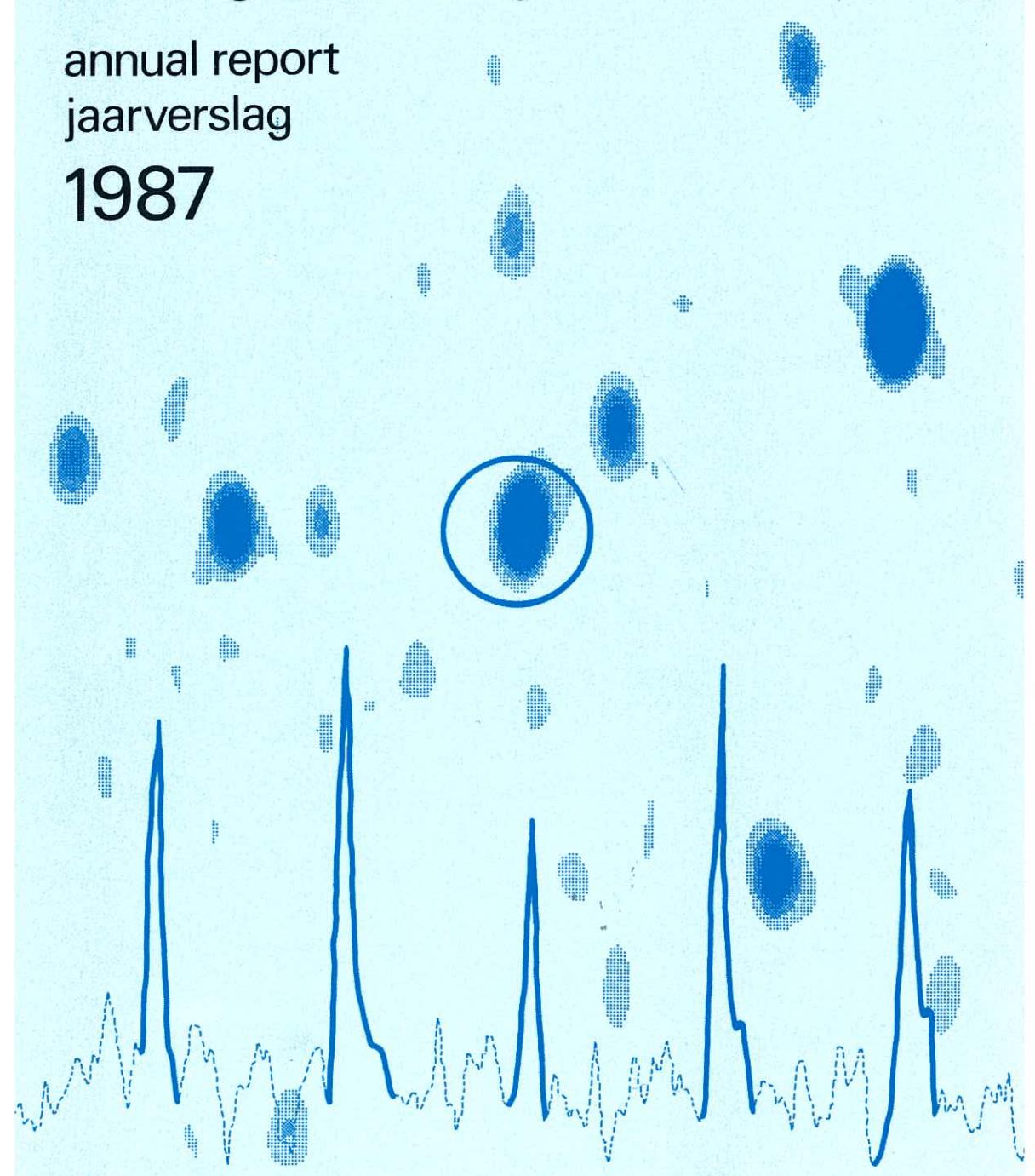


netherlands foundation for radio astronomy
stichting radiostraling van zon en melkweg

annual report
jaarverslag

1987



Bij de omslag

92 cm kaarten van een gebied gecentreerd op een pulsar (in de cirkel) waargenomen met de WSRT in de speciale synchrone mode. De voorkant vertoont gegevens verzameld op tijdstippen dat de puls "aan" was; op de achterkant ziet men een kaart gemaakt van gegevens tussen de pulsen: er is geen emissie van de pulsar te bespeuren, maar de achtergrond bronnen zijn onveranderd. Het grafiekje toont de emissie van de pulsar waargenomen met de WSRT als tied-array op 92 cm. (Zie ook paragraaf 3.1).

Cover

92 cm maps of a region of the sky centered on a pulsar (in the circle), observed with the WSRT in the special synchronous mode. The front cover shows a map made from the channel which sampled the pulsed emission, while the map on the back cover resulted from sampling between the pulses: no emission can be seen from the pulsar, although the background sources are the same. Along the bottom a plot is given of pulsar intensity emission observed by the WSRT in tied-array mode at 92 cm. (See also paragraph 3.1).

STICHTING RADIOSTRALING VAN ZON EN MELKWEG

NETHERLANDS FOUNDATION FOR RADIO ASTRONOMY

Radiosterrenwacht Dwingeloo
Postbus 2,
7990 AA DWINGELOO
tel. 05219-7244
telex: 42043 srzm nl
telefax: (31)5219-7332 NFRA
X25 PSDN: (0204)1521004
E-mail: PSI%02041521004::SYSTEM,
SRZM@HLERUL51.BITNET,
SURFnet: RZMVX1::SYSTEM

Radiosterrenwacht Westerbork
Schattenberg 1,
9433 TA ZWIGGELTE
tel. 05939-421
telex: 53621 raobs nl

De Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg wordt gesubsidiëerd door de Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek (NWO) te Den Haag.

The Netherlands Foundation for Radio Astronomy is financially supported by the Netherlands organization for scientific research (NWO) in The Hague.

TABLE OF CONTENTS

	Page
Table of contents	
1. <u>REPORTS OF THE BOARD AND THE PROGRAM COMMITTEE</u>	7
1.1. Report of the Board	7
1.2. Report of the Program Committee	10
2. <u>REPORTS OF THE DIVISIONS</u>	13
2.1. Westerbork Telescope Group	13
2.2. Dwingeloo Telescope Group	37
2.3. Computer Group	39
2.4. Laboratory and Central Technical Services	50
2.5. Astronomy Group	70
2.6. Administration of the Foundation/General Affairs	72
3. <u>ASTRONOMICAL REPORTS</u>	79
(3.1. Dutch; 3.2.-3.7. English)	
3.1. Summary of highlights (Dutch)	79
3.2. Astronomical Research done by NFRA staff	87
3.3. NFRA related Research at the Anton Pannekoek Institute, Amsterdam	109
3.4. NFRA related Research at the Kapteyn Laboratory, Groningen	111
3.5. NFRA related Research at the Leiden Observatory	134
3.6. NFRA related Research at the Astronomical Institute of Nijmegen	175
3.7. NFRA related Research at the Utrecht Observatory	177
4. <u>ENGLISH SUMMARY</u>	181
4.1. Reports of the Board and the Program Committee	181
4.2. Reports of the Divisions	184

INHOUDSOPGAVE

Blz.

Inhoudsopgave	
1. <u>VERSLAGEN VAN BESTUUR EN PROGRAMMA COMMISSIE</u>	7
1.1. Bestuursverslag	7
1.2. Verslag van de Programma Commissie	10
2. <u>AFDELINGSVERSLAGEN</u>	13
2.1. Teleskoopgroep Westerbork	13
2.2. Teleskoopgroep Dwingeloo	37
2.3. Computergroep	39
2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst	50
2.5. Astronomengroep	70
2.6. Algemene Zaken / Het Bureau	72
3. <u>ASTRONOMISCHE VERSLAGEN</u>	79
(3.1. Nederlandstalig; 3.2.-3.7. Engelstalig)	
3.1. Samenvatting van hoogtepunten van het onderzoek in 1987	79
3.2. Astronomisch onderzoek van SRZM-stafleden	87
3.3. Radioastronomisch onderzoek aan het Sterrenkundig Instituut Anton Pannekoek te Amsterdam	109
3.4. Radioastronomisch onderzoek aan het Kapteyn Laboratorium te Groningen	111
3.5. Radioastronomisch onderzoek aan de Sterrewacht te Leiden	134
3.6. Radioastronomisch onderzoek aan het Sterrenkundig Instituut te Nijmegen	175
3.7. Radioastronomisch onderzoek aan de Sterrewacht te Utrecht	177
4. <u>ENGLISH SUMMARY</u>	181
4.1. Reports of the Board and the Program Committee	181
4.2. Reports of the Divisions	184

	Page
Appendix A. <u>ORGANISATION</u>	195
A.1. Board	195
A.2. Management	195
A.3. Committees	196
A.4. Works Council	197
A.5. General parts committee	197
A.6. Laboratory instruments committee	197
A.7. UK/NL Steering Committee	197
A.8. Public Relations	198
A.9. (Inter)national committees	198
Appendix B. <u>PERSONNEL</u>	201
B.1. Bureau of the Foundation	201
B.2. Telescope Group	201
B.3. Central Technical Services	202
B.4. Laboratory	203
B.5. Computer Group	203
B.6. Astronomy Group	204
B.7. Work-students	204
B.8. Personnel seconded to UK/NL observatories	204
Appendix C. <u>FINANCES 1987/1988</u>	205
Appendix D. <u>OBSERVING FACILITIES</u>	207
D.1. Observing facilities at Westerbork	207
D.2. Observing facilities at Dwingeloo	211
Appendix E. <u>PUBLICATIONS AND REPORTS</u>	213
E.1. Research papers	213
E.2. Review papers and conference contributions	221
E.3. Popular papers	228
E.4. Internal Technical Reports	229
E.5. Notes	229
E.6. Colloquia in Dwingeloo	231
E.7. Colloquia given by NFRA staff	232
E.8. Conference attendance of NFRA staff	235
Appendix F. <u>ABBREVIATIONS</u>	238
Appendix G. <u>ADDRESSES</u>	241

	Blz.
Appendix A. <u>ORGANISATIE</u>	195
A.1. Bestuur	195
A.2. Directie	195
A.3. Commissies	196
A.4. Ondernemingsraad	197
A.5. Magazijncommissie	197
A.6. Meetinstrumentencommissie	197
A.7. Stuurgroep UK/NL Samenwerking	197
A.8. Algemene kontakten	198
A.9. (Inter)nationale commissies	198
Appendix B. <u>PERSONEEL</u>	201
B.1. Bureau van de Stichting	201
B.2. Telescoopgroep	201
B.3. Centrale Technische Dienst	202
B.4. Laboratoriumgroep	203
B.5. Computergroep	203
B.6. Astronomen	204
B.7. Werkstudenten	204
B.8. Uitgezonden in het kader van de UK/NL samenwerking ..	204
Appendix C. <u>FINANCIEN 1987/1988</u>	205
Appendix D. <u>WAARNEEMFACILITEITEN</u>	207
D.1. Waarneemfaciliteiten Westerbork	207
D.2. Waarneemfaciliteiten Dwingeloo	211
Appendix E. <u>PUBLIKATIES EN RAPPORTEN</u>	213
E.1. Onderzoek artikelen	213
E.2. Overzichtsartikelen en conferentie bijdragen	221
E.3. Populaire artikelen	228
E.4. Internal Technical Reports	229
E.5. Notes	229
E.6. Colloquia gehouden te Dwingeloo in 1987	231
E.7. Colloquia/voordrachten gegeven door medewerkers SRZM ..	232
E.8. Deelname van SRZM-medewerkers aan congressen	235
Appendix F. <u>AFKORTINGEN</u>	238
Appendix G. <u>ADRESLIJST</u>	241

1. VERSLAGEN VAN BESTUUR EN PROGRAMMA COMMISSIE

1.1. Bestuursverslag

door J. van Nieuwkoop, bestuurslid

In stukken die betrekking hebben op de activiteiten van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg wordt de Stichting RZM nog al eens gekenschetst als een dynamisch bedrijf. Men kan zich daarvan gemakkelijk overtuigen door de jaarverslagen van de Stichting over de laatste jaren in chronologische volgorde door te nemen. Men ziet dan voor zich ontrollen hoe bepaalde zaken zich in de tijd ontwikkelden; hoe de Stichting RZM, een dienstverlenende instelling ten behoeve van het Nederlandse universitaire sterrekundige onderzoek, daarop inspeelde, daarbij nieuwe mogelijkheden openende voor de afnemers, de vakgroepen Sterrekunde aan de Nederlandse universiteiten; en dat met praktisch dezelfde bemensing en binnen een nauw begrensd budget. Terwijl de Stichting RZM zich aanvankelijk beperkte tot de radiosterrekunde, houdt men zich nu ook bezig met activiteiten op het gebied van de millimeter- en submillimetergolf lengten en zelfs van de optische golf lengten; terwijl de radiosterrekundige activiteiten in het begin alleen nationaal waren georiënteerd met de bouw en exploitatie van de radiosterrenwachten Dwingeloo en Westerbork, speelt de Stichting nu een belangrijke partij in het Europese VLBI Netwerk (EVN) en heeft daarin een leidende positie. Daarnaast is de Stichting RZM het orgaan geworden dat voor Nederland alle contacten begeleidt, dan wel verzorgt, in het kader van de Brits- Nederlandse samenwerking met betrekking tot de sterrewachten op La Palma en Hawaii. Daarbij is er nationaal en internationaal zeer hoge waardering voor het wetenschappelijk onderzoek dat wordt verricht op basis van de activiteiten van de Stichting. Dit geldt niet alleen voor het onderzoek dat in eerste instantie door de universitaire onderzoeksgroepen wordt uitgevoerd, maar ook voor dat wat binnen de Stichting zelf geschiedt. Daarbij valt niet alleen te denken aan het onderzoek in de Astronomengroep van de Stichting, maar een daarmee qua niveau gelijkwaardige inventiviteit en individuele creativiteit vindt men in de technische groepen, die steeds weer nieuwe mogelijkheden vinden en daarna realiseren voor sterrekundige waarnemingen die grensverleggend onderzoek mogelijk maken.

Het jaarverslag over 1987 past goed in de reeks. Alvorens in deze inleiding op enkele speciale bijzonderheden van dat jaar in te gaan komen nog enkele andere aspecten aan de orde die te maken hebben met de hiervoor genoemde dynamiek en die in de toekomst een duidelijk onderdeel van het beleid van de Stichting RZM kunnen gaan vormen. Het waarneemmateriaal dat met moderne instrumenten is verkregen staat bewerkingen daarvan toe die aan de sterrekundige onderzoekers vergaande mogelijkheden bieden. De prikkels tot deze

bewerkingen komen vaak voort uit interactief gebruik van het materieel. Echter, de noodzakelijke bewerkingen kunnen slechts worden bedacht en ontwikkeld door onderzoekers die daarvoor ook technisch voldoende zijn geschoold. De huidige schaarse mogelijkheden bij de universitaire vakgroepen om personeel aan te stellen en te behouden maken het vrijwel onmogelijk om, zeker bij elke vakgroep Sterrekunde, over zulke deskundigen te beschikken. Hier groeit typisch een taak voor een centraal instituut als de Stichting RZM. De Astronomengroep van de Stichting, oorspronkelijk vooral bedoeld als verbinding tussen de universitaire sterrekundige onderzoekers en de technische groepen van de Stichting, stelt nu astronomisch-technische deskundigheid beschikbaar aan de universitaire vakgroepen. De dienstverlening van de Stichting RZM heeft daarmee een nieuwe dimensie gekregen. De software, nodig voor dit soort activiteiten, is in een staat van voortdurende ontwikkeling. Het is daardoor niet eenvoudig mogelijk deze over te dragen aan de universitaire instituten als stabiele, goed te onderhouden pakketten. Daarom heeft de Stichting in principe naast die software ook computer hardware beschikbaar voor de universitaire astronomen die van deze mogelijkheden willen profiteren.

De voorzitter van het Bestuur, Prof.Dr. H. van der Laan, aanvaardde per 1-1-1988 de functie van Directeur Generaal van de Europese Zuidelijke Sterrewacht (ESO). Hij trad daarom per 1-10-1987 af als voorzitter van het Bestuur van de Stichting RZM. Het Algemeen Bestuur benoemde Prof.Dr. P.C. van der Kruit als zijn opvolger. Van der Laan is vanaf 1 september 1969 lid geweest van het stichtingsbestuur, vanaf 1970 als gedelegeerd bestuurslid en voorzitter van de Direktie (toen Werkgroep geheten), sinds augustus 1975 als voorzitter van het Bestuur. Hij heeft met veel elan de belangen van de Stichting behartigd. Het is zeker aan zijn inzet te danken dat de Stichting RZM, ondanks de grote financiële consequenties die voortkomen uit de Brits-Nederlandse samenwerking, haar oorspronkelijke doelstelling heeft kunnen handhaven. Het Bestuur is hem zeer erkentelijk voor zijn onvermoeibare inzet en wenst hem gaarne veel succes in zijn nieuwe positie.

De Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) benoemde Prof.Dr. H.C. van de Hulst en Ir. F.R. Neubauer opnieuw tot bestuurslid voor de periode 1-1-1987 tot 31-12-1990 en benoemde tevens in het Bestuur Prof.Dr. P.C. van der Kruit en Prof.Dr. R. Sancisi. Per 31-12-1987 waren aftredend de bestuursleden Dr.Ir. J. van Nieuwkoop, Drs. B. de Raad, Prof.Dr. H. van Woerden en Prof.Dr. C. Zwaan. De KNAW heeft hun benoeming met vier jaar verlengd.

Het Bestuur heeft besloten om het uitvoerend secretariaat op te dragen aan de voorzitter van de Direktie.

Het vertrek van Van der Laan leidde tot enkele mutaties. P.C. van der Kruit werd als voorzitter van de Programma Commissie per 1-12-1987 opgevolgd door Dr. F.P. Israel. Van der Laan was lid van het college van directeuren van het EVN, hij werd in die functie opgevolgd door Prof.Dr. W.N. Brouw.

In de Programma Commissie is het buitenlandse lid Dr. P.A. Shaver per 1-10-1987 uitgetreden, in zijn plaats is benoemd Dr. A. Pedlar van Jodrell Bank. Dr. P. Katgert en Dr. G.K. Miley zijn benoemd als Leidse leden, Dr. E.D. Skillman is benoemd in de plaats van Dr. R.G. Strom en Dr. F.P. Israel verving Prof.Dr. W.B. Burton.

Ook in de Direktie zijn mutaties. Per 22-9-1987 nam Prof.Dr. W.N. Brouw het voorzitterschap over van Dr. E. Raimond die per 30-9-1987 zijn periode als voorzitter beëindigde, Raimond hernoemde zijn positie als hoofd Computergroep. Dr.Ir. C. Slottje werd per 1-10-1987 door het Bestuur benoemd als hoofd van de CTD, in de plaats van Ir. J.F. van der Brugge die per 1-3-1988 met de VUT zal gaan. In de positie van Slottje als hoofd van de Reductiegroep is benoemd Dr. A.R. Foley.

Canada is toegetreden tot de Brits-Nederlandse samenwerking en wel inzake deelneming in de James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) op Hawaii. De desbetreffende overeenkomst voorziet in een 55:20:25 percent deelneming van resp. Groot Brittannië, Nederland en Canada. Tegelijkertijd heeft Nederland zich toegang verschafft tot de UKIRT op Hawaii door middel van een communicerende vaten constructie met de deelname op La Palma en in de JCMT. De JCMT is op 27 april 1987 met een sobere plechtigheid officieel in gebruik genomen, Bestuur en Direktie van de Stichting RZM waren daarbij vertegenwoordigd.

Als Nederlandse leden in de Joint Steering Committee werden benoemd Prof.Dr. W.N. Brouw en Prof.Dr. P.C. van der Kruit, de laatste ook als vice-voorzitter. In de JCMT Board werden benoemd Prof.Dr. W.N. Brouw en Prof.Dr. W.B. Burton.

Mede wegens de bezuinigingen zijn de personeelsformaties van de universitaire vakgroepen Sterrekunde niet flexibel genoeg om voldoende te kunnen bijdragen aan de mankrachtverplichtingen die Nederland heeft in het kader van de exploitatie binnen de Brits-Nederlandse samenwerking. Het gaat daarbij in het bijzonder om de detachering van Nederlanders op La Palma en Hawaii. De Stichting RZM heeft daardoor vaak moeten bijspringen, maar in het afgelopen jaar is voor de Stichting de grens van de mogelijkheden bereikt. Aan het Bestuur van de Stichting ASTRON is voorgesteld deze situatie samen onder ogen te zien.

Van 7 tot 9 oktober 1987 bezochten de buitenlandse adviseurs, onder leiding van Prof. Sir Francis Graham Smith de radiosterrenwachten te Dwingeloo en Westerbork voor een evaluatie van de Stichting RZM. Het door hen opgestelde eindrapport spreekt zeer lovend over de Stichting. Men constateerde onder meer dat de Synthese Radiotelescoop te Westerbork nog steeds behoort tot de belangrijkste astronomische waarneemfaciliteiten. Men adviseerde er op toe te zien dat het investeringsniveau t.b.v. deze telescoop voldoende blijft om dat instrument zijn vooraanstaande plaats te doen behouden. Men sprak wel met enige bezorgdheid over de situatie bij de vakgroepen Sterrekunde, men vroeg zich af of men daar

bij de huidige bezuinigingen wel optimaal kan blijven profiteren van de unieke mogelijkheden die de Stichting biedt.

In het kader van een funktiewaarderingsronde is met Z.W.O. overleg geweest over de structuur en organisatie van de Stichting. Daar zijn geen wijzigingen van betekenis uit voortgekomen. Tegen het einde van het jaar was de funktiewaarderingsronde afgesloten en hadden de beoordelingen plaatsgevonden van het gehele personeel inclusief staf en direktie. De ad hoc bestuurscommissie Kramer, Van Nieuwkoop en Van Woerden voltooide de nota over het carrièrebeleid voor staf en directie.

Juist voor het einde van 1987 werd het bericht ontvangen dat per 1-2-1988 de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) zal worden omgezet in de Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek (NWO). Eén van de gevolgen is dat het personeel van de Stichting nu ambtenaar wordt in de zin van de Ambtenarenwet 1929.

De Stichting RZM heeft in voorgaande jaren van Bestuur en Directie van Z.W.O. veel medewerking ondervonden, de onderlinge verstandhouding was uitstekend. Het Bestuur is Z.W.O. bijzonder erkentelijk daarvoor; het verwacht dat contacten met de NWO op dezelfde wijze zullen gaan lopen en mede daarom ziet het Bestuur de toekomst met vertrouwen tegemoet.

Het Dagelijks Bestuur kwam bijeen op 2-2, 24-3, 21-5, 26-8 en 14-10, het Algemeen Bestuur op 12-2, 21-5 en 14-10. Op 28-10-1987 was er een gezamenlijke vergadering van de besturen van de stichtingen ASTRON, RZM en SRON.

1.2. Verslag van de Programma Commissie

door J.M. van der Hulst, secretaris

De Programma Commissie (PC) is belast met het kritisch beoordelen van voorstellen voor waarnemingen met de radiotelesopen van de Stichting RZM (de WSRT en de Dwingeloo 25 m telescoop) en houdt toezicht op het verkrijgen van bruikbare resultaten uit deze waarnemingen. Voorstellen voor waarnemingen worden door twee leden van de PC beoordeeld alvorens ter vergadering te worden besproken. Deze beoordelingen zijn openbaar.

Appendix A3 van dit jaarverslag geeft een overzicht van de commissie zoals samengesteld per 1 januari 1988.

In december heeft Dr. F.P. Israel het voorzitterschap overgenomen van Dr. P.C. van der Kruit die voorzitter van de Stichting RZM is geworden. Israel had begin 1987 Burton al als PC lid opgevolgd. De PC is na de wisseling van haar eigen voorzitterschap alsook dat van RZM versterkt met twee nieuwe Leidse leden: Dr. P. Katgert en Dr. G.K. Miley. Het buitenlands lidmaatschap is door Dr. A. Pedlar (Jodrell Bank) overgenomen van Dr. P.A. Shaver (ESO).

In 1987 vergaderde de PC tweemaal: op 10 juni om 6 en 49 cm voorstellen te bespreken en op 5 november om 92 cm voorstellen te behandelen. Het aantal aanvragen op 92 cm was zeer groot en evenals in de laatste 21 cm periode waren er een aantal projecten die om gevoeligheids redenen veel tijd vereisten. Deze trend om grote projecten te starten zet zich dus voort. De PC behandelde acht 6 cm voorstellen (samen circa 25 x 12 uur), elf 49 cm voorstellen (samen circa 26 x 12 uur) en acht 92 cm voorstellen (samen circa 120 x 12 uur). Daarnaast werden ad interim nog acht 21 cm voorstellen behandeld (12 x 12 uur). Het aantal voorstellen uit het buitenland, voorstellen met projectleiders in Nederland die samenwerken met buitenlandse collega's niet meegerekend, was met tien weer ruim een kwart tot een derde. Deze verdeling blijft ook gestand als men de toegekende tijd bekijkt: 68% werd toegekend aan projecten van astronomen in Nederland, 32% aan projecten van astronomen buiten Nederland.

Terugkijkend op de laatste paar jaar lijken 21 en 92 cm de meest gevraagde WSRT golflengtes te blijven met kleinere periodes van zo'n vier tot acht weken voor 6 cm en 49 cm. Met name 21 cm lijnwerk blijft een groot deel van het telescoopgebruik uitmaken, zeker nu ook actief op 92 cm naar HI met hoge roodverschuiving wordt gezocht.

In 1987 is voor het eerst sinds lange tijd uitgebreide aandacht besteed aan de pointing van de telescopen. Dit werd enerzijds gemotiveerd door de nieuwe aandrijving op alle telescopen, anderzijds door de beperkingen die pointingfouten opleggen aan metingen met hoog dynamisch bereik van complexe velden. Een aantal grootschalige pointingfouten zijn nog niet goed begrepen (zie verslag Telescoopgroep) maar metingen op 6 cm hebben al tot een verbeterde pointing geleid.

2. AFDELINGSVERSLAGEN

2.1. Teleskoopgroep Westerbork

Het meest gedenkwaardige evenement uit het begin van 1987 is ongetwijfeld de ijszelperiode. Op 2 maart moesten we om circa 11 uur in de morgen besluiten de teleskopen in een veilige stand vast te zetten. Naar schatting waren op dat moment de spiegels ten gevolge van het ijs zo'n vijf à zes ton in gewicht toegenomen. Het stoppen van de waarnemingen midden in een 18 cm VLBI periode was geen eenvoudige, maar wel noodzakelijke beslissing.

Het jaar was van start gegaan met een goed werkend 21 cm systeem. De eerste maanden werden we gehinderd door temperatuurproblemen in de afgeschermde cabine waarin de correlatorontvangers staan opgesteld. Toen bleek dat dit een rendementskwestie van de koelblokken van de airconditioning was, is dit eerst tijdelijk en later definitief verholpen.

Door de VLBI op 6 cm waren we in de gelegenheid om het pointing gedrag van de teleskopen weer eens goed te controleren. Dit werd mede gestimuleerd door pointingklachten voortkomend uit met redundante basislijnen gemeten bronnen. De pointing metingen resulteerden in vele vragen betreffende de pointing reduktie en de mechanische pointing van enkele teleskopen. Later in het jaar zijn een aantal pointing metingen herhaald. Het onderzoek is nog niet afgesloten.

De zomervakantie en de daarmee samengaande onderbezetting is overbrugd met een 49 cm periode. Door de VLBI wensen moest na de zomer weer naar 6 cm omgebouwd worden, hetgeen ook het bepalen van de pointing weer ten goede kwam.

Het jaar is na een VLBI periode op 18 cm en 92 cm besloten met 92 cm waarnemingen.

Tijdens de ombouw naar 6 cm in september zijn de laatste teleskopen waarbij dit nog niet gebeurd was van een nieuwe signaalbekabeling voorzien. Dit project is nu beëindigd.

De personele bezetting van de teleskoopgroep is dit jaar gewijzigd door de ontslagname van Mw. I. Bos-Prakken. De functie wordt per 01-01-1988 overgenomen door Mej. L. Meijering.

Er hebben zich in de laatste maand weer enige regionale aardschokken voorgedaan nl. op 14 december U.T. 21.49 met sterkte 2,5 op de schaal van Richter. Ter vergelijking, de vorige was op 26 december 1986 met sterkte 3 op de schaal van Richter.

2.1.2. Systeem gebruik

Het jaar begon met een goed werkend 21 cm systeem, maar met een wankele airconditioning door vervuiling van de warmtewisselaars door het grondkoelwater. In de hoogfrequent cabine bleek de

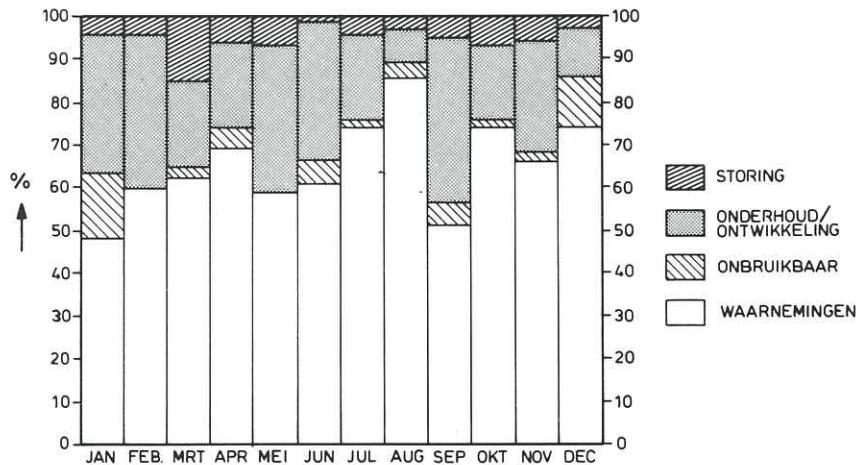


Fig. 2.1.1. Useage of the WSRT in 1987

storing = interference & faults;
onderhoud/ontwikkeling = maintenance/developments;
onbruikbaar = unuseable results;
waarnemingen = observations.

Overzicht telescoopgebruik per maand in 1987

koeling marginaal, zelfs na uitschakelen van een deel van de apparatuur. Medio januari arriveerden nieuwe koelblokken die tegen het eind van de maand geinstalleerd konden worden. Hierbij moest het systeem zodanig gewijzigd worden dat deze koelblokken nu handig vervangen kunnen worden. Ook is er een procedure ontwikkeld om deze blokken te reinigen. Het opstarten van het DXB en DCB na deze reparatie verliep zonder grote problemen.

De hevige ijzel van 2 maart heeft de WSRT tot stilstand gedwongen. Door de aanhoudende vorst bleven de teleskopen lang onder het ijs zodat de na de VLBI geplande frontend wisseling naar 21 cm enige dagen uitgesteld moest worden.

Na de 6 cm VLBI in mei/juni is een uitgebreid pakket metingen gedaan om de pointing te bepalen. De meest gedetailleerde informatie kwam uit een 9-tal 12-uurs waarnemingen van calibratoren op declinaties van -15, 20, 30, 40, 50, 60, en 70 graden. Na de tweede 6 cm VLBI periode in september is deze serie metingen herhaald. Meest opvallend, en tot nu toe onbegrepen, is het gedrag van telescoop C die een tot 28 milligraden oplopende afwijking heeft rond de meridiaan, afhankelijk van declinatie. Een directe oplossing voor correctie van dit gedrag is om een "foute" positie te sturen vanuit de HP die de pointing fout compenseert en gebaseerd is op de uitgebreide 12-uurs pointing metingen van juni en september. Wat verder duidelijk bleek uit de metingen is een mogelijke temperatuur afhankelijkheid van de pointing offsets, met name voor teleskopen C en D. Verschillen van ca 15 milligraden kunnen optreden en bemoeilijken het bepalen van "representatieve" pointing correcties. Een derde aspect kwam naar voren na het herhalen van de meting op 6 cm en een extra herhaling op 21 cm van metingen op een vaste declinatie. Het verloop van de pointing fouten met uurhoek bleek hetzelfde, behoudens vaste offsets. Dit suggereert dat de frontends niet altijd precies op dezelfde plaats komen in de teleskopen en dat de feeds niet precies gecentreerd zijn. Wisselen van twee frontends en het opnieuw meten van de pointing offsets bevestigde dit vermoeden.

De overgang in juli naar 49 cm verliep in recordtempo en het 49 cm systeem bleek zeer betrouwbaar zodat de zomerperiode goed overbrugd kon worden.

Een probleem dat zich op 49 cm manifesteerde is dat er verschillen zijn tussen de kwaliteit van de redundantie oplossingen van de XX en de YY kanalen van een DXB meting. De XX oplossingen zijn twee tot vier maal slechter dan de YY oplossingen. De oorzaak was niet duidelijk, maar het uit zetten van de fase schakeling verbeterde de oplossingen. De 49 cm periode is zonder phase schakeling gemeten. DLB metingen hebben het probleem niet wat er op wijst dat het met het DXB te maken heeft.

Bij de 92 cm metingen in december kwam ditzelfde probleem ook weer boven. Ook hier is zonder fase schakeling gemeten. In 1988 zal een uitgebreider onderzoek volgen.

Een overzicht van het systeemgebruik in al zijn facetten wordt gegeven in de tabellen I t/m V en de figuren 2.1.1. en 2.1.2. Naast

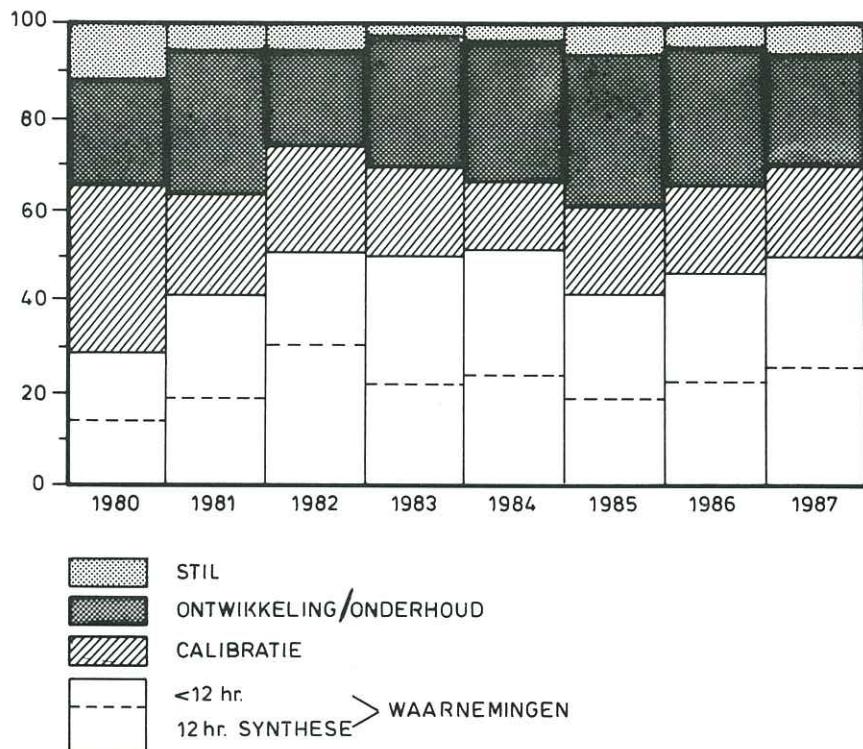


Fig. 2.1.2.

Telescope use.

STIL. = Stopped as a result of fault, weather, etc.
ONTW./ONDH.= Hardware and software development, maintenance
CAL. = Calibration
WAARN. = Observations

Overzicht telescoopgebruik over totale tijd.

STIL. = Stilstand t.g.v. storing, weer, e.d.
ONTW./ONDH.= Ontwikkeling van hard- en software en periodiek onderhoud
CAL. = Calibratie
WAARN. = Waarnemingen

de gegevens over het aantal geproduceerde Gigabytes in standaard bedrijf is de VLBI inspanning aangegeven in het totaal aantal dagen aan en voor VLBI besteed. Dit omdat een vergelijking van Gigabytes, voor datareductie door correlatie, met de standaard Westerbork produktie niet zinvol is.

In tabel IA is geen onderscheid tussen DXB en DCB gemaakt. Nu deze omschakeling door het on-line systeem op ieder gewenst moment gedaan kan worden is dit gegeven als bedrijfsgegevens niet relevant meer. De sterrenkundige informatie is in tabel III te vinden.

2.1.3. Het ontvangersysteem

Voor een quantitatief inzicht wordt naar de tabellen verwzen.

2.1.3.1. Frontends

We begonnen dit jaar met een goed lopend 21 cm systeem met een systeemtemperatuur van ca 57 K.

Eind januari en eind maart moesten een aantal ondeugdelijk gefabriceerde voedingskabels in de teleskopen vervangen worden. Inmiddels was door de fabrikant nieuw materiaal voor alle teleskopen beschikbaar gesteld, zodat deze operatie in het voorjaar bij de resterende teleskopen uitgevoerd kon worden.

De ijzel periode heeft wat het ontvangersysteem betreft alleen bij de cryogene systemen hinder veroorzaakt. Door de tientallen kort opeenvolgende netonderbrekingen staken drie van de vijf systemen. Om de compressoren -gezien de lage omgevingstemperaturen- in bedrijf te houden, werden deze -zodra dat mogelijk was- weer met de hand opgestart. (Om station Oost te bereiken was dit -wegen omgevallen bomen en het gevaar van vallende takken- alleen met de tractor mogelijk!)

Doordat het vacuum in de ketels nog goed was, kwam de cryogene koeling van deze drie systemen toch weer bij, zodat we na deze ijzel geen langdurige nazorg nodig hadden.

Zodra de teleskopen zelf weer vrijgegeven werden is -vóór de ombouw naar 21 cm- het systeem eerst nog op 18 cm op hemelcalibratoren uitgetest. Hierna werden de cryogene frontends weer naar 21 cm teruggezet.

Behoudens enkele gemakkelijk te verhelpen defecten heeft het 21 cm ontvanger systeem goed gewerkt. Half mei is omgebouwd naar 6 cm ten behoeve van VLBI. Na afloop van deze VLBI periode is een serie pointing metingen gedaan en werd het systeem weer op 21 cm teruggezet.

De 21 cm waarnemingen werden voortgezet tot 15 juli, waarna het systeem in 3 dagen kon worden omgebouwd naar 49 cm, waarmee de vakantieperiode met weinig risico's kon worden overbrugd. De cryogene frontends werden opgewarmd weggezet.

We hadden in de 49 cm periode slechts enige problemen met de fringebesturing van OY, fase instabiliteiten door slechte RT-coax-kabels in teleskopen D en 6 en een paar frontend-defecten. We ondervonden aanvankelijk wel veel onweersstoringen, doch weinig "man made" interferentiestoringen in de 49 cm band. Wel kwam het nogal eens voor dat de ontvangerkanalen, door sterke signalen buiten de band, verzadigingseffecten te zien gaven.

Begin september stonden de cryogene frontends weer gekoeld en afgeregeld klaar voor de ombouw naar 6 cm. Het derde kwartaal werd afgesloten met een goede 6 cm VLBI waarneemperiode met 14 teleskopen, waarin nog 1 dag met een gemodificeerd cryogeneen frontend in telescoop 0 ten behoeve van het VLBI-GINFEST experiment (een geodetisch experiment om VLBI en satelliet metingen te vergelijken, waarvoor een geheel afwijkend WSRT frequentie schema uitgezocht moest worden.)

Na de 6 cm VLBI konden we ruim een maand lang, op dezelfde golflengte, WSRT waarnemingen met de gebruikelijke aandacht en ingrepen goed op gang houden.

Op telescoop C ontstond een klein lek in het heliumcircuit. Bij de ombouw naar 18 cm bleek dat lek met het frontend naar telescoop D te verhuizen. Nadat eerder deze zomer een aantal leken werden gerepareerd, houden de circuits zich nu goed. Een potentieel zwak gedeelte is nog het onderste stuk, dat uit lange flexibele slangen bestaat. Dit zal volgend jaar door betrouwbaardere vaste stukken worden vervangen. Na de ombouw naar 92 cm VLBI konden half november alle cryo-systemen weer opgewarmd opgeslagen worden.

Na de 92 cm VLBI, met 14 teleskopen, werden voor half december nog een aantal zwakke punten aan enkele frontends opgeknapt om zo met een betrouwbaar systeem tot over de jaawisseling te kunnen waarnemen.

In het kader van het "Cosmic H I" onderzoek is een van de 92 cm frontends 5 MHz breed gemaakt en draaide als proef mee. Het ziet er naar uit dat het verantwoord is om voor de volgende 92 cm sessie alle frontends breder te maken (323 - 328 MHz).

In hetzelfde kader werd aan het begin van deze waarneemperiode de gunstigste afstemmode uitgezocht om binnen de huidige smalle frontendfilters, met twee iets overlappende 2,5 MHz waarneembanden, een totale bandbreedte van 4 MHz rondom 323,8 MHz te halen.

Intussen waren in Dwingeloo nieuwe 92 cm pre-amplifiers met lagere ruis ontwikkeld. Een frontend werd, met enige aanpassingen, hiermee uitgerust en draait nu in het systeem mee. De stabiliteit is goed en de systeemtemperatuur is vooralsnog 30 à 40 K lager.

Bij enkele cryogene frontends komt ijsvorming op de 21 cm vensters voor.

Als test werd tijdens de 18 cm periode één van de beschikbare 21 cm feeds in de instrumentmakerij met O-ringen gasdicht gemaakt en van een kunststof membraan voorzien. Er zijn laboratorium proeven gedaan om te zien welke van de hedendaagse kunststoffen het beste vochtdicht is. Gewoon teflon bleek in dit opzicht superieur.

De afgesloten ruimte kan vóór de montage van het frontend in de telescoop, met droogstofgas worden gespoeld en gevuld. Een proef met een frontend in de juni waarneemperiode verliep heel gunstig. Inmiddels zijn de andere 21 cm feeds ook gemodificeerd.

2.1.3.2. Backends

Een DXB probleem dat nog niet echt opgelost was, n.l. het niet optimaal functioneren in de 2-bit mode is in de loop van het jaar verder gelocaliseerd. Asymmetrische 2-bits autocorrelatie functies wezen uiteindelijk in de richting van de A/D omzetters waar inderdaad delay verschillen werden geconstateerd tussen de 1- en 2-bit lijnen. Dit probleem is tijdens de 18 cm VLBI verder aangepakt door de 1- en 2-bit vertraginglijnen in de A/D omzetters aan te passen. Daarnaast zijn in een paar bakken ook andere componenten vervangen (buffers en elco's). De timing verschillen zijn nu teruggebracht tot minder dan 0,2 ns en de autocorrelatiefuncties zijn veel symmetrischer dan voor de aanpassing. Toch zijn de functies nog niet perfect (in 2-bit mode) en moet onderzoek uitwijzen of verdere verbetering mogelijk is. Het vermoeden bestaat dat we een fundamentele beperking van de huidige A/D omzetters tegengekomen zijn.

Wat in de 21 cm periode de metingen bleef hinderen, waren onregelmatig optredende DLB/DXB correlator fouten die af en toe amplitude- en fase sprongen gaven op een aantal basislijnen. De 12-uurs metingen bevatten dan zo'n 3 à 10 slechte samples op ca 20 basislijnen. De metingen bleven bruikbaar, maar hebben veel meer editing nodig dan normaal. Het patroon bleef dermate onduidelijk en individueel dat het lang geduurd heeft tot alle slechte functionerende kaarten gevonden waren. Het bleken zowel correlator- als counterkaarten te zijn.

Een andere terugkerende zorg waren communicatieproblemen met de DCB computer en IB-bus fouten, waardoor met name in april een aantal systeem stops werd veroorzaakt. Ook in juli en september (in augustus is het DCB nauwelijks gebruikt) zijn een aantal systeem stops voorgekomen. Vervanging van verschillende interfacekaarten heeft tot nu toe slechts tot een geringe verbetering geleid. Het probleem heeft nog de voortdurende aandacht.

De total power registratie van het DCB gaf een ca 0,5% piek om de ongeveer vier minuten in de uit de total power data afgeleide systeemtemperatuur. Het bleek dat deze "stoorpiek" in de TP (ruisbron-aan) gegevens optrad, terwijl de TP (ruisbron-uit) data deze storing niet vertoonde. De verdenking ging in de richting van de timing van de patroongenerator en de A/D omzetter total power sampling. Het effect bleek door het niet volledig synchroon lopen van de klok signalen veroorzaakt te worden. Het vastleggen van de synchronisatie loste dit probleem op.

Door installatie in maart van de actieve splitters tussen de DCB en DXB IF's is het mogelijk om met het ene backend te meten

zonder het andere backend af te schakelen. De total power niveaus van DCB en DXB zijn sinds juni zodanig aan elkaar aangepast dat automatisch omgeschakeld kan worden.

De acht banden van het DCB zijn van de nieuwe -in het Dwingeloo laboratorium ontwikkelde- bandsynthesizers voorzien. Hierdoor is de fasesstabiliteit voor de VLBI aanzienlijk verbeterd. De frequentieresolutie is nu 10 kHz i.p.v. 1 kHz, maar dat is geen grote handicap; alle afstemmingsinstructies werden hierop aangepast. De implementatie is vlekkeloos verlopen. Het betrouwbaarste exemplaar van de oude serie is als reserve aangehouden.

2.1.3.3. De waterstofmaserklok

Op 25 januari ging de maser down. Uit "C-veld" metingen bleek dat de maser gedemagnetiseerd moest worden, juist toen het prototype van een nieuw demagnetiseringsapparaat in aanbouw was. Na twee weken was dit zover dat de maser -bijtijds voor de 18 cm VLBI periode- gedemagnetiseerd kon worden.

Op 9 juni bleek een van de ionenpompen van de maserklok zichzelf uitgeschakeld te hebben wegens een interne sluiting. Uit nadere onderzoek bleek dat beide pompen aan een revisiebeurt toe waren. Op 11 juni werden beide pompen uitgebouwd en via Varian Amsterdam naar Turijn gezonden om het binnenverk te vervangen. In tussen werd een ring op de vacuumklok gemonteerd, welke het z.g. "barometereffect" zou moeten opheffen. Begin augustus zijn de ionenpompen terug gekomen en gemonteerd.

Bij het opstarten bleek, dat de drucksensor van de Pirani-vacuummeter defect was geraakt. Bij Oscilloquarz werd een nieuwe sensor besteld, aangepast en gemonteerd. Daarvoor moest het proces van het vacuumzuigen weer opnieuw uitgevoerd worden.

Nadat nog enige problemen met het demagnetiseren opgelost werden kwam op 8 september weer een goed kloksignaal uit de maser; juist op tijd voor de 6 cm VLBI waarnemingen.

Een week na de laatste VLBI waarnemingen in december ging de output van de maser met 5% per week omlaag. Bij nader onderzoek bleek dat de waterstof toevoer steeds kleiner werd.

Waarschijnlijk is dit te wijten aan het verouderen van de Pirani vacuummeter, welke in augustus vervangen is. Door de waterstoftoevoer weer op het oude pijn terug te brengen kwam de output ook weer op het oude niveau terug.

2.1.3.4. Externe storingen

In het algemeen is het ook dit jaar wel meegevallen met de last van externe storingen. Enkele storingen in nauwe relatie met militaire oefeningen zijn al een bekend patroon.

Teneinde een beter contact tussen europese radiosterrenwachten en ook tussen de europese instituten en de Inter Union Commission for the Allocation of Frequencies (IUCAF) te hebben is op 3 maart en 1 april in Parijs een vergadering georganiseerd om de storings problematiek te bespreken. Het verslag van deze vergadering is aan IUCAF en andere betrokkenen toegezonden (ITR 184). Het resultaat is een europese commissie, analoog aan de amerikaanse CORF.

Naast de aspecten van regulering van spectrum gebruik door radiosterrenkunde is ook het monitoren van "onze" banden actueel.

Naar aanleiding van de HI "third wave"-redshift workshop in Dwingeloo kon gedurende vijf dagen een spectrumanalyzer, met randapparatuur, worden vrijgemaakt om een zeer globale indruk over een gedeelte van het lokale radiospectrumgebruik te krijgen; eerst van 200-700 MHz, later van 400-600 MHz.

Als meetprobe was een z.g. "discone"-antenne (breedband, hele horizon-zicht en verticaal gepolariseerd) op het dienstgebouw beschikbaar.

Met de spectrumanalyzer -in "Peak Memory Mode"- werden via een deskcomputer halfuurs spectrumpotjes gemaakt. Deze gaven een ruwe indruk over welke frequentiebanden altijd bezet zijn en welke gedurende gedeelten van de dag minder intensief gebruikt worden.

Omdat de meetantenne vrijwel boven op onze centrale ontvanger- en computeropstelling staat, wordt het gemeten spectrum tot ca 300 a 400 MHz beheerst door storingen uit eigen terminals, etc.

Voor een voldoende bestudering van het stoorspectrum op onze Westerbork-horizon is een dergelijke meetantenne (met een effectief oppervlak vergelijkbaar met een 25 m reflector op zijlussniveau) op een mast op de noordelijke helft van de bouwhal een veel betere opstelling.

Om een goede statistiek van een dag/weekcyclus, met een tijdsresolutie van een kwartier en met een goede gevoeligheid over een 1 GHz band te verkrijgen, is gedurende enkele jaren een volledig geautomatiseerde (1 kanaals) meetopstelling met dataprocessing nodig.

Bij spectraallijnwaarnemingen rond 1419,8 MHz hebben we in het begin van de zomer last gehad van een stabiele CW-storing. Deze storing bleek een goede relatie met de standby kristal sturing van onze centrale portofoon installatie te hebben.

Bij de 6 cm metingen na de VLBI in september hadden we soms last van zeer sterke breedbandige externe storingen van enkele minuten tot een uur. Op de meelopende spectrumanalyzer waren stoorspectra breder dan 100 MHz te zien.

De 18 cm VLBI, met 5 teleskopen, was vrijwel storingsvrij.

De eerste week van december is gedurende een zestal dagen op eens zeer sterke externe storing opgetreden. Deze storing kwam vermoedelijk van zeer ver en was een gevolg van extreem gunstige propagatie condities in de atmosfeer. Bij het oplossen van het hogedrukgbied boven Europa hield deze storing ook abrupt op.

2.1.4. Mechanische/electrische aspecten van de WSRT

Het nieuwe aandrijfsysteem heeft uitstekend gewerkt. Door het soepel aanlopen en afremmen van de combinatie electromotor, frequentie omvormer en mechanische stilstandrem konden vooral de talloze korte metingen, met veel veranderingen van positie van de teleskopen, verwerkt worden zonder overmatige belasting van de mechanische componenten. Wel moet bij veel korte metingen worden gerekend op wat grotere slijtage van de tandheugels, rondsels en tandwielkasten, waardoor onderhoudskosten wellicht wat toenemen.

Gedurende de ijzelperiode bleken de parabolens van de teleskopen bedekt te zijn met een laag ijs van omstreeks 12 mm. Op de totale oppervlakte van de parabool van ongeveer 500 m² vertegenwoordigde dit een gewicht van ongeveer 6.000 kg. Hierdoor bleken de teleskopen dusdanig in onbalans te geraken, dat de beveiligingen in het nieuwe aandrijfsysteem de teleskopen op tijd uitschakelden, zodat schade werd voorkomen.

Bij aanvang van de dooi werden de teleskopen met de overbruggingsvoorziening, waarmede het mogelijk is de teleskopen langzaam te verdraaien, in een gunstige stand gezet zodat vallend ijs het gaasoppervlak van de parabolens niet kon beschadigen. Uiteindelijk bleek na het invallen van de dooi geen enkele schade aan de teleskopen te zijn ontstaan.

Met de aandrukinrichting voor het wegdrukken van de tandwielen speling in de buitenverbanding van de teleskopen werd goede voortgang geboekt. De verlengde assen met de vernieuwde spelingsvrije tandbusnaven werden door de fabrikant afgeleverd. Voor het bewerken van de grote gietijzeren onderdelen van de aandrukinrichting werd een zware tweedehands draaibank aangeschaft en in de bouwhal opgesteld. Hiermede zijn alle grote gietijzeren onderdelen bewerkt.

Ook zijn alle huizen van de aandrukinrichting waarin zich het hydraulische gedeelte bevindt voorzien van gehoonde stalen cilinderbussen.

Met het oog op de eventuele winterstormen werden de stormklampen op de teleskopen uitvoerig getest. Het bleek dat een aantal oude stormklampmotoren door corrosie en indringen van vocht in de motoren niet meer betrouwbaar werkten. Hiervoor zijn een aantal nieuwe motoren met een verbeterde afdichting en een hogerwaardiger isolatie van de wikkelingen besteld.

Wegens corrosie en slijtage van de bestaande ladders naar de declinatie en uurhoek bordessen zijn in de loop van 1987 nieuwe trappen naar deze bordessen ontworpen en besteld. Na eerst een proefexemplaar op telescoop 6 te hebben gemonteerd zijn ook de trappen voor telescoop 3, 4 en 5 geplaatst. De trappen blijken goed te voldoen en het bereiken van de bordessen is hierdoor een stuk veiliger geworden.

Uit pointing metingen is naar voren gekomen dat telescoop C grote discontinuiteden vertoonde in de pointing kromme.

Dit zou veroorzaakt kunnen worden door loszittende delen in de telescoopconstructie. Een grondige inspectie bracht echter niets aan het licht.

Wel werd geconstateerd, dat tussen de zijrondsels en het middenrondsel van de declinatie aandrijving slijtage in de vorm van vreten was opgetreden. In mindere mate werd dit ook bij de declinatie aandrijving van telescoop D geconstateerd.

Dit vreten kan als oorzaak hebben dat zijrondsels en middenrondsels uit gelijke materialen, zij het met een klein verschil in hardheid, zijn uitgevoerd. Bij de oudere teleskopen, 0 t/m B, waar wel verschillende materialen zijn gebruikt, treedt dit verschijnsel namelijk niet op. Intussen zijn uit voorzorg voor de teleskopen C en D nieuwe zijrondsels in bestelling welke wel goede loopeigenschappen hebben op de ook nieuw te monteren reeds aanwezige middenrondsels.

Zoals reeds bij alle "oude" teleskopen was, is dit kwartaal ook de bovenzijde van de tandbeugel van de uurhoekkwadrant van telescoop 2 afgeslepen en zijn goed sporende overmaat geleidingsrollen gemonteerd.

De ontvanger voedingskabels op de teleskopen, die van ondeugdelijke kwaliteit bleken, zijn allemaal vervangen, inclusief de reservekabels.

Op maandag 14 december was er overdag een netstoring van ca. 3 kwartier (Zijerveld-Assen). Dankzij het afschakelen van niet relevante apparatuur hadden de accu's van het nobreak-systeem voldoende energie voor de klokken, etc. Na opstarten heeft het systeem geen naweeën hiervan ondervonden.

Een begin is gemaakt met het monteren van de in voorraad zijnde verlengde assen met vernieuwde middenrondsels op telescoop 1 waardoor een gedeelte van de aanwezige spelling in de telescoop is weggenomen.

Ook het normaal onderhoud zoals smeren van de buitenvertanding van de aandrijving en waar nodig bijvullen van tandwielkasten en teleskooplagering is dit jaar volgens de daarvoor geldende schema's uitgevoerd.

Tabel IA CHRONOLOGISCH OVERZIKT VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1987

Datum		Basislijn	Ontvangersysteem
Begin	Eind		
1 jan	7 jan	72 m	21-cm DXB
7 jan	22 jan	36 m	21-cm DXB
22 jan	28 jan	36 m	21-cm DCB
28 jan	7 feb	36 m	21-cm DXB
7 feb	9 feb	36 m	21-cm DCB
9 feb	10 feb	36 m	21-cm DXB
10 feb	13 feb	54 m	21-cm DXB
13 feb	17 feb	54 m	21-cm DCB
17 feb	20 feb	54 m	21-cm DXB
20 feb	9 mrt	54 m	18-cm DXB/DCB (VLBI met RT OABCD)
9 mrt	13 mrt	54 m	21-cm DCB
13 mrt	18 mrt	54 m	21-cm DXB
18 mrt	25 mrt	72 m	21-cm DXB
25 mrt	31 mrt	72 m	21-cm DCB
31 mrt	1 apr	72 m	21-cm DXB
1 apr	2 apr	72 m	21-cm DCB
2 apr	7 apr	90 m	21-cm DCB
7 apr	15 apr	90 m	21-cm DXB
15 apr	23 apr	36 m	21-cm DXB
23 apr	24 apr	36 m	21-cm DCB
24 apr	25 apr	36 m	21-cm DXB
25 apr	27 apr	36 m	21-cm DCB
27 apr	1 mei	36 m	21-cm DXB
1 mei	3 mei	54 m	21-cm DCB
3 mei	8 mei	54 m	21-cm DXB
8 mei	9 mei	54 m	21-cm DCB
9 mei	10 mei	54 m	21-cm DXB
10 mei	11 mei	54 m	21-cm DCB
11 mei	14 mei	72 m	21-cm DXB
14 mei	4 juni	72 m	6-cm DXB/DCB (VLBI met RT O t/m D)
4 juni	9 juni	72 m	6-cm DCB (pointing metingen)
9 juni	17 juni	72 m	21-cm DXB/DCB
17 juni	25 juni	90 m	21-cm DXB/DCB
25 juni	9 juli	72 m	21-cm DXB/DCB
9 juli	15 juli	36 m	21-cm DXB/DCB
15 juli	21 juli	36 m	49-cm DXB
21 juli	6 aug	72 m	49-cm DXB
6 aug	12 aug	90 m	49-cm DXB
12 aug	20 aug	54 m	49-cm DXB
20 aug	28 aug	36 m	49-cm DXB
28 aug	2 sep	72 m	49-cm DXB

2 sep	7 sep	72 m	49-cm DXB/DCB
7 sep	23 sep	72 m	6-cm DXB/DCB
23 sep	3 okt	72 m	6-cm DXB/DCB (VLBI met RT 0 t/m D)
3 okt	8 nov	72 m	6-cm DCB
8 nov	17 nov	72 m	18-cm DXB/DCB (VLBI met RT 0ABCD)
17 nov	22 nov	72 m	92-cm DXB (VLBI met RT 0 t/m D)
22 nov	26 nov	72 m	92-cm DXB
26 nov	1 dec	36 m	92-cm DXB
1 dec	7 dec	36 m	92-cm DXB/DCB
7 dec	9 dec	99 m	92-cm DXB
9 dec	11 dec	90 m	92-cm DXB
11 dec	14 dec	54 m	92-cm DXB
14 dec	16 dec	63 m	92-cm DXB
16 dec	18 dec	45 m	92-cm DXB
18 dec	22 dec	36 m	92-cm DXB
22 dec	31 dec	36 m	92-cm DXB/DCB

Tabel IB. CHRONOLOGISCH OVERZIJK VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1987

Waarnemstops

Datum		Omschrijving
Begin	Einde	
5 jan	6 jan	Testen DLB
12 jan	13 jan	Storing DLB voeding
14 jan	15 jan	Storing DLB voeding
19 jan	23 jan	Revisie airconditioning
27 jan	29 jan	Testen DLB/DXB, pointing controle
13 feb	14 feb	Invoerfout
20 feb	25 feb	Voorbereiding 18-cm VLBI
2 mrt	5 mrt	Zeer zware ijzelvorming
5 mrt	6 mrt	Disk-drive 7920 defect
6 mrt	9 mrt	Frontend monotoring 18-cm
9 mrt	10 mrt	Frontend monotoring 21-cm
5 apr	6 apr	Defect DCB processor
14 apr	15 apr	Storing DXB voeding
21 apr	24 apr	Revisie airconditioning, testen DLB/DXB, revisie telescoopbekabeling
3 mei	4 mei	Storing DLB
14 mei	22 mei	Voorbereiding 6-cm VLBI
4 juni	9 juni	Pointing controle
9 juni	12 juni	Nawerk 6-cm VLBI
7 juli	9 juli	Storing DCB communicatie
15 juli	17 juli	Ombouw 21-cm naar 49-cm
27 aug	28 aug	Storing communicatie A en C computer
7 sep	10 sep	Ombouw 49-cm naar 6-cm
10 sep	16 sep	Pointing controle, systeemtesten
19 sep	21 sep	Storing DCB communicatie
21 sep	23 sep	Voorbereiding 6-cm VLBI
30 sep	1 okt	Storing DCB communicatie
2 nov	3 nov	Storing DCB AD-controller
8 nov	10 nov	Voorbereiding 18-cm VLBI
14 nov	15 nov	Storing DCB communicatie
17 nov	18 nov	Voorbereiding 92-cm VLBI
20 nov	21 nov	Systeemtesten 92-cm

Tabel 1C. OVERZICHT VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1987

Totaalcijfers:

6-cm synthese	:	38	dagen
6-cm tied-array	:	19	dagen
18-cm tied-array	:	11	dagen
21-cm synthese	:	133	dagen
49-cm synthese	:	51	dagen
92-cm synthese	:	40	dagen
92-cm tied-array	:	3	dagen
Geen waarnemingen:		<u>70</u>	dagen
		<u>365</u>	dagen

Er vonden 51 systeem omschakelingen plaats, waarvan
8 ten behoeve van een andere waarnemfrequentie
8 ten behoeve van VLBI ("tied-array")
35 ten behoeve van DCB/DXB omschakelingen

Er vonden 8 verwisselingen van frontendserie plaats.

Tabel II. TELESKOOPGEbruIK IN PERCENTAGE VAN TOTAAL AANTAL UREN

	6 cm	18 cm	21 cm	49 cm	92 cm	om- bouw	Instru- menteel	1987 (totaal)	1986	1985	1984	1983	1982
a. 12-uurs synthese : cont.	7	-	7	43	46	-	-	15	12	13	15	12	17
: lijn	-	-	29	-	-	-	-	12	10	4	8	9	13
b. <12-uurs waarneming: cont.	52	69	10	17	21	4	-	21	20	18	17	20	13
: lijn	-	-	5	-	-	-	-	2	4	5	6	8	8
c. Calibratie	19	8	25	30	18	2	10	20	19	19	24	21	24
d. Onderhoud, systeemtests	12	10	15	4	11	74	86	21	21	17	16	15	16
e. Ontwikkeling, software	3	1	4	3	2	7	3	4	9	17	10	13	5
f. Storing, weer, stilstand	7	12	5	3	2	13	1	5	5	7	4	2	4
g. Jaartotaal 1987	17	3	40	14	12	11	3	100					
Netto rendement (a+b)/g	59	69	51	60	67	4	-	50	46	40	46	49	51
Brutto rendement (a+b+c)/g	78	77	76	90	85	6	10	70	65	59	70	70	75

Tabel III. SRT WAARNEEMTIJD PER PROGRAMMA IN 1987

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
<u>6 cm continuum, gemeten met DCB</u>			
515	Long term variability of Seyfert galaxies	de Bruyn	5
888	Distant radio galaxies	Strom, Spinrad	39
917	Planetary nebulae near the galactic center	Pottasch, Zijlstra, Bignell	106
936	Radio SN in NGC 891	J.M. v.d. Hulst, de Bruyn, Foley, Schilizzi, Strom, Skillman	7
955	Nova CYG 1986	Spoelstra	24
956	Pulsar reference sources for VLBI	Gurvits, Progrebenko, Popov	20
961	Periodicity in CYG-X3 lightcurve	v. Paradijs, v.d. Klis, Strom	130
962	Precession and relativistic beaming in arc-sec radio jets	Meurs, Roos	61
963	3-point spectra of radio QSO's	Katgert	34
966	WC 7+04-5 variable HD 193793	v.d. Hucht, Williams	17
976	Central source in IC 342	Hummel	12
			<u>455</u>
<u>6 cm VLBI MK2</u>			
87-15G	Second epoch observations of 4 new superluminal candidates	Schalinski	18
87-10G	Study of peak flux-limited sample	Cohen	26
87-04G	Extremely variable quasar 1156+295	McHardy	7
86-20GM	Monotoring superluminal motion in 3C120	Walker	15
87-18G	Core morphology of 3C236	Barthel	12
86-66	Study of the quasar 4C14.82	Gower	9
87-S3	Low frequency variable 1358+624	Foley	4
87-56	Sources at low galactic latitude	A. Pramesh RAO, Ghosh/RAO	11

86-46G	High redshift quasars	Gurvits	31
87-54G	Search for superluminal motion in 2 large quasars	Hooimeyer	17
86-58G	Third epoch observation of a complete sample	Barthel	17
87-05G	Compact structure in NGC1275	Marr	12
87-47	Compact steep spectrum sources 3C286 and 3C343	Schilizzi	13
			192
<hr/>			
<u>6 cm VLBI MK3</u>			
86-69	Dynamics of the radio jets of SS433	Vermeulen	66
86-73G	Extraordinary supernova in NGC891	Strom	5
87-12G	Linear polarization of BL Lac objects	Roberts	24
86-74	"GINFEST" geodetic VLBI	Campbell	24
87-20	X-ray binary star LSI+ 61 303	Taylor	24
87-17G	Astrometric VLBI of M81 and SS433	de Bruyn	9
87-46	High sensitivity observations of NGC 1068	Pedlar	4
87-23	ORI A stellarwind	Felli	4
86-50G	Monitoring the A and B images of lensed quasar 0957 + 561	Gorenstein	6
			166
<hr/>			
<u>18 cm VLBI MK2</u>			
86-78G	Multifrequency observations of 4C39.25	Marscher	8
86-63	Compact source with high rotation measure	Imoue	12
86-65G	Structural variations in the jet of 3C279	Pilbratt	11
85-65	8 CSS sources without low frequency turnover	Fanti	36
86-26	Observations of 3C395 at 18 cm	Banhatti	6

86-33	18 cm observations of 1823+568	O'Dea	3
86-35	Mapping hotspots in circumstellar OH masers	Sivagnanam	13
87-56	Sources at low galactic latitude	Ghosh, Ghosh/RAO	9
87-33	Variations in struc- ture of 3C147	Zhang	12
87-55G	Low frequency variable NRAO140	Marscher	7
			117
<hr/>			
18 cm VLBI MK3			
85-21	Observations of the double quasar 0957+561	Porcas	12
86-34	Magnetic field struc- ture in envelopes of supergiant stars	Diamond	45
86-32	Hotspot morphology of 1422+202	Baath	12
86-61G	The brightest compact source in M82	Wilkinson	14
			83
<hr/>			
21 cm continuum, gemeten met DCB			
922	Low frequency varia- bility	Spoelstra, Ghosh, Gopal-Krishna	32
923	Deep survey comparable to LYNX.3A	M. Oort, Katgert	117
932	WC+04 variable	v.d. Hucht, Williams	44
933	Extended radio beams in SS433	Vermeulen, Schilizzi, Fejes	12
934	Interacting galaxies	Israël, Joseph	44
936	Radio SN in NGC891	J.M. v.d. Hulst, de Bruyn Foley, Schilizzi, Strom, Skillman	49
945	HI and continuum study of the Perseus cluster	de Bruyn, Sancisi	61
946	Observations of very extended sources dis- covered at 92 cm	Wieringa, Katgert	44
948	Flux density scale at 232 MHz	Strom, Qian Shan-Jie, Nan Rendong	13

949	High dynamic range ob- servations of compact sources	Strom, Schalinski, Biermann	12
954	Galactic wind from M82	Seaquist, Henriksen, Odegard	24
955	Nova HER 1987	Spoelstra	49
956	Pulsar reference sources for VLBI	Gurvits, Progrebenko, Popov	18
			519
	<u>21 cm continuum, gemeten met DXB</u>		
932	WC+04 variable	v.d. Hucht, Williams	5
955	Nova HER 1987	Spoelstra	9
			14
	<u>21 cm lijn, gemeten met DXB</u>		
906	Warps in galaxies	Sancisi	6
926	High velocity cloud	Wakker, v. Woerden,	48
	AV	Schwarz	
927	HI absorption in	Taylor, Pottasch	96
	planetary nebulae		
928	HI absorption distance	Taylor, Gregory, Duric	50
	to galactic plane		
	variables		
930	HI in molecular clouds	v.d. Werf, Goss, Roger	168
	near HII regions		
935	HI in galaxies domina- ted by star formation	Israël, Caspers	36
936	Radio SN in NGC891	J.M.v.d. Hulst, de Bruyn, Foley, Schilizzi, Strom, Skillman	12
937	Relation between dark and visible matter in	Broeils, v. Albada, v. Woerden, Sancisi	207
	spiral galaxies		
938	HI in dwarf galaxies	Caspers, Israël, Burton	27
939	HI in NCC2976	J.M.v.d. Hulst, Wesselius, de Jong	24
940	HI envelope of M81	J.M.v.d. Hulst, Appleton	48
941	M101 and N891, holes	J.M.v.d. Hulst, Sancisi, Chevalier	215
	and HVC's		
942	Velocity dispersions	Bottema, v.d. Kruit	5
	in NGC2613		
943	HI distribution in	Bottema, Shostak, v.d. Kruit	101
	NGC4013		

944	HI in NGC3310 and NGC4736	Mulder, v.d. Kruit	24
945	HI and continuum study of the Perseus cluster	de Bruyn, Sancisi	64
947	HI in cooling flows of NGC1275 and M87	Jaffe, Burton, Israël	12
957	HI observations of NGC4546	Oosterloo, Galletta, Sancisi	12
958	Supergiants with large IRAS excess	Taylor, Pottasch	24
960	HI absorption G70.7 + 1.2.	Israël	15
967	The 1 pc ring at Sgr A West	Schwarz, Lasenby	11
			1205
<hr/>			
49 cm continuum, gemeten met DXB			
633	HII regions and SNR's in NCC2403	Israël, Skillman	20
857	Search for HI at high z	Wieringa, de Bruyn, Katgert, Sancisi	48
879	SNR's in IC10	Skillman	13
891	Giant radio galaxies	Spoelstra, Saripalli, Gopal-Krishna	24
893	Nonthermal emission in BCDG's	Skillman, Klein	12
920	Observations at 49 cm of two deep 92 cm fields	Wieringa, v.d. Laan, Katgert	84
921	Low frequency emission of A401	Roland	12
931	Pulsars	Strom, v. Someren Gréve	16
936	Radio SN in NGC891	J.M.v.d. Hulst, de Bruyn, Foley, Schilizzi, Strom, Skillman	12
945	HI and continuum study of the Perseus cluster	de Bruyn, Sancisi	48
949	High dynamic range observations of compact sources	Strom, Schalinski, Biermann	54
950	M33	J.M.v.d. Hulst, Kennicutt	36
951	Time variation in flux of SNR G70.2 + 1.2.	Bakker, Deul	
953	SN1979C in M100	Israël, de Muizon, Braun	12
954	Galactic wind from M82	de Bruyn, J.M.v.d. Hulst	12
		Sequist, Henriksen, Odegard	36

963	3-point spectra of radio QSO's	Katgert, de Ruyter	31
964	Polarized emission from M81 and IC342	Hummel, Beck, Krause	85
965	Polarized emission from NGC4449	Klein, Hummel	32
968	Flare stars	Benz, White, Güdel	24
970	HI in distant galaxy 3C469.1	Strom	59
			670
<u>92 cm continuum, gemeten met DCB</u>			
931	Pulsars	Strom, v. Someren Gréve	109
			109
<u>92 cm continuum, gemeten met DXB</u>			
818	Galactic plane survey	Coleman, Goss, Taylor	246
857	Search for HI at high z	Wieringa, de Bruyn, Katgert, Sancisi	132
971	Large radio galaxies	Willis	105
972	SNR associated with PSR 1930+22	Willis, Routledge, Goss, Vaneldik	14
973	Galactic wakes in Abell clusters	O'Dea, Reynolds	12
974	Cooling flow clusters of galaxies	Jaffe, O'Dea, Baum	42
			551
<u>92 cm VLBI MK2</u>			
86-31G	Observations of PKS 0458-02	Briggs	12
85-27G	Subarcsecond jet structures in 4 SS sources	Schalinski	27
87-63G	Pulsar interstellar scattering	Gwinn	7
			46

Tabel IV. DIVERSE KARAKTERISTIEKEN VAN HET TELESCOOPBEDRIJF

	1987	1986	1985	1984	1983	1982
Aantal projecten	123	139	118	125	96	107
Totaal aantal waarnemingen aantal 12 uurs synthese	6400 190	6500 158	7100 121	5500 165	7500 150	5500 213
Hoeveelheid meetgegevens in Giga-bytes	9.6	9.2	6.2	7.4	6.0	5.0
Telescoop rendement netto % bruto %	50 70	46 65	40 59	46 70	49 70	51 75
Percentage onbruikbare 12-uurs equivalenten ¹⁾	7	2	8	6	6	3
Aantal systeem omschakelingen	51	86	43	46	33	12
Aantal wisselingen van frontend serie	8	10	8	2	3	2
Aantal individuele frontendvervangingen	34	44	42	79	83	44
Aantal keren verrijden	22	21	25	14	12	16
Percentage tijd VLBI	17	22	13	8	14	5

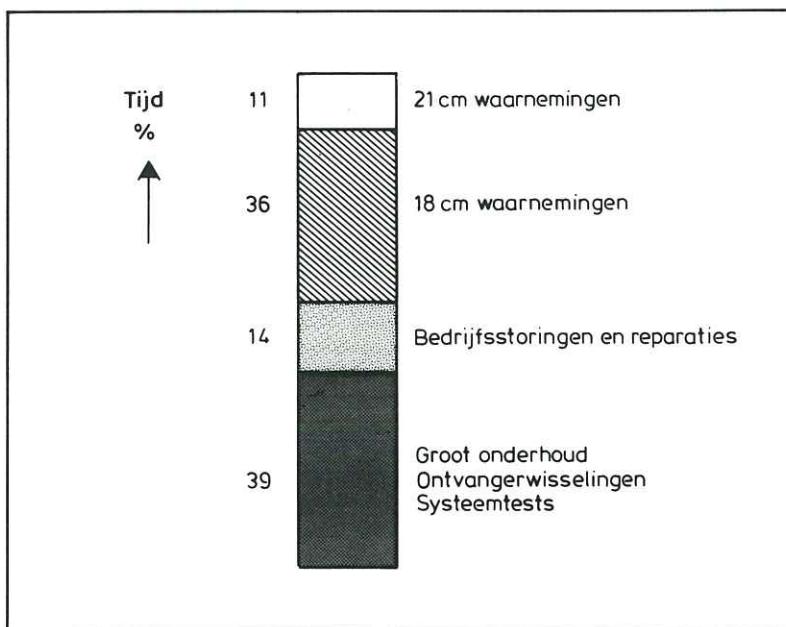
¹⁾ Percentage onbruikbare 12 uurs equivalenten : Onbruikbaar van bruto rendementspercentage.

Tabel V. WAARGENOMEN PROGRAMMA'S IN PERCENTAGES PER CATEGORIE

	1987	1986	1985	1984	1983	1982
Instrumenteel	--	--	--	--	1	1
Geodetisch	1	--	--	--	--	--
Zonnestelsel	--	--	1	1	--	--
Galactisch	34	34	37	23	28	35
Nabije stelsels	28	27	21	23	33	5
Extra-galactisch	37	39	41	53	38	59

2.2. Telescoopgroep Dwingeloo

Er bestond ruime en gevarieerde belangstelling voor het waarnemen met de 25 m telescoop, zoals blijkt uit Tabel 2.2.1. Er kon echter belangrijk minder tijd aan waarnemingen worden besteed door het toenemend aantal bedrijfsstoringen en het mede daardoor noodzakelijke groot onderhoud (zie Figuur 2.2.1.). De voorziene installatie van de 1000-kanaals digitale correlator in de telescoop kon helaas niet meer in 1987 plaatsvinden maar zal en kwartaal vertraagd zijn. Ook het groot onderhoud nam meer tijd dan aanvankelijk voorzien, deels omdat veel vervangingen wel reeds jaren geleden voorbereid waren, maar o.a. door gebrekkige documentatie opnieuw moesten worden uitgezocht. De documentatie wordt geschikt gemaakt voor het huidige bedrijf.



Figuur 2.2.1.: Gebruik van de tijd van de 25 m telescoop te Dwingeloo in 1987.

Useage of the 25 m Dwingeloo telescope.

Projektnr.	Onderwerp	Onderzoekers
<u>21 cm:</u>		
DX46.1	Search for H ₂ ⁺ line	Clark, Zang
D228	H.V.C.	R.J. Habing, Schwarz, Wouts
DX48	System parameter measurements for HI survey	Deul, Kalberla, Herman, Burton
<u>18 cm:</u>		
D595	Light curves of OH-sources	Steeman, van der Velde, Stark, Robeek, Linders, H.J. Habing

Tabel 2.2.1

Onderzoek met de 25 m radiotelescoop te Dwingeloo in 1987.

Research projects run on the 25 m Dwingeloo Telescope during 1987.

2.3. Computergroep

2.3.1. Samenvatting en mutaties

In Westerbork was de meest spectaculaire ontwikkeling die van een systeem om pulsars met bekende periode in kaart te brengen. Verder werd veel aandacht besteed aan een nieuw systeem om het pointing gedrag van de telescopen te bestuderen.

In 1987 werd na rijp beraad en niet zonder aarzeling de beslissing tot aanschaf van een Alliant FX/8 mini-supercomputer genomen. Enerzijds is de rekencapaciteit van RZM hierdoor minstens met een factor 15 vergroot, anderzijds heeft de overgang van VAX VMS bedrijfssystemen naar Unix op de Alliant wel tot gevolg dat vrij veel werk moet worden verzet om reeds geschreven software computer- en bedrijfssysteem onafhankelijk te maken. Dit werk heeft dan ook een wezenlijk mankracht offer geëist in het tweede halfjaar. In eerste instantie is de Alliant naast en in verbinding met de VAX780 en de VAX750 in gebruik genomen. Het is echter de bedoeling in 1988 de beide VAXen in te ruilen tegen een moderner systeem, waarbij tegelijk een deel van de tape-units zal worden vervangen door optische schijf systemen.

De zware bezetting van de VAX computers in Dwingeloo werd nog slechts in geringe mate verlicht door de aanwezigheid van de Alliant, omdat in eerste instantie alleen het AIPS pakket zonder moeite op de nieuwe machine kon worden overgezet. In de loop van 1988 moet hierin geleidelijk verbetering komen.

De standaard reductie van de WSRT metingen verliep het gehele jaar vlot. Daarnaast werd in toenemende mate de redundantie en zelfcalibratie software gebruikt.

De programmatuur voor het archiveren van La Palma gegevens en het weer uit het archief voor gebruikers beschikbaar maken ervan werd dit jaar grotendeels voltooid.

Het operationeel worden van de William Herschel Telescope op La Palma en van de James Clerk Maxwell Telescope op Hawaii hebben hun invloed gehad op de software werkzaamheden van onze medewerkers daar. Het door onze medewerker bij RGO geïnitieerde GHRL project is dit jaar door de samenwerking met het IAC op Tenerife echt van de grond gekomen.

De in het jaarverslag 1986 gesignaleerde belasting van het werk van de computergroep door de weliswaar tijdelijke maar langdurige afwezigheid van een viertal van haar leden (La Palma, Hawaii, RGO/Tenerife, voorzitter van de directie) en het lidmaatschap van de ondernemingsraad van een tweetal heeft ook in 1987 de productie sterk beïnvloed. Tabel 2.3.1 geeft een overzicht van de aan verschillende activiteiten van de computergroep bestede mankracht.

Per 1 april is Tony Foley lid van de computergroep geworden. Vanaf 1 oktober is hij Cees Slottje opgevolgd als hoofd van de reductiegroep. Hij besteedt daaraan ongeveer 50% van zijn tijd,

Tabel 2.3.1

Mankracht verdeling over de computergroep activiteiten

Manpower distribution over computergroup activities

	manjaren	
<u>Dwingeloo Ontwikkeling/Onderhoud</u>		2.92
Infrastructuur	1.79	
Systeembeheer	0.65	
DWARF	0.75	
Diversen	0.39	
Applicaties		1.14
WSRT calibratie/correctie	0.70	
WSRT gegevens analyse	0.19	
Dwingeloo telescoop	0.25	
<u>Westerbork Ontwikkeling/Onderhoud</u>		2.15
Systeembeheer	0.18	
WSRT on-line	0.37	
WSRT off-line	1.45	
VLBI, onderhoud	0.16	
<u>UK/NL Ontwikkeling/Onderhoud</u>		3.57
La Palma archief	0.57	
High Resolution Imaging	1.00	
Detachering La Palma en Hawaii	2.00	
<u>Dienstverlening</u>		5.77
Assistentie WSRT waarnemingen	0.29	
Coördinatie VLBI waarnemingen	0.30	
Reductie WSRT gegevens	2.10	
Assistentie gebruikers	0.46	
Beheer Dwingeloo telescoop	0.40	
Beheer Dwingeloo bibliotheek	0.04	
Ondernemingsraad	0.37	
Publieksvoorzichting	0.04	
Contacten universiteiten, etc.	0.57	
Algemeen RZM, computergroep	1.12	
Coördinatie UK/NL detacheringen	0.08	
<u>Diversen</u>		3.09
Verlof	2.14	
Ziekte	0.40	
Studie/Literatuur/Conferentie	0.41	
Wetenschappelijk onderzoek	0.04	
Overig	0.10	
Totaal aantal manjaren (total # of manyears):		17.50

gedurende de andere helft van zijn tijd coördineert hij de VLBI waarnemingen. Slottje heeft op 1 oktober de computergroep verlaten teneinde hoofd van de CTD te worden. Op 22 september hebben Wim Brouw en Ernst Raimond van functie gewisseld: Brouw is nu voorzitter van de directie, Raimond hoofd van de computergroep. Na dertig jaar in dienst geweest te zijn bij RZM is Sietse Drenth op 31 december met VUT gegaan. Johan Hamaker besloot nog minstens tot de zomer van 1988 op Hawaii te blijven; Peter van der Velde zal waarschijnlijk pas in 1990 van La Palma naar Dwingeloo terugkeren.

2.3.2. Westerbork computers (van Someren Gréve, Grit, Kramer)

2.3.2.1. Real-time programmatuur ontwikkeling

Veel nieuwe on-line programmatuur wordt ontwikkeld ter ondersteuning van de WSRT waarnemingen of om de telescoopgroep te helpen bij het onderzoek naar subtiele problemen in de hardware. Zo is in de eerste maanden van het jaar een speciale software optie gecreëerd om de twee kanalen, waaruit de 2-bits correlatie wordt samengesteld in het DXB, apart te registreren. Hieruit bleek een verschil in timing in de analog-naar-digitaal conversie, dat systematische fouten produceerde. In het begin van de zomer werden pointingmetingen veel efficienter gemaakt. Deze verbetering heeft het mogelijk gemaakt een groot systematisch onderzoek naar het pointing gedrag van de WSRT telescopen te doen.

Vooral astronomisch interessant is de ontwikkeling van programmatuur die het mogelijk maakt met behulp van de acht kanalen van het DCB pulsars met te voren bekende periode in kaart te brengen op verschillende fasen van hun periode. Hierdoor kan onder meer worden vastgesteld hoeveel straling de pulsar uitzendt tussen de pulsen, iets wat met behulp van enkelvoudige radiotelescopen, waarmee tot nu toe het meeste pulsar onderzoek is verricht, heel moeilijk is uit te vinden. Ook kan de positie van de pulsar nauwkeurig worden vastgesteld. Van deze nieuwe waarnemoptie is vooral tijdens de 92-cm periode in het najaar gebruik gemaakt. Het systeem werkt het beste voor pulsars met perioden tussen 0,058 en 1,25 seconden. Ontwikkeling van deze nieuwe waarnem mogelijkheid voor de WSRT is gedurende een aantal maanden de voornaamste activiteit geweest.

2.3.2.2. Off-line programmatuur ontwikkeling

Programmatuur, die niet direct met de besturing van het waarnemingsysteem of met het vergaren van gegevens te maken heeft, en die dus ook niet synchroon met het waarnemgebeuren behoeft te werken, heeft daarmee uiteraard veelal wel een verband, al is het indirect. De ontwikkeling van off-line programmatuur is dan ook voor een deel gekoppeld aan die van de real-time software waarover hierboven is gerapporteerd. Zo zijn nieuwe programma's ontwikkeld om correlatorfouten op te sporen en om pointing metingen nieuwe stijl te analyseren en het resultaat om te zetten in een model

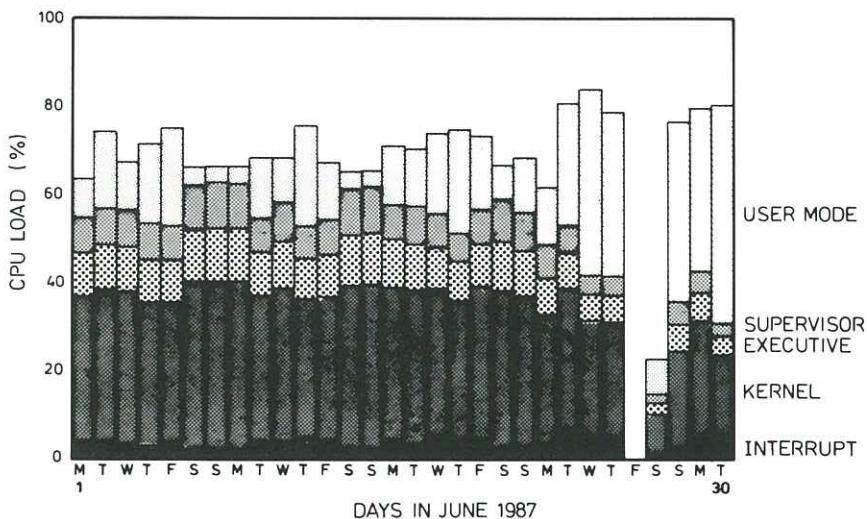


Fig. 2.3.1.
CPU gebruik VAX 780 computer per dag in de maand juni 1987.

CPU useage of the VAX 780 per day in June 1987.

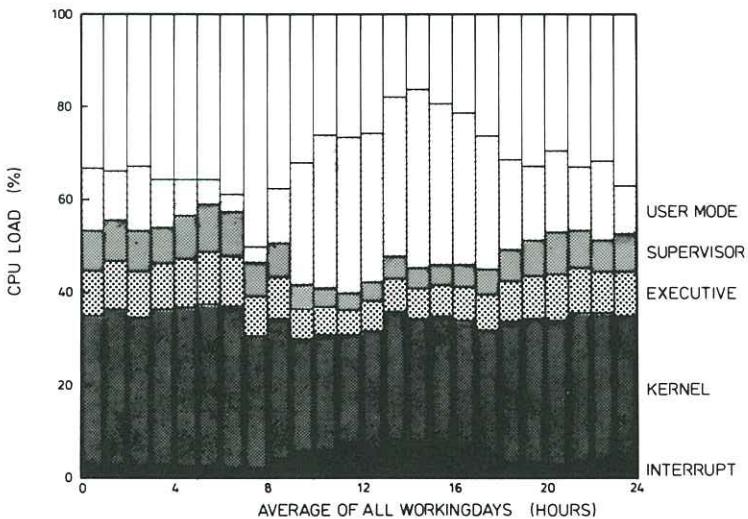


Fig. 2.3.2.
Gemiddeld CPU gebruik VAX 780 per uur in juni 1986.

Average CPU useage VAX 780 in June 1987 per hour.

voor de correctie van de telescoopposities voor ieder punt aan de hemel. Ook zijn programma's geschreven zowel om pulsar-metingen voor te bereiden, als om de eerste reductie ervan te doen.

Het programma waarmee waarneemparameters worden ingevoerd, heeft belangrijke verbeteringen ondergaan. Het gebruik ervan is vergemakkelijkt en de controles op de gespecificeerde parameters zijn uitgebreid. De VLBI programmatuur is op een aantal punten aangepast en verbeterd.

Het moderniseren van bestaande programmatuur is een steeds voortgaande activiteit. Hierbij worden de onder handen genomen programma's gestandaardiseerd en zo mogelijk geoptimaliseerd. Ook worden veel programma's en subroutines die vroeger om snelheidsredenen in assembler waren gecodeerd nu in Fortran 77 herschreven. Dit laatste mede om op den duur minder afhankelijk te worden van het Hewlett Packard computer systeem.

2.3.3. Dwingeloo computers

2.3.3.1. Computer hardware

De bezetting van de beide VAX systemen is het gehele jaar zeer hoog geweest. Dit wordt geïllustreerd door de figuren 2.3.1 en 2.3.2, die respectievelijk de bezetting van de reken-eenheid en van de in- en uitvoerkanalen van de VAX780 weergeven. Het is duidelijk dat de maximale CPU-bezetting, gemiddeld over alle dagen van de maand, het gehele jaar rondom de 90% heeft gelegen terwijl de gemiddelde minimale bezetting vrijwel nooit lager dan 50% was. De VAX750 wordt iets minder door astronomen en meer door de reductiegroep medewerkers gebruikt. Hierdoor vertoont de bezettingsgraad een enigszins ander beeld, maar ook deze machine is het gehele jaar zwaar bezet geweest.

De beide VAXen zijn technologisch verouderd. De dringend nodige vergroting van de capaciteit moet dus door vervanging plaats vinden. Het zou voor de hand liggen alleen de rekeneenheden zelf door modernere VAX systemen te vervangen en de randapparatuur, tape-units en schijfseenheden, merendeels te behouden. Dit wordt echter onmogelijk gemaakt door het feit dat de modernere machines in de VAX serie een radicaal andere bus-structuur hebben dan de VAXen, die we nu hebben. Vervanging van de 780 en de 750 processoren impliceert een vrijwel complete vervanging van randapparatuur. Deze operatie is daardoor zeer kostbaar.

Zowel om de ingenomen ruimte te beperken als om de integriteit van de gegevens te waarborgen moet voor de archivering van de gegevens in de naaste toekomst naar andere media dan magneetband omgezien worden. De optische schijf technologie is hiervoor de meest aangewezen. Om de hierboven geschatte redenen is het echter onverstandig te investeren in nieuwe randapparatuur voor verouderde machines.

Afweging van de door verschillende fabrikanten uitgebrachte offertes heeft, na uitgebreid intern beraad en overleg met de CRIVA tenslotte tot het besluit geleid om de rekencapaciteit in eerste instantie uit te breiden met een snelle mini-supercomputer van het type Alliant, een machine die qua structuur en qua bedrijfssysteem (UNIX) belangrijk verschilt van de VAX. Dit besluit is genomen in de wetenschap dat een belangrijk deel van de zelf ontwikkelde programmatuur en van de van elders ingevoerde pakketