywających coraz to nowsze zakresy fal radiowych odbieranych 100-metrowym teleskopem. Tu są szczególnie duże osiągnięcia i jest ważne aby w Toruniu mieć odpowiednio przygotowany zespół zdolny podjąć wyzwania jakie stawia nowoczesna technologia stosowana w systemach odbiorczych. Inny zespół specjalistów pracuje nad projektowaniem i budową back-endów dla radioteleskopu. Tutaj podobnie jak w wypadku odbiorników potrzeba wielu lat pracy, zbierania doświadczeń oraz znacznych nakładów na odpowiednie wyposażenie laboratoriów zanim przyjdą rezultaty w postaci niezawodnie działającej nowoczesnej aparatury analizującej odbierane sygnały radiowe. Obydwie grupy w MPIfR przyczyniły się znacząco do sukcesu naukowego Instytutu i jego wysokiej międzynarodowej pozycji.

Realizowane przy pomocy 100-m teleskopu programy badawcze daleko wyprzedziły plany i ostrożne oczekiwania referowane na wspomnianej już konferencji. Aktualny, szeroki zakres dziedzin, w których 100-m radioteleskop wnosi nowe istotne wyniki, wraz ze szczegółową tematyką głównych programów obserwacyjnych realizowanych w Bonn (Effelsbergu) na 100-m teleskopie, zestawiono na stronie następnej. Na przestrzeni ostatnich 25 lat w każdej z wymienionych tu dziedzin odnotowano znaczące osiągnięcia naukowe na poziomie światowym.

PROGRAMY OBSERWACYJNE NA 100-M RADIOTELESKOPIE

POMIARY W CONTINUUM (z polaryzacją)

Asteroidy i komety
Gwiazdy rozbłyskowe, Gwiazdy gorące
Przeglądy całego nieba – 408 MHz, 1.4 GHz
Przeglądy płaszczyzny Galaktyki – λ : 21 cm, 11 cm
Badania pozostałości po supernowych (SNR) na wielu częstościach
Centrum Galaktyki
Galaktyki normalne (pola magnetyczne)
Radiogalaktyki
Związki promieniowania radiowego i w dalekiej podczerwieni
Gromady galaktyk
Przeglądy radioźródeł (zależność $\log N - \log S$)
Przeglądy nawiązujące do wyników z ROSATa i GRO
Przeglądy miary rotacji
Efekt Sunyayeva–Zeldovicha

SPEKTROSKOPIA

HI w Galaktyce na dużych szerokościach (b)
Badania OH w gwiazdach
HI w odległych galaktykach
HI w wielkich pobliskich galaktykach
Centrum Galaktyki
 H_2O , NH_3 , ..., metanol
Megamasery
Efekt Zeemana

VLBI

Sieć europejska i globalna
Astrometria
Radioźródła z prędkościami nadświatłymi
Milimetrowa VLBI

PULSARY

Obserwacje w zakresach fal cm i mm
Widma
Polaryzacja
Mikrostruktura
Scyntylacje
Chronometraż

Podział czasu obserwacyjnego na 100-m radioteleskopie przedstawia się następująco:

- VLBI - 30%,
- pomiary continuum - 25%,
- obserwacje spektralne - 40%,
- obserwacje pulsarów i inne - 5%.

100–metrowy teleskop jest oblegany przez astronomów chcących zeń korzystać, co sprawia, że teleskop jest przeładowany zadaniami i bardzo trudno otrzymać czas na realizację nowych nawet dobrych programów. Panuje ostra konkurencja i tylko najlepsze programy mają szansę. Niektóre długoczasowe programy obserwacyjne uzyskują niższy priorytet i tu jest otwarte pole do działania dla mniejszych i zatem mniej obciążonych teleskopów.

W związku z tym istnieje możliwość przejścia niektórych prac przez średnie teleskopy np. 32–metrowe, takie jak toruński. Do tych prac zaliczyć można m.in. mierzenie polaryzacji i wyznaczanie rotacji Faradaya w płaszczyźnie Galaktyki. Badania te można byłoby wykonywać we współpracy z MPIfR korzystając z istniejących już fundamentalnych przeglądów wykonanych 100–m teleskopem.

32 m radioteleskop — stan budowy, proponowane wyposażenie i parametry eksploatacyjne

Prof. dr hab. A.J. Kus

1. Założenia projektowe

Projekt 32 m radioteleskopu powstał w latach 1985–87 i jest dziełem zespołu inżynierów z Gliwickiego SIMPEXu pracujących pod kierunkiem Z. Bujakowskiego i S. Drwięgi. Koncepcja anteny oraz zaproponowane rozwiązania techniczne są wynikiem wielu podróży zagranicznych projektantów do najważniejszych ośrodków radioastronomicznych w świecie, nieskrępowanego dostępu do dokumentacji technicznej, licznych dyskusji oraz własnych, w większości udanych, przemyśleń autorów projektu. Sprzyjająca atmosfera wokół przyszłego polskiego radioteleskopu była wynikiem licznych kontaktów zagranicznych pracowników naukowych Katedry Radioastronomii oraz pomyślnie rozwijającej się współpracy w interferometrii VLBI. Celem podjętych działań było zbudowanie nowoczesnej anteny o średnich (w standardzie światowym) wymiarach i o wysokich parametrach eksploatacyjnych z głównym nastawieniem na rozwój współpracy w VLBI. Antena paraboliczna o średnicy 32 m stała się standardowym przyrządem do VLBI po decyzjach *European Consortium for VLBI* i zakupach podobnej klasy anten przez Włochów (Bologna, Noto) i Brytyjczyków (Cambridge). Projekt polski sfinansowany w latach 1986–91 przez Urząd Postępu Naukowo–Technicznego i Wdrożeń miał zakończyć się w ciągu pięciu lat. Obejmował budowę samej anteny, jej wyposażenie w nowoczesną aparaturę oraz rozbudowę zaplecza kubaturowego (sterownia, pomieszczenia gospodarcze). Na skutek opóźnień w realizacji inwestycji oraz znacznego wzrostu kosztów powstała konieczność dofinansowania (przez KBN) inwestycji i przedłużenia jej realizacji o dalsze trzy lata. W przedsięwzięciu inwestycyjnym uczestniczyło 59 firm. Koordynacją zadań zajmowali się prof. S. Łęgowski, prof. S. Gorgolewski natomiast dr B. Krygier — pełnomocnik Rektora UMK d/s budowy radioteleskopu — prowadził skutecznie i z dużym zaangażowaniem bezpośredni nadzór nad zleceniami i realizacją poszczególnych zadań.

Paraboliczna antena radioteleskopu o klasycznym układzie Cassegraina ma czaszę główną o średnicy 32 m o homologicznej budowie i demontowalne wtórne lustro hiperboliczne o średnicy 3.2 m. Montaż anteny w układzie horyzontalnym zapewnia precyzyjne ustawianie azymutu i wysokości z absolutną dokładnością 0.001° . Bieżącą kontrolę położenia oraz prędkości ruchu anteny zapewniają przetworniki kąta (19-bitowe) umieszczone bezpośrednio na osiach obrotu. Celem wyeliminowania luzów w napędach zastosowano system podwójnych silników, w każdym zespole napędowym, pracujących w układzie *antibacklash*. Dla optymalizacji systemu luster, przy zmieniającej się geometrii czaszy głównej (skutkiem odkształceń grawitacyjnych), wprowadza się dodatkowe



Katedra Radioastronomii: pokoje gościnne (u góry) i pawilon sterowni (u dołu)
(foto: A.J. Kus)

ruch kompensacyjny lustro wtórne. Główny reflektor pokryty jest 336 panelami wykonanymi z precyzją lepszą niż 0.35 mm RMS każdy, natomiast dokładność wykonania powierzchni lustro wtórne wynosi 0.05 mm RMS. Wstępna adjustacja paneli przy pomocy szablonu obrotowego zostanie poprawiona metodami geodezyjnymi, a następnie — metodą holografii satelitarnej — wyznaczone będą ostateczne błędy powierzchni reflektora głównego anteny i ich zmiany (w funkcji elewacji). Sterowanie napędami — łącznie 8 silników w osi azymutu, 4 silniki w osi wysokości plus 5 silników ruchu lustro Cassegraina — realizowane będzie za pomocą nowoczesnego systemu automatyki przemysłowej. Komputer nadzorujący (HP735i), szereg sterowników i zespoły napędowe (firmy *Lenze*) zapewnią pełną kontrolę położenia anteny i jej ruchu z wymaganą precyzją w każdym momencie. Radioteleskop zostanie wyposażony w nowoczesne, chłodzone do 15 K systemy odbiorcze. W pierwszym etapie przewiduje się uruchomienie urządzeń w pasmach L (1420 – 1680 MHz) i S (5 GHz). Będą to radiometry o szerokim paśmie odbieranych częstotliwości (500 – 1000 MHz), mierzące obydwie ortogonalne składowe polaryzacji, komputerowo sterowane i strojone, z przemianą częstotliwości fazowo synchronizowanej do wodorowego wzorca częstotliwości. Wybór częstotliwości obserwacji odbywać się będzie automatycznie przez mechaniczne przechylenie osi lustro wtórne

na żądany oświetlacz falowodowy oraz poprzez elektroniczną kontrolę podzespołów odbiornika. Odbiorniki pracujące poniżej 1 GHz ($\lambda > 30$ cm) umieszczane będą w ognisku pierwotnym, a pozostałe w kabinie ogniska wtórnego. Lustro hiperboliczne może być demontowane, ale operacja taka trwać będzie około jednego dnia. Parametry eksploatacyjne radioteleskopu powodują, że optymalny zakres pracy urządzeń odbiorczych i anteny wypada w zakresie 2–50 GHz (λ 15–0.75 cm).

2. Stan realizacji inwestycji (luty 1994 r.)

Prace montażowe przebiegają w dobrym tempie. W tej chwili zakończony został kolejny etap scalania konstrukcji — montaż elementów czaszy anteny. Wkrótce rozpoczęte będzie układanie paneli powierzchni reflektora. Ta ostatnia operacja wraz z adjustacją potrwa do czerwca. Pozostaje jeszcze montaż lustra Cassegraina oraz końcowe malowanie. Trwają prace nad wykonaniem instalacji elektrycznych i systemu sterowania anteny. W Katedrze Radioastronomii UMK budowane są podstawowe systemy odbiorcze na pasma 1.4 – 1.66 GHz i 5 GHz. Termin zakończenia głównych prac przy teleskopie określony na koniec września 1994 r. jest terminem realnym. Nie oznacza to kompletnego zamknięcia projektu. Nadal muszą być prowadzone prace dotyczące sterowania i ulepszeń systemów odbiorczych oraz żmudne pomiary własności samej anteny (wielkość odkształceń grawitacyjnych, deformacje czaszy i struktury nośnej, dokładność pozycjonowania, ogniskowanie). Proces adjustacji paneli lustra głównego i dobór algorytmów optymalizacji kompensacyjnych ruchów lustrem Cassegraina trwać będzie jeszcze przynajmniej przez najbliższe dwa — trzy lata. Pierwsze testy obserwacyjne przewidziane są na jesień 1994 r., natomiast rozpoczęcie systematycznych obserwacji rozpocząć będzie można najprawdopodobniej od stycznia 1995 r.

3. Planowane wyposażenie w aparaturę kontrolno pomiarową i odbiorczą

W pierwszej kolejności budowane są dwa systemy odbiorcze na pasma L i S. Będą to dwukanałowe tory odbiornika typu *total power*, o dwóch ortogonalnych składowych polaryzacji kołowej. Będą również dostępne proste *back-endy* w oparciu o urządzenia istniejące i eksploatowane (przy antenie 15 m). Są to radiometry, terminal VLBI MkIIc, autokorelator, prosty system pulsarowy na bazie komputera PC/AT. Służba czasu i częstotliwości podstawowych oparta będzie na atomowym wzorcu wodorowym, który jest już wykonany i oczekuje na odbiór w Szwajcarii. Jego instalacja nastąpi wiosną tego roku. Nowoczesny terminal VLBI MkIV, na zakup którego EC przydzieliło znaczące środki dewizowe (350 kECU) będzie dostarczony w połowie 1995 roku. Maszyna pulsarowa budowana pod kierunkiem zespołu prof. M. Demiańskiego pojawi się w podobnym terminie. Istnieje realna możliwość połączenia anten 32 m i 15 m w system interferometru szerokopasmowego o dużej czułości dla pomiarów strumienia słabych źródeł punktowych lub funkcji widzialności obiektów rozciągniętych. Taki prosty interferometr będzie gotowy do testów obserwacyjnych w przyszłym roku (na pasma 1420 i 5000 MHz). W latach następnych (1995–96) przewiduje się dodawanie nowych odbiorników. Będą to kolejno: niechłodzony system 12 GHz (pasmo X) dla celów testowych oraz chłodzone odbiorniki na pasma 22 GHz (linia pary wodnej) i 43 GHz (pasma masera SiO).

4. Oczekiwane własności eksploatacyjne radioteleskopu

Założona dokładność wykonania powierzchni lustra głównego oraz homologiczna konstrukcja czaszy pozwolą uzyskać wysoką sprawność anteny na falach milimetrowych (optimum 7 mm) z graniczną długością fali ok. 3 mm, przy której równoważna średnica anteny zredukowana będzie do ~ 20 m. Własności wykonanych paneli wykładziny czaszy oraz sposób ich układania wydają się gwarantować wysoką jakość lustra głównego. Jeśli uda się uzyskać dobrą powtarzalność pozycjonowania anteny i założoną

dokładność ustawiania lustra wtórnego to nowy instrument będzie jednym z najlepszych tej klasy w Europie. Przewidywana czułość anteny wynosić będzie maksymalnie 7.5 Jy/K do ok. 30 GHz i $7.5 + 0.015f - 0.0005f^2 \text{ Jy/K}$ w przedziale częstotliwości $30 < f < 100 \text{ GHz}$. Dodatkowo należy uwzględnić empiryczną zależność tej czułości od wysokości (kąta elewacji) h anteny, która dla $f < 100 \text{ GHz}$ ma przybliżoną formę: $G(h) = 1 - 0.01f[1 - \sin(30^\circ + h)]$. Systemy odbiorcze powinny mieć temperatury szumowe 30 i 40 K, odpowiednio w pasmach L i S. Oczekuje się niewielkiego wzrostu temperatury szumowej dla małych elewacji anteny (ok. +20 K, dla $h \approx 5^\circ$). Lokalne oscylatory wytwarzane przez wysokiej klasy syntezer firmy Hewlett-Packard zapewnią stabilną fazowo i amplitudowo przemianę częstotliwości. Wzmacniacze pośredniej częstotliwości posiadać będą wstęgę przynajmniej 100 i 500 MHz, odpowiednio w pasmach L i S. W trybie radiometru *total power*, przy integracji sygnału w ciągu 1 min, teoretyczna czułość detekcji sygnału wynosi 40 mJy dla pasma L i 20 mJy dla S. W obserwacjach spektralnych jednoninutowa integracja pozwoli mierzyć sygnały na poziomie 8 Jy/kHz lub 3.4 Jy/km/s (obydwie wielkości dla pasma L).

5. Zasady korzystania z instrumentu

Nowy radioteleskop będzie dostępny dla wszystkich astronomów z ośrodków krajowych, którzy są zainteresowani wykorzystaniem instrumentu do prowadzenia własnych prac badawczych. Zespół Katedry Radioastronomii służyć będzie swoim doświadczeniem i umiejętnościami i pomagać początkującym obserwatorom. W przyszłości automatyzacja obserwacji oraz personel profesjonalnych operatorów teleskopu w znacznej mierze ułatwi korzystanie z instrumentu. Przewidujemy, że od momentu pełnego uruchomienia radioteleskopu około 30% czasu obserwacyjnego zajmie program VLBI, 30% spektroskopia, 30% inne programy, 10% czas serwisu, testów i innych prac technicznych. Do tego momentu konieczne będzie przeznaczenie około 50% czasu na testy i prace techniczne (na okres do roku czasu); pozostałe programy zajmą: VLBI około 20%, inne 30%. Do czasu zmian organizacyjnych przyszłego ośrodka radioastronomii decyzje w sprawie korzystania z radioteleskopu przez astronomów z innych instytucji podejmować będzie, na podstawie odpowiedniego opisu proponowanego programu badawczego, kierownik Katedry Radioastronomii UMK po zasięgnięciu opinii dwóch recenzentów i Rady Naukowej Katedry. Wysoki priorytet dany będzie programom krótkim o testowym charakterze (tzw. pomysłem „zwarowanym”), które mogą przynieść więcej korzyści naukowych niż rutynowe, sprawdzone programy długofalowe. Takie krótkie nowatorskie zadania nie mogą być realizowane na dużych istniejących teleskopach (np. 100 m w Effelsberg), ale zweryfikowane tutaj na 32 m radioteleskopie mają otwartą drogę na inne anteny.

6. Proponowana organizacja ośrodka radioastronomii

Istnieje pilna konieczność wprowadzenia zmian organizacyjnych i stworzenia Państwowego Instytutu Radioastronomii lub Ośrodka — Laboratorium (na wzór *National Facilities* znanych za granicą). Dopiero nowa struktura, obok istniejącej Katedry Radioastronomii UMK, może zapewnić prawidłowe wykorzystanie naukowe, modernizację i utrzymanie na właściwym poziomie eksploatacyjnym tego nowego unikalnego instrumentu. Zatrudnienie około 15 stałych pracowników Instytutu oraz odpowiedni budżet roczny (na poziomie 3 mld zł) przyniesie w krótkim czasie wymierne korzyści naukowe dla astronomii krajowej, i umocni pozycję radioastronomii polskiej w świecie. Działania w tej sprawie zostały podjęte przez profesorów M. Demiańskiego (CAMK), J. Masłowskiego (OA UJ) i A. Kusa (KR UMK) w roku ubiegłym (wystosowano odpowiedni list do ministra W. Karczewskiego), jednak na razie nie widać możliwości formalnego stworzenia ani finansowania takiej jednostki. Katedra zabiegać będzie o środki finansowe

w ramach SPUB-ów oraz zachęcać będzie przyszłych użytkowników anteny do składania wniosków o granty KBN wspomagające prawidłowe funkcjonowanie instrumentu do czasu podjęcia zasadniczych decyzji dotyczących zmian strukturalnych ośrodka.

Niezbędnym jest także unowocześnienie istniejącej bazy obliczeniowej. Zamiana komputera C120 Convex (40 MFlops) na nowej generacji superkomputer, np. z serii SPP Convex, będzie pożądanym rozwiązaniem. Duża ilość danych otrzymywanych z radioteleskopu oraz danych napływających z komplementarnych obserwacji satelitarnych wymagać będzie „giga-flopowych” mocy obliczeniowych oraz dużej przestrzeni dyskowej. Planowana modernizacja lokalnej sieci komputerowej w Toruniu i światłowodowe połączenie obserwatoriów astronomicznych w Piwnicach z węzłem sieci w Toruniu umożliwi szybki przepływ danych siecią internetową.

Propozycja obserwacji pulsarów *Prof. dr hab. J. Gil* (z *Prof. dr hab. M. Demiańskim i Dr inż. J. Usowiczem*)

32-m antena może być z powodzeniem wykorzystana do systematycznego monitorowania pulsarów. Szczególnie ważne są pomiary chronometrażowe (pomiary momentów nadejścia impulsów). Wiąże się to z odkryciem przez prof. A. Wolszczana trzech planet krążących wokół milisekundowego pulsara PSR B1257+12. Odkrycie systemu planetarnego przy pulsarze wymaga rewizji teorii ewolucji gwiazd. Jest to pierwszy pozasłoneczny układ planetarny, którego znaczenie filozoficzne trudno nie docenić.

Antena powinna automatycznie przechodzić do realizacji programu obserwacji pulsarów w momencie zakończenia lub braku programów obserwacyjnych o większym priorytecie. Dane obserwacyjne wraz z kalibracją powinny być archiwizowane. Ma to zapewnić możliwość powrotu do „surowych danych” w wypadku potrzeby nowego opracowania wyników obserwacji. Został przyznany grant KBN na budowę specjalnego urządzenia do rejestracji i przetwarzania sygnałów pulsarowych (MARK IV). Terminal MARK IV wraz z odpowiednimi zestawami filtrów będzie dostępny wiosną 1995 r. Otrzymanie odpowiedniego oprogramowania jest również zagwarantowane.

Ponieważ pulsary są punktowymi radioźródłami, to niedokładności pozycjonowania anteny mają mniejsze znaczenie w pomiarach chronometrażowych. Dane z pomiarów chronometrażowych mogą być opracowywane pod kątem monitorowania zmienności gęstości strumienia pulsarów.

Pulsary to jedyne w swoim rodzaju laboratorium ekstremalnych stanów materii w przyrodzie. W związku z tym ważne znaczenie posiada fakt jednoczesnego zaobserwowania tego samego *glitch'a* (przeskoku w szybkości rotacji pulsara) za pomocą dwóch lub więcej anten.

Istnieje możliwość badań ośrodka międzygwiazdowego (niejednorodności koncentracji elektronów) poprzez obserwacje scyntylacji pulsarów. Można również monitorować zmienność miary dyspersji.

W dyskusji stwierdzono, że za pomocą 15-anteny można obserwować 18 pulsarów na fali 21 cm. Oznacza to, że za pomocą RT-4 będzie można obserwować około 50 pulsarów lub więcej.

Jednoczesny rozwój technik odbiorczych i metod przetwarzania sygnałów (analizy danych) jest bardzo ważny dla rozwoju naukowego ośrodka badawczego.

Nowe pole obserwacyjne to pomiary polaryzacji pulsarów na wysokich częstotliwościach. Można zająć się silnymi pulsarami mierząc polaryzację pojedynczych impulsów. Pulsary są najlepszymi kalibratorami charakterystyk polaryzacyjnych anteny.

Radiowe obserwacje planet i ich satelitów, badania aktywności Słońca i jej wpływ na koronę Słońca, oddziaływanie wiatru słonecznego na magnetosfery planet oraz na heliosferę

Prof. dr hab. S. Gorgolewski

Prof. Gorgolewski omawiając szeroki wachlarz problemów naukowych dotyczących radiowych badań Układu Słonecznego zwrócił uwagę na szereg możliwości obserwacyjnych, m.in. za pomocą interferometru złożonego z dwóch teleskopów toruńskich (15- i 32-m), które w parze są równoważne dwóm paraboloidom o średnicach 22 m. W szczególności, propozycje te przewidują (Jego słowami):

1) Badania metodami radioastronomicznymi skutków aktywności Słońca w postaci wiatru słonecznego i wybuchów słonecznych na zewnętrzną koronę Słońca i układ planetarny, w tym także na magnetosfery planet oraz na heliosferę, w zależności od 11- i 22-letniego cyklu słonecznego. Podstawą tego projektu są prace własne i innych badaczy, poczynając od wczesnych lat 50-tych. Chodzi tu m.in. o moją pracę doktorską wykonaną w 1959 r. w Cavendish Laboratory w Cambridge (Anglia) i obserwacje korony Słońca z Piwnic w latach 1961 – 1964 (praca habilitacyjna S.G.) oraz do końca lat 70-ych (praca doktorska B. Krygiera).

2) Projekt, wykonanie i wdrożenie wyposażenia interferometru na fale decymetrowe i centymetrowe składającego się z 15- i 32-m anten, do badań korony Słońca metodą okultacji radioźródeł na falach decymetrowych, oraz do badań dynamiki magnetosfery Jowisza wywołanej aktywnością Słońca i skutkami zderzenia fragmentów komety Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem (trwającego 6,5 dnia wokół daty 21 lipca 1994 r.).

3) Badania termicznego oraz nietermicznego promieniowania planet Układu Słonecznego oraz ich satelitów za pomocą interferometru i 32-m anteny oraz specjalistycznymi radioteleskopami za granicą, np. VLA, w celu wyznaczenia fizycznych własności ich powierzchniowych warstw.

Radiowe obserwacje Słońca

Dr I. Garczyńska

Dr Garczyńska przedstawiła instrumenty używane do obserwacji Słońca we Wrocławiu: od 1966 r. mały koronograf, a od 1981 roku duży koronograf. Następnie ilustrując fotografiami mówiła o fizyce protuberancji i stowarzyszonym promieniowaniu radiowym. Widmo radiowe wybuchów II typu charakteryzuje się dryfem w częstotliwości z szybkością rzędu 1 MHz/s (1000 km/s w koronie). Jeśli mamy model propagacji fal radiowych w koronie słonecznej, to obserwując źródło promieniowania możemy odtworzyć model korony. Można w ten sposób dla danego momentu wybuchu określić wysokość koncentracji materii w koronie (kondensacji koronalnych). Mówczynie zwróciła uwagę na bardziej interesujące obserwacje na wysokich częstotliwościach radiowych.

W dyskusji stwierdzono, że dla umiejscowienia wybuchów w koronie potrzebne są zarówno obserwacje na wysokich jak i na niskich częstotliwościach i ażeby osiągnąć dużą kątową zdolność rozdzielczą potrzebny byłby wieloantenowy interferometr o dość długich bazach, a zatem antena 32-m, nawet we współpracy z anteną 15-m, nie jest najlepszym do tego celu instrumentem. Obserwacje protuberancji słonecznych mogą być analizowane za pomocą technik pulsarowych stosowanych do pomiarów spektralnych (szybkie zmiany widma).

Obserwacje promieniowania radiowego molekuł przynoszą ważne informacje o warunkach fizycznych i chemicznych w obszarach rozproszonej, przede wszystkim niezjonizowanej materii zwykle niewidocznej w innych zakresach widma elektromagnetycznego. Obecnie zidentyfikowano ponad 70 molekuł w ośrodku międzygwiazdowym i około 50 w otoczkach gwiazd. Większość z nich emituje słabe promieniowanie na falach milimetrowych i krótszych, które jest poza zasięgiem przewidywanych możliwości obserwacyjnych 32 m radioteleskopu (RT). Realne są obserwacje kilku znanych molekuł wykazujących bardzo silne promieniowanie liniowe interpretowane jako wynik akcji maserowej oraz poszukiwania nowych linii maserowych.

Czułość radioteleskopu można oszacować ze wzoru: $\Delta T_{\text{rms}}(\text{K}) = \alpha \gamma T_{\text{sys}} / \sqrt{1.2 \beta t}$ (Ball 1976), gdzie $1 \leq \alpha < 2$, $\gamma = 1.47$ dla 1-bitowego próbkowania, β — rozdzielczość (w Hz), t — czas integracji (s), T_{sys} — temperatura systemu (K). Dla rozdzielczości $\beta = 0.3 \text{ km s}^{-1}$ (wysoka dla większości zastosowań) i czasu integracji $t = 10 \text{ min}$ (typowy dla wielkich teleskopów) szacunkowe czułości RT w trzech pasmach radiowych przedstawia załączona Tabela. Ostrożne oszacowania czułości RT w trybie obserwacji spektroskopowych pozwalają przypuszczać, że względnie łatwa będzie detekcja około 400–500 źródeł związanych z olbrzymami i nadolbrzymami późnych typów widmowych i obiektów OH/IR w pasmach OH (1612.231, 1665.401, 1667.359 MHz), H₂O (22.235 GHz) i SiO (42.82, 43.12 GHz). Znacznie więcej (2–3 razy(?)) powinno być widocznych źródeł związanych z obszarami powstawania gwiazd w pasmach OH, H₂O i CH₃OH (6.6, 12.2 GHz). Przy długich czasach integracji (1–2 godz) z szeroką wstęgą powinny być obserwowalne wzbudzone linie maserowe OH (4.7, 6.0, 13.4 GHz) a nawet słabe linie maserowe innych molekuł.

Główne trendy obserwacyjne w spektroskopii molekuł maserowych w drugiej połowie lat 80-tych i początku obecnej dekady to: (i) przeglądy obiektów IRAS w pasmach OH i H₂O (Arecibo, Bonn, Nançay, Parkes), (ii) obserwacje w skali czasowej 3–4 lat próbek wybranych obiektów (Dwingeloo, Nançay, Green Bank, Haystack, Parkes), (iii) monitorowanie wybranych obiektów (często osobliwych) w skali czasowej powyżej 4 lat. Rezultatem tych prac obserwacyjnych było m.in. odkrycie około 1200 gwiazd OH/IR (asymptotyczna gałąź olbrzymów (AGB)), odkrycie kilkudziesięciu gwiazd z bipolarnymi wypływami (post-AGB), odkrycie kilkuset nowych źródeł w obszarach aktywnego formowania się gwiazd. Odnotowania godne są prace obserwacyjne 32 m radioteleskopem w Bolonii w liniach H₂O i CH₃OH (6.6, 12.2 GHz), które dowodzą przydatności tej klasy instrumentu do prowadzenia przeglądów spektroskopowych obszarów powstawania gwiazd. Zupełnie podstawowe obserwacje o kluczowym znaczeniu dla zrozumienia natury gwiazd OH/IR wykonano 25 m radioteleskopem w Dwingeloo monitorując przez 3–5 lat próbkę około 60 gwiazd (Herman 1983). Do spektakularnych wyników obserwacyjnych należy zaliczyć m.in. detekcje nowych linii maserowych molekuły H₂O w zakresie submilimetrowym (Menten i Melnick 1989), linii 6.6 GHz metanolu (Menten 1991) a także odkrycie fluktuacji promieniowania OH źródeł HII/OH w skali czasowej minut (Clegg i Cordes 1991). Szereg istotnych informacji o naturze promieniowania maserowego i obiektów gwiazdowych dały długoczasowe obserwacje wybranych źródeł (np. Benson i in. 1993).

Najważniejsze cele obserwacji linii maserowych to poznanie: 1) ewolucji gwiazd w najwcześniejszych i najpóźniejszych fazach, 2) mechanizmów utraty masy i własności kinematycznych obszarów maserujących, 3) mechanizmów powstawania molekuł w ośrodku międzygwiazdowym, 4) własności promieniowania koherentnego (m.in. pompowanie, polaryzacja, wzmocnienie konkurencyjne). Obserwacje pojedynczą anteną po-

Tabela. Szacunkowe czułości (3σ) 32 m radioteleskopu dla danych współczynnika sprawności apertury η_a i temperatury systemu T_{sys} .

λ (cm)	Θ_{HPBW} * (')	η_a	T_{sys} (K)	3σ (Jy)
18.	19	0.40	50	2.5
1.35	1.5	0.30	200	3.5
0.7	0.75	0.15	500	10.

* szerokość połówkowa wiązki głównej teleskopu

zwalają również precyzyjnie wyznaczyć odległości, parametry pulsacyjne gwiazd (zwykle niewidocznych optycznie) oraz dają bogaty materiał do badań struktury kinematycznej Galaktyki i rozpraszania promieniowania przez ośrodek międzygwiazdowy.

Priorytetowymi zadaniami RT w dziedzinie spektroskopii powinny być:

- 1) przeglądy protogwiazd i gwiazd z nadwyżką promieniowania podczerwonego (IR) (nie tylko gwiazdy AGB i post-AGB),
- 2) poszukiwanie linii widmowych w jasnych obiektach IR na częstotliwościach powyżej 10 GHz (scany widmowe),
- 3) koordynowane obserwacje optyczne, podczerwone i radiowe wybranych obiektów lub pewnych próbek gwiazd.

Bardzo ważne powinny też być obserwacje małych próbek źródeł mające na celu testowanie szczegółowych problemów i hipotez dotyczących właściwości i mechanizmów generacji promieniowania koherentnego (np: temperatura kinetyczna, makroturbulencje, wzmocnienie konkurencyjne, zmiany stopnia polaryzacji promieniowania (bez pełnych parametrów Stokesa) itd.). Około 80% znanych źródeł maserowych nie było dotąd systematycznie obserwowane, celowe jest zatem podjęcie 3–5 letniego programu monitorowania przynajmniej niektórych z nich. Wynikiem tego projektu powinny być radiowe krzywe blasku na kilku częstotliwościach. Pozwolą one oszacować m.in. podstawowe parametry pulsacyjne i umożliwią weryfikacje hipotez o własnościach ośrodka bez równowagi termodynamicznej.

Literatura

- Ball J.A. 1976, *Methods of Experimental Physics* **12C**, p.46, ed: Meeks M.L., Academic Press.
 Benson P.J. i in. 1993, *Astrophysical Masers*, p.271, eds: Clegg A.W., Nedoluha G.E., Springer.
 Clegg A.W., Cordes J.M. 1991, *ApJ* **374**, 150.
 Herman J. 1983, PhD thesis, Leiden.
 Menten K.M., Melnick G.J. 1989, *ApJ* **341**, L91.
 Menten K.M. 1991, *ApJ* **380**, L75.

Radiowe obserwacje gwiazd symbiotycznych

Dr hab. J. Mikołajewska

Gwiazdy symbiotyczne są oddziałującymi układami podwójnymi o bardzo długich okresach orbitalnych, w których zgodnie koegzystują zaawansowany ewolucyjnie chłodny olbrzym (typu M lub Mira) i gorący, jonizujący materię wokółgwiazdową towarzysz. Tym towarzyszem zazwyczaj jest biały karzeł (w 2 przypadkach gwiazda neutronowa) akreujący materię z wiatru gwiazdowego olbrzyma lub, rzadziej, rozległy dysk akrecyjny

wokół gwiazdy ciągu głównego. Źródłami energii odpowiedzialnej za jonizację materii i aktywność (wybuchy) gwiazd symbiotycznych, oprócz akrecji, mogą być powierzchniowe procesy termonuklearne i fale uderzeniowe na granicy zderzających się wiatrów gwiazdowych — powolnego z czerwonego olbrzyma i szybkiego z jego towarzysza; wreszcie istotnym źródłem energii może być dysypacja energii rotacji silnie namagnesowanego białego karła.

Spośród ponad 150 znanych gwiazd symbiotycznych, ponad 25% jest źródłami emisji radiowej o intensywności powyżej 0.5 mJy (5 GHz), z tego około 20 ma strumienie na poziomie kilku mJy. Widma w większości zbadanych przypadków odpowiadają optycznie grubej emisji termicznej (bremsstrahlung) z punktem przegięcia w zakresie fal milimetrowych i submilimetrowych. Tylko 2 obiekty — R Aqr i RX Pup — są źródłami promieniowania maserowego. Generalnie gwiazdy symbiotyczne są znacznie słabszymi emiterami promieniowania maserowego niż pojedyncze gwiazdy pola o podobnej jasności i typie widmowym. Wiąże się to najwyraźniej z obecnością gorącego towarzysza.

Warto obserwować kilkuletnie zmiany jasności radiowej gwiazd symbiotycznych. Przyczyny zmian mogą być dwojakiego rodzaju: (1) pojaśnienia związane z wybuchami (aktywnością) gorącego składnika, którym często towarzyszą wyrzuty materii — dżety, bipolarnie wypływy; (2) zmiany natężenia emisji radiowej z okresem orbitalnym — dotąd zaobserwowane w jednym obiekcie, AG Peg. Jak dotąd nie prowadzi się systematycznych obserwacji zmienności radiowej tych gwiazd, a wszystkie informacje na ten temat pochodzą z okazjonalnych przeglądów. Interesujące byłoby również prowadzenie skoordynowanych, równoczesnych obserwacji na falach radiowych, w zakresie optycznym (taką możliwość daje np. 90 cm teleskop w Piwnicach, zwłaszcza po wyposażeniu go w Reticon) oraz w ultrafiolecie.

Zdania z dyskusji: Szczególnie atrakcyjnie przedstawiają się obserwacje na bardzo wysokich częstościach — prowadzi się ich bardzo mało, a postęp w zrozumieniu tych obiektów dokonuje się m.in. dzięki teleskopom milimetrowym Pico Valetta, Maxwell i Bonn (100 m). Istnieje luka w obserwacjach między zakresem milimetrowym i centymetrowym.

Możnaby mierzyć polaryzację tych gwiazd. Istnieje wyraźny brak długich ciągów obserwacyjnych, gdyż dotychczasowe obserwacje prowadzono okazjonalnie. Interesujące byłyby jednoczesne obserwacje na różnych teleskopach radiowych i optycznych.

Pola magnetyczne w galaktykach *Dr hab. M. Urbanik*

Istnieje kilka scenariuszy powstawania struktur pola magnetycznego w galaktyce, w których główną rolę odgrywają ramiona spiralne bądź/i efekt dynamo. Przy obecnym stanie obserwacji, weryfikacja teorii daje wyniki niejednoznaczne, a wielokrotnie sprzeczne. Wśród możliwości wykorzystania RT-4 do badań pól magnetycznych galaktyk można wyróżnić:

1) Pomiary całkowitego strumienia galaktyk, z których można wyznaczać integralne przy silnych założeniach średnie natężenie pola magnetycznego. Temu kierunkowi należy jednak przypisać niski priorytet.

2) Pomiary polaryzacji na wysokich częstościach są w zasadzie wolne od efektu Faradaya. Nawet dla pobliskich galaktyk pomiary takie wymagają odpowiedniej zdolności rozdzielczej i czułości przekraczającej możliwości RT-4. Możliwe i wskazane natomiast byłyby takie pomiary w naszej galaktyce, jako komplementarne do podobnych obserwacji w MPIfR w Bonn.

3) Używając RT-4 można wydatnie rozszerzyć próbkę źródeł pozagalaktycznych o znanych miarach rotacji Faradaya, poprzez pomiary polaryzacji na kilku niezbyt odległych częstościach. Odpowiednio gęste pokrycie nieba takimi pomiarami umożliwiłoby testowanie trójwymiarowych modeli galaktycznego pola magnetycznego (np. struktur uzyskiwanych w różnych wersjach teorii dynamo).

4) Rozszerzenie istniejących pomiarów rotacji Faradaya pulsarów wraz z ich miarą dyspersji stanowiłoby ważne rozszerzenie obserwacji omawianych w 3).

5) Wyznaczanie pola magnetycznego z efektu Zeemana dla maserów. Ażeby stwierdzić, czy para linii pochodzi z jednego regionu i uniknąć fałszywych identyfikacji par linii należałoby stosować technikę VLBI.

6) Obserwacje efektu Zeemana w liniach absorpcyjnych HI i OH w kierunku jasnych radioźródeł. Ze względu na małą szerokość linii absorpcyjnych i brak wymagań odnośnie zdolności rozdzielczej, jedynym ograniczeniem jest dostępny czas integracji, byłby to więc atrakcyjny, choć trudny program dla RT-4.

7) Pomiary efektu Zeemana (*single dish*) dla maserów H₂O i CCS w zakresie mikrofalowym (gdzie RT-4 posiadałby odpowiednią zdolność rozdzielczą); udane próby przeprowadzono ostatnio w MPIfR w Bonn.

8) Badanie struktur pola magnetycznego w małej skali, np: helikalne skręcanie pola, w regionach formowania się gwiazd, poprzez kompleksowe obserwacje metodami 3)–7) specjalnie wybranych grup obiektów w małych wzajemnych odległościach kątowych w pobliżu znanych regionów gwiazdotwórczych (W3, Orion Complex, Monoceros etc.). Programy 6) i 7) wymagałyby dużego zaangażowania inwestycyjnego w aparaturę.

Dyskusja: Pomiary polaryzacji w naszej Galaktyce na fali 6 cm we współpracy z MPIfR w Bonn, gdzie w trakcie realizacji jest analogiczny przegląd na fali 11 cm, pozwoliłyby na konstrukcję mapy rotacji Faradaya w naszej Galaktyce. Program taki miałby szczególne wsparcie MPIfR w Bonn i mógłby być rozpoczęty niemal natychmiast.

Nikt nie badał 3-wymiarowej struktury pola, wymaga to zebrania większej statystyki polaryzacji i rotacji Faradaya źródeł pozagalaktycznych — istnieją prywatne zbiory obserwacji, ale nie zostały i prawdopodobnie nie będą opracowane, ze względu na duży nakład pracy.

Pojedynczym teleskopem można dobrze mierzyć rotację Faradaya poprzez integralne pomiary polaryzacji, ze względu na brak ostrych wymagań co do zdolności rozdzielczej. Gdyby mieć dużą czułość na wysokich częstościach (fale 6, 2.8 cm i krótsze) można by mierzyć polaryzację źródeł położonych blisko siebie. Źródeł takich na 2.8 cm jest może tysiące.

Efekty wynikające z prześwietlania M31 i M33 przez odległe radioźródła. RT-4 można by użyć do tego celu na fali 2.8 cm, a warto spróbować na 1.35 cm.

Radioźródła w gromadach galaktyk

Dr J. Krempeć-Krygier (z Dr B. Krygierem)

Obserwacje radioźródeł w gromadach galaktyk (np. Ball *et al.* 1993, Ellingson *et al.* 1991, Hutchings *et al.* 1993) wskazują, że różnią się one morfologicznie od izolowanych radioźródeł wskutek oddziaływania z międzygalaktycznym/wewnątrzgromadowym ośrodkiem (IGM/ICM). Mało jest klasycznych podwójnych radioźródeł a gros stanowią radioźródła o zakłóconych strukturach radiowych, tzw. *head-tail*, *wide-angle-tailed* (WAT's) czy całkowicie amorficzne radioźródła.

25% rodzimych galaktyk związanych z centralnymi radioźródłami posiada wielokrotne jądra, często o znacząco różniących się prędkościach radialnych. Jeśli jest to wynik kanibalizmu, czyli wychwytu przechodzących pobliskich galaktyk, to wychwycona galaktyka byłaby widoczna w ciągu jednego okresu orbitalnego, czyli około $3 \cdot 10^9$ lat.

Pomiary prędkości radialnych wielu galaktyk w gromadach galaktyk oraz obrazy ich promieniowania X wykonane przez ROSAT-a wykazują, że znaczący ich ułamek posiada podstruktury w rozkładzie galaktyk, prędkości radialnych i/czy gorącego (IGM/ICM) gazu. Do tej grupy gromad galaktyk należy również Coma (Briel *et al.* 1992), dotychczas rozważana jako zrelaksowana, zwiralizowana gromada w dynamicznej równowadze.

Numeryczne symulacje ewolucji gromad galaktyk (Evrard 1990) oraz 3-wymiarowe hydrodynamiczne symulacje przenikania/zderzenia (*merging/collision*) gromady galaktyk z podgromadą (*cluster – subcluster merger*; Roettiger *et al.* 1993) wskazują, że zależnie od fazy przenikania obserwujemy rozdzielone podwójne podstruktury w obrazach promieniowania X gromad galaktyk lub jedynie wydłużone struktury (IGM/ICM) gazu wzdłuż kierunku przenikania. Takie dynamiczne zachowanie się (IGM/ICM) gazu będzie kształtowało morfologie radioźródeł w gromadach galaktyk.

Ukierunkowane strumienie plazmy radiowej (*jets*) mogą być zagięte przez ciśnienie oporu (*ram pressure*) ICM gazu wywołane pekularnym ruchem rodzimej galaktyki względem centroida gromady galaktyk (NAT's — radioźródła *narrow-angle-tail*) lub procesem przenikania/zderzenia dynamicznych podstruktur gromady galaktyk (WAT's; Pinkney *et al.* 1993, Krempeć-Krygier & Krygier 1994, Burns *et al.* 1994). Mogą one być również porozrywane i posiadać fragmentaryczną strukturę w parsekowych skalach wskutek różnego rodzaju niestabilności i fal uderzeniowych oraz turbulencji powstałych podczas zderzeń podstruktur gromady, oddziaływania sąsiednich galaktyk i strumieni chłodzenia (*cooling flows*) (Böhringer *et al.* 1993, Sarazin *et al.* 1992, Zhao *et al.* 1993, Feretti *et al.* 1993). Ponadto turbulencja gazu wywołana przez przenikanie może przyspieszać cząstki i przedłużyć czas życia *radio tails*.

Obserwacje radiowe o dużych zdolnościach rozdzielczych (VLBI) na wielu częstotliwościach jąder (*core*), wewnętrznych *jetów* i gorących plam (*hot spots*) wybranych radioźródeł w odległych gromadach galaktyk (o różnych z) w powiązaniu z obserwacjami promieniowania X gorącego (IGM/ICM) gazu pozwolą lepiej zrozumieć oddziaływanie plazmy radiowej z otoczeniem oraz poznać fizyczne warunki w pobliżu jąder tych radioźródeł.

Literatura

- Ball R., Burns J.O., Loken Ch., 1993, *AJ* **105**, 53
Böhringer H. *et al.*, 1993, *MNRAS* **264**, 25
Briel U.G., Henry J.P., Böhringer H., 1992, *A&A* **259**, L31
Burns J.O., Rhee G., Owen F.N., Pinkney J., 1994, *ApJ*, March 1
Ellingson E., Green R.F., Yee H.K.G., 1991, *ApJ* **378**, 476
Evrard A.E., 1990, *ApJ* **363**, 349
Feretti L. *et al.*, 1993, *ApJ* **408**, 446
Hutchings J.B., Crampton D., Persiam D., 1993, *AJ*, Oct.
Krempeć-Krygier J., Krygier B., 1994, *A&A* (oddane do druku)
Pinkney J. *et al.*, 1993, *ApJ* **416**, 36
Roettiger K., Burns J., Loken Ch., 1993, *ApJ* **407**, L53
Sarazin C.L., O'Connell R.W., Mc Namara B.R., 1992, *ApJ* **389**, L59
Zhao J-H., Sumi D.M., Burns J.O., Duric N., 1993, *ApJ* **416**, 51
-

Dyskusja

Prof. W. Iwanowska: Panują dwie koncepcje ewolucji materii we Wszechświecie: (1) kolaps i (2) fragmentacja. Profesora wyraziła i uzasadniła zdecydowane poparcie dla idei drugiej zauważając m.in., że kwazary są otoczone zwartymi gromadami galaktyk, zaś starsze struktury są bardziej rozproszone.

JK–K (Dr J. Krempeć–Krygier): Obserwujemy gromady galaktyk typu Bautza – Morgana II, III; gdzie brak jest centralnych olbrzymich galaktyk typu cD (typ B–M I). Dopiero w wyniku hierarchicznego gromadzenia się podstruktur gromady galaktyk i wychwytu galaktyk eliptycznych powstają gromady galaktyk typu B–M I. Na przenikanie się podstruktur gromad galaktyk wskazują współczesne obrazy X wykonane przez ROSATa. Potrzeba nam obrazu gromad galaktyk na różnych długościach fal (nie tylko radiowych).

Prof. J. Machalski: Czy zamierzacie prowadzić obserwacje VLBI radioźródeł w gromadach Abella, które są już wystarczająco szeroko przebadane?

JK–K: Zamierzamy obserwować głównie kwazary i radiogalaktyki w odległych gromadach galaktyk. Propozycje obserwacji VLBI dwóch kwazarów w gromadach galaktyk o $z = 0.551$ i 0.927 zostały już złożone wspólnie z Prof. A.Kusem.

Prof. R. Wielebinski: Mogą pomóc również podczerwone obserwacje. Istnieje radiowy katalog gromad — przegląd Condon. Radiowe katalogi gromad często nie mają identyfikacji optycznych. W gromadach galaktyk mogą istnieć względnie silne pola magnetyczne.

JK–K: Czy katalog Condon jest już dostępny, gdyż w preprincie NRAO z 1993 r. podawano, że jeszcze nie jest. Pola magnetyczne rzędu kilku czy dziesiątek μG obserwuje się w gromadach galaktyk, np. w radiogalaktyce 3C295, w gromadzie galaktyk o $z = 0.46$, typu F–R II, ciśnienie (ICM) gazu nie wystarcza do utrzymania *hot spots* i konieczne jest pole magnetyczne rzędu 0.69 mG .

Dr J. Usowicz: Czy można otrzymać pakiety oprogramowania do redukcji obserwacji?

Prof. R. Wielebinski: Pakiety oprogramowania do redukcji obserwacji pojedynczymi teleskopami można otrzymać od poszczególnych osób i instytucji.

AGN — zmienność radiowa Prof. dr hab. J. Machalski

Prof. Machalski przedstawił obecny stan badań w tej dziedzinie i zaproponował następujące obserwacje jąder aktywnych galaktyk:

- (1) możliwie ciągle monitorowanie całkowitego strumienia wybranych AGNów, oraz ich strumienia spolaryzowanego przynajmniej w dwóch ortogonalnych płaszczyznach
- (2) pomiary struktury w skali milisekundowej (kątowej) tych AGNów w przypadku zaobserwowania szybkich zmian strumienia promieniowania (jak w pkt.1).

Cele:

- (1) Badanie STATYSTYCZNYCH przejawów aktywności, w szczególności zmienności struktury i strumienia promieniowania, w oparciu o dane obserwacyjne w szerokim zakresie widma fal E–M.
- (2) Rozwój istniejących modeli fizycznych w celu przewidywania STATYSTYCZNYCH parametrów aktywności jąder galaktyk.

Zadania:

- (1) Badanie charakteru „krzywych zmian” strumienia radiowego, amplitudy tych zmian oraz ich skali czasowej w funkcji (a) częstotliwości obserwacji, (b) typu optycznego i (c) widma radiowego.

(2) Uzupełnianie podobnych badań prowadzonych dla WYBRANYCH próbek AGNów w University of Michigan (USA) oraz w Metsahovi Radio Research Station (Finlandia).

(3) Zbieranie JEDNORODNYCH danych obserwacyjnych dla testowania teoretycznych modeli aktywności AGNów.

Propozycje technik obserwacyjnych:

• Aparatura: Do badań zmienności AGNów potrzebny byłby odbiornik dwukanałowy i dwupasmowy na pasma: 6 cm i 2.8 cm (lub 3.6 cm i 2 cm) z możliwością pomiaru dwóch ortogonalnych składowych polaryzacji. Oba odbiorniki powinny być wyposażone w POWÓJNE IDENTYCZNE oświetlacze (feeds) umieszczone symetrycznie „off-axis” we wtórnym ognisku 32 m anteny, zapewniające pomiary z „przełączaną wiązką”. Umieszczenie 2 par oświetlaczy w konfiguracji rombu umożliwi: (a) RÓWNOCZESNE pomiary strumienia w obu pasmach, oraz (b) automatyczny tryb pracy radioteleskopu. Bardzo cenna byłaby możliwość rotacji oświetlaczy; ten wymóg może być jednak nieistotny jeżeli programowalne sterowanie anteny będzie bez zarzutu.

• Tryb pracy: Automatyczne, programowalne skanowanie w płaszczyznach przechodzących przez pary oświetlaczy w systemie przełączania wiązek („beam switching”), umożliwiające korekty mierzonego strumienia w przypadku zaistnienia nieuniknionych błędów „pointingu” anteny.

W dyskusji stwierdzono m.in.:

Scyntyllacje międzygwiazdowe obserwuje się na długich falach; powyżej 1 GHz ($\lambda = 30$ cm) można je pominąć.

Możnaby wykorzystać metodę opracowaną przez dr Z. Turło do mierzenia polaryzacji instrumentalnej z dokładnością 1° w trzech wymiarach.

Potrzebny byłby polarymetr. Mogliby się o niego postarać Krakowiaczy w ramach grantu KBN.

Wykorzystanie 32 m anteny do VLBI

Prof. dr hab. A.J. Kus

1. Co to jest VLBI?

Very Long Baseline Interferometry (VLBI) — radiowa interferometria wielkobazowa lub globalny instrument do syntezy apertury to nazwa techniki — instrumentu stosowanego we współczesnych badaniach astronomicznych o najwyższych parametrach operacyjnych. Dla syntezy apertury radioteleskopu równoważnej średnicy Ziemi niezbędny jest równoczesny udział największych radioteleskopów wyposażonych w specjalistyczną aparaturę odbiorczą, rejestracyjną i atomowe wzorce czasu. Sygnały rejestrowane niezależnie w każdej uczestniczącej stacji obserwacyjnej zapisuje się na nośnikach magnetycznych (taśmach) z szybkością do 1.2 Gbitów na sekundę. Równoczesny odczyt wszystkich zapisów w tzw. procesorze VLBI pozwala wzajemnie korelować sygnały zarejestrowane przez każdą stację VLBI. Proces ten jest równoważny fizycznemu połączeniu radioteleskopów ze sobą w system anten do rotacyjnej syntezy apertury. W efekcie korelacji i długiego, wymagającego dużych mocy obliczeniowych, procesu redukcji danych otrzymuje się radiowe obrazy obserwowanych obiektów z rozdzielczością kątową ($10^{-5} - 10^{-3}$ sekundy łuku) — taką, jaką miałby radioteleskop o średnicy globu ziemskiego. Czułość VLBI wynika z całkowitej powierzchni zbierającej uczestniczących anten i wynosi od 0.1 do 10 mJy.

Organizacją i koordynacją prac badawczych za pomocą VLBI zajmują się w Europie *European Consortium for VLBI* (EVN) i *JIVE — Joint Institute for VLBI in Europe*,

a w USA NRAO — *National Radio Astronomy Observatory* i sieć VLBA. Kraje takie jak Japonia, Chiny, Australia i inne uczestniczą na zasadzie dobrowolnego stowarzyszenia. Wiele z nich rozwija swoje własne sieci VLBI. Udział naszego kraju, jedyne w całej Europie środkowo-wschodniej, odbywał się dotychczas na zasadach stowarzyszenia z EVN. Uruchomienie nowej anteny i jej wyposażenie w najnowszej generacji terminal VLBI ze środków europejskich otwiera drogę do pełnej integracji naukowej i organizacyjnej z Europejskim Konsorcjum VLBI.

2. Podstawowy cel budowy nowej anteny i jej wyposażenie pod kątem potrzeb VLBI

Projekt budowy 32 m anteny był integralnie związany z budową nowej stacji VLBI. Głównym programem badawczym stawianym do osiągnięcia w ramach tego zadania inwestycyjnego było uczestnictwo w europejskich i światowych programach VLBI. Zarówno dobór parametrów anteny jak i sposób jej sterowania, a także zakupione oraz budowane wyposażenie, były i nadal są podporządkowane w pierwszej kolejności potrzebom VLBI. Program ten przyniósł i przynosić będzie najwięcej wymiernych korzyści naukowych i materialnych. Zapewni on dostęp do najnowszych technologii, metod, oprogramowania i nauki na poziomie światowym. Przykładem są tu urządzenia odbiorcze używane na 15 m antenie otrzymane z ośrodków europejskich, dostęp do dokumentacji urzędów i rozwiązań konstrukcyjnych wysokiej klasy aparatury i samych anten, a także znaczące wsparcie finansowe z Unii Europejskiej (*European Community*). Aktualnie budowane systemy odbiorcze, zakup atomowego wzorca częstotliwości oraz zakup terminala VLBI MkIV spełniają wszystkie warunki stawiane najnowocześniejszej stacji VLBI. Dalszy rozwój aparaturowy będzie w głównej mierze podporządkowany wytycznym VLBI i sugestiom EVN.

3. Proponowany program badawczy

a) WSPÓŁPRACA Z EVN – JIVE

W ramach współpracy z EVN przewidujemy przeznaczenie około 30% całego czasu obserwacyjnego anteny dla VLBI. Będzie to realizacja wspólnych programów badawczych zaakceptowanych przez *EVN Program Committee* i *EVN Director's Board*. Wspomniane 30% czasu obejmie także udział w kosmicznych programach VLBI (Radioastron i VSOP). W ramach tej podstawowej aktywności czas uzyskiwany dla własnych projektów jest przyznawany na dokładnie takich samych zasadach jak dla pozostałych użytkowników sieci. Pisanie odpowiednio uzasadnionych propozycji naukowych jest jedyną drogą na uzyskanie dostępu do instrumentu i danych. Dla astronomów z Polski i Węgier pojawiła się ostatnio możliwość uzyskania dodatkowego czasu na EVN, poza normalnie przyjętą procedurą. Katedra Radioastronomii UMK oraz Instytut Geodezji w Budapeszcie z programu *Access to Large Scale Facilities* otrzymały łącznie 7 dni obserwacyjnych na okres najbliższych 3 lat.

Prace realizowane z wykorzystaniem EVN i globalnej VLBI dotyczą głównie obserwacji jąder kwazarów i galaktyk, maserów gwiazdowych i międzygwiazdowych, radiogwiazd, SNR i materii międzygwiazdowej.

b) PROGRAMY WŁASNE

Rozwijane od kilku lat własne programy badań kwazarów CSS (*Compact Steep Spectrum*) przyniosły już wartościowe wyniki naukowe; umożliwiły one także rozwój młodej kadry naukowej. Zamierzamy kontynuować badania w tej tematyce. Ostatnio złożone zostały 2 nowe projekty obserwacji kwazarów 3C309.1 i 3C380. Nadal prowadzone są analizy danych uzyskanych w 4 sesjach globalnych na częstotliwości 8.4 GHz. Przedstawiono dowody na obecność dużego ruchu nadświetlnego w 3C309.1 oraz szczegółowe wyniki dotyczące przepływu w dziecie kwazara 3C380 w skalach parsekowych od jądra.

Planuje się kontynuację współpracy w VLBI na falach milimetrowych poza oficjalną siecią VLBI. Rozważane są koncepcje pracy badawczej prowadzonej wspólnie z Włochami (Bologna) i Szwedami (Onsala) z wykorzystaniem terminali MkIIc i korelatora w Bolonii. Prace te miałyby na celu systematyczne monitorowanie zmienności kilku najsilniejszych kwazarów (np. 3C273, 3C345). Prowadzimy i zamierzamy rozwinąć spektralne badania VLBI pewnych wyewoluowanych gwiazd przez analizę ich akcji maserowej OH. Projekt we współpracy z P. Diamondem z NRAO jest w trakcie opracowania otrzymanych z obserwacji wyników. Wspólnie z prof. R. Wielebinkim z MPIfR Bonn zgłaszamy nowatorski projekt trójwymiarowej analizy własności materii międzygwiazdowej w Naszej Galaktyce poprzez obserwacje pulsarów i radioźródeł pozagalaktycznych. Zarówno proponowana metoda jak i dziedzina badań jest unikalnym i nowym podejściem gwarantującym uzyskanie wysokiej klasy wyników naukowych.

4. Kierunki i perspektywy dalszego rozwoju badań VLBI

Naszym celem jest pełne członkostwo w *European Consortium for VLBI* i szeroko pojęta integracja z wiodącą nauką europejską. Zamierzamy rozwinąć naukowo znaczące programy VLBI z MPIfR w Bonn (RFN), z NRAO w Jodrell Bank (Anglia) oraz kontynuować rozpoczętą współpracę z OSO w Onsali (Szwecja). Współpraca z JIVE przyniesie korzyści w postaci funduszy na wspólne zadania naukowe, wyjazdy, staże i aparaturę, a w niedalekiej przyszłości również dostęp do europejskiego korelatora VLBI. Będziemy nadal prowadzić indywidualną współpracę z ośrodkami w USA (Caltech, NRAO), a także uczestniczyć w rozwoju VLBI na falach najkrótszych (7 i 3 mm). Pojawiająca się możliwość współpracy w kosmicznych programach VLBI będzie wnikliwie analizowana, a jeśli przyniesie wymierne korzyści naukowe dla ośrodka i ludzi, wykażemy większe zainteresowanie jej perspektywami.

Dyskusja:

Dostrzega się wielką wagę pomiarów polaryzacyjnych w obserwacjach VLBI.

Obecnie brak jest korelatora do redukcji obserwacji z terminalami Mark II.

Stacja toruńska otrzymała 7 dodatkowych (poza normalnym tokiem akceptowania *propozali*) dni na propozycje obserwacji siecią EVN w ciągu najbliższych trzech lat. Nie wolno jednak wykorzystywać tej możliwości nieroztropnie — propozycje powinny być tak samo dobrze uzasadnione, jak w normalnym trybie.

W przypadku obserwacji widmowych (np. linii OH) czas od obserwacji do otrzymania wyników jest bardzo długi (nawet więcej niż rok).

Możliwości wykorzystania 32 m anteny w geodezyjno-astrometrycznej VLBI

Dr K.M. Borkowski

Zastosowania VLBI w astrometrii

- Realizuje się inercjalny układ odniesienia zawierający współrzędne ok. 450 źródeł wyznaczone z dokładnością > 0.1 mas.
- Prowadzi się systematyczne nawiązania układu VLBI opartego na źródłach pozagalaktycznych do galaktycznego układu HIPPARCOSA przez obserwacje VLBI 11 gwiazd.
- Metodami różnicowymi mierzy się ruchy własne wzajemnie bliskich źródeł i ich składników (dokładność $\sim 10 \mu\text{as}$).
- Pomiaru ugięcia światła w grawitacyjnym polu Słońca, dzięki dużej statystyce obserwacji, pozwalają na mocne testy teorii względności.

- Duże znaczenie będą miały rzadkie jeszcze pomiary położen i paralaks pulsarów.
- Wyznaczanie skali odległości pozagalaktycznych przez pomiar stałej Hubble'a z ekspansji supernowych (optyczne ruchy radialne, a VLBI — transversalne).

Zastosowania VLBI w geodezji

- Wyznaczanie współrzędnych punktów referencyjnych anten z dokładnością < 1 cm.
- Pomiary ruchów stacji związanych z tektoniką płyt (~ 0.1 cm/rok).
- Od 1988 r. służba ruchu bieguna oparta jest o obserwacje VLBI (obok pomiarów laserowych).
- Wyznaczanie długości doby (~ 0.1 ms), na którą wyraźny wpływ mają pływy i moment atmosfery.
- Pomiary parametrów pływowych (liczb Love'a).
- Wyznaczanie poprawek do teorii nutacji i precesji. Obserwacje VLBI wykazały, że obecna teoria ma błędy na poziomie milisekund łuku.

Kto to robi?

- Zorganizowane sieci USA: IRIS (NGS), NAVNET (USNO), TEMPO (JPL).
- Stacje w Europie: Wettzell, Onsala, Medicina, Noto, Matera, Ny-Alesund (Norwegia) oraz anteny mobilne.
- Ponadto aktywne są: Japonia, Australia, Kanada, ...

Wymagania aparaturowe

- Będą: teleskop RT4, wodorowy wzorzec częstości, terminal VLBI Mark III/IV.
Należałoby wystarać się jeszcze o:
 - o kosztowne dbiorniki S/X (2.3/8 GHz); istnieje możliwość ich wypożyczenia,
 - o stację meteo do pomiarów temperatury, wilgotności, ciśnienia i ewentualnie radiometru do mierzenia zawartości H₂O (jest to również kosztowny przyrząd).

Stopień zaangażowania Katedry

- o Regularne obserwacje, np. doba na tydzień (miesiąc?), w sieci typu IRIS.
- o Nieregularny (może dwa razy w roku po kilka dni) udział w kampaniach europejskich.
- o Okazjonalnie (rzadko) inne prace (wg *propozali*), np. obserwacje supernowych.

Korzyści i spodziewane publikacje

- + Wyznaczenie dokładnej pozycji anteny, co daje punkt odniesienia dla całej Polski.
- + Włączenie się do współpracy z przodującymi ośrodkami świata.
- Mało byłoby publikacji indywidualnych, ponieważ są to głównie obserwacje rutynowe.

Wniosek:

*Samej Katedrze to się nie opłaca, gdyż korzyści jest mało przy dużym wysiłku!
Trzeba zainteresować innych — może CBK w Warszawie, Obserwatorium w Poznaniu?*

Dyskusja: Czy Polska leży na tej samej płycie tektonicznej co Wettzell? Tak się generalnie sądzi ale, jak zauważył Prof. Gorgolewski, polscy geofizycy dowodzą, że przez Polskę biegnie granica między częścią zachodnią i wschodnią tzw. płyty euroazjatyckiej.

Doc. dr hab. K. Kurzyńska uznała za ważne dla innych polskich obserwacji geodezyjno-astrometrycznych (m.in. z wykorzystaniem satelitów GPS), aby toruńska antena miała dokładne nawiązanie współrzędnych techniką VLBI do ziemskiego układu odniesienia IERS.

Układ odniesienia współrzędnych na niebie uzyskany z HIPPARCOSA będzie się stopniowo degradował. Z tego powodu potrzebny będzie długofalowy program nawiązywania tego układu do układu pozagalaktycznego poprzez obserwacje VLBI wybranych gwiazd.

W Krakowie na AGH doc. Góral jest zainteresowany zastosowaniem toruńskiego teleskopu do celów geodezji.

PODSUMOWANIE PROF. R. WIELEBINSKIEGO

1. W Polsce, jak widzieliśmy, jest dostateczna ilość zainteresowanych wykorzystaniem radioteleskopu.
2. Nie będzie to łatwe, ale warto podjąć ryzyko przystosowania teleskopu do pomiarów polaryzacji.
3. Poza VLBI, RT-4 będzie miał szansę dawać obserwacje na poziomie światowym.
4. Trzeba precyzyjniej określić kierunki badań i stworzyć odpowiednie grupy ludzi. Należy też włączyć się do programów światowych.
5. Jest ważne, aby znaleźć nowe kierunki badań i dać się poznać w międzynarodowym środowisku astronomów.
6. Warto zapraszać *visitors-lecturers* na ograniczone okresy, którzy na miejscu lepiej zorientują się w sytuacji i łatwiej będzie nawiązać rzeczową współpracę. Jest to efektywniejsze niż działania na szczeblu dyrektorów.
7. W astronomii jest łatwy dostęp do wiadomości i do części aparaturowych, ale trzeba wiedzieć z kim należy się kontaktować.
8. Należy zwrócić uwagę na możliwość korzystania z komputerowych baz danych; dobrze trzeba przemyśleć sposób ich wykorzystania.
9. W praktyce obserwacji galaktyk w liniach CO niekiedy kilka grup robi to samo, co prowadzi do problemów. Najlepiej omówić nowe przedsięwzięcia z partnerami.
10. Nowe podejścia, nowe metody i nowe instrumenty dają unikalne wyniki.
11. W VLBI trzeba poszukiwać nowych kierunków badań.
12. Trzeba zadbać o to, aby rutynowe obserwacje zbytnio nie przepełniły czasu pracy RT-4. Należy też uczyć się i eksperymentować; zapewnić czas na programy, które niekoniecznie przewidują uzyskanie pozytywnych wyników, które są ryzykowne.
13. Należy zorganizować grupę wspierającą naukowo i technicznie użytkowników RT-4.
14. Należy rozwinąć współpracę między Piwnicami i użytkownikami, którzy będą pomagać w zdobywaniu grantów i przygotowaniu aparatury.
15. Powinny odbywać się regularne spotkania użytkowników RT-4.
16. Ciągłe trzeba rozwijać technikę związaną z teleskopem. Na etapie projektów technicznych powinni zacząć już współpracę inni użytkownicy.

Projekty mające największe szanse realizacji:

- 1) VLBI.
- 2) Polarymetr na 6 cm z grantu KBN; *proposal* Krakowa.
- 3) Monitorowanie radioźródeł szybkozmiennych — projekt Krakowa (J. Machalski) nie wymagający poważniejszych nakładów.
- 4) Skanowanie Drogi Mlecznej pod kątem 45° w dwóch prostopadłych kierunkach z dużą separacją *hornów* (tub) — propozycja M. Urbanika; przy dobrej pogodzie powinno się robić pomiary *total power*, a przy złej — *beam switching*.
- 5) Monitorowanie pulsarów.

Dodatkowe finanse mogłyby pochodzić z Brukseli (granty EC), pod warunkiem, że projekty wywodzą się z trzech instytucji.

UWAGI KOŃCOWE PROF. A.J. KUSA

Wielomiliardowe nakłady z budżetu państwa łożone na budowę i wyposażenie aparaturowe nowego radioteleskopu obligują nas do udostępnienia tego nowoczesnego i unikalnego przyrządu wszystkim astronom z krajowych ośrodków akademickich i PAN, którzy potrafią i zechcą wykorzystać go dla realizacji swoich zamierzeń badawczych. Pamiętać jednak trzeba, że utrzymanie takiego instrumentu w pełnej sprawności i jego modernizacja nakładają na Katedrę Radioastronomii i UMK niezwykle wysokie wymagania. Bez szerokiej współpracy z użytkownikami radioteleskopu nie będzie możliwe sprawne „świadczenie usług”. Spodziewamy się poważnego zaangażowania potencjalnych użytkowników radioteleskopu nie tylko w finansowanie naszej działalności, ale także we współuczestniczenie w zorganizowaniu najlepszej możliwej struktury przyszłego centrum radioastronomii. Do czasu powołania takiego centrum potrzebne będzie rozsądne uczestniczenie w kosztach utrzymania poprzez granty indywidualne i SPUB ze środków pozyskiwanych z KBN-u. Nie mam tu na myśli wspierania finansowego Katedry przez inne ośrodki krajowe, ale przede wszystkim zakupy i budowę, w ramach lokalnych możliwości, specjalistycznej aparatury przeznaczonej dla wykonania proponowanego przez siebie programu badawczego.

Zaplecze hotelowe i socjalne stwarza unikalne warunki dla organizowania spotkań roboczych i np. szkoły radioastronomii w okresie letnich wakacji. Takie szkoły mogą mieć charakter międzynarodowy i przyczynić się do większej popularyzacji technik radioastronomii, lepszego użycia 32 m radioteleskopu oraz umocnienia współpracy z zagranicą. Z tej szansy trzeba korzystać częściej. Prowadzenie obserwacji na miejscu będzie przynajmniej w pierwszym okresie wysoce pożądane. Wspomniane zaplecze hotelowe oraz lokalne centrum obliczeniowe powinny (przy odpowiedniej modernizacji tego ostatniego) całkowicie zaspokoić wysokie wymagania gości-obszerników.

Spotkanie robocze poświęcone możliwościom badawczym, jakie tworzy nowy 32 m radioteleskop pokazało duże zainteresowanie i dobre przygotowanie uczestników. Przedstawione programy i propozycje obserwacyjne, a także żywa dyskusja, która nie znajduje pełnego odzwierciedlenia w streszczeniach załączonych do niniejszego sprawozdania, potwierdziły iż będziemy musieli racjonalnie i selektywnie przydzielać czas na teleskopie. Liczba potencjalnych użytkowników i programów jest bowiem dużo wyższa niż początkowo zakładaliśmy. Narada pozwoliła dokonać wstępnych ustaleń dotyczących niezbędnych przygotowań dla nowych programów, takich jak np. pomiary polaryzacji promieniowania czy długoczasowych obserwacji zmienności AGN-ów. W rezultacie pewne zaproponowane rozwiązania techniczne w systemach odbiorczych i rejestracji danych z radioteleskopu będą zmodyfikowane w taki sposób, aby wspomniane wcześniej programy mogły być lepiej i łatwiej zrealizowane.

Będziemy wspierać unikalne i nowatorskie pomysły, które mogą nie przynieść natychmiastowych znaczących wyników, ale w końcowym rozrachunku mogą mieć istotny wpływ na przecieranie szlaków dla nowych programów i nowych metod obserwacji.

Narada robocza była pierwszą i spodziewamy się już w przyszłym roku przekształcić ją w naradę użytkowników anteny. Mamy nadzieję, że coraz większa rzesza polskich astronomów przyjaznym działaniem będzie wspierać rozwój badań radioastronomicznych i aktywnie wykorzysta szansę jaką tworzy obecność nowoczesnego instrumentu badawczego w naszym kraju.

Serdecznie dziękuję gościom za przybycie i aktywny udział w naradzie oraz pracownikom Katedry Radioastronomii za pomoc w jej organizacji. Szczególne słowa podziękowania należą się Prof. Richardowi Wielebinskiemu za inicjatywę zwołania takiego spotkania, za udział i za merytoryczny wkład.

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 paraboli [†]	$r = \sqrt{4f(f-z)} = 2f \operatorname{tg}(\Theta/2)$	

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	$\alpha = \arccos(a/c) = \arccos \frac{F-f}{F+f}$	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.

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	$224 \times (120 \div 160)$ cm
Dokładność wykonania paneli czaszy (rms)	$<0,35$ mm
— ustawienia względem wzorca obrotowego (rms)	1,0 mm
— czaszy po ostatecznej justacji radioastronomicznej (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	$+2 \div +95^\circ$
— — — — azymutu (od południka)	$\pm 270^\circ$
— ruchu subreflektora wzdłuż osi	± 60 mm
— obrotu subreflektora wokół dwóch osi	$\pm 5^\circ$
Szybkość ruchu czaszy w osi wysokości	$0,004 \div 14,7^\circ/\text{min}$
— — — — azymutu	$0,008 \div 31^\circ/\text{min}$
Dokładność śledzenia (w obu osiach)	$0,002^\circ$
Blokowanie apertury przez subreflektor i jego podpory	8 %
Obciążenie na torowisku	~ 530 t
— na osi wysokości (bez balastu przeciwwagi, ~ 90 t)	~ 230 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	$-25 \div +35^\circ\text{C}$



32-metrowy radioteleskop
Stan z lutego 1994 r. (foto: *S. Krawczyk*)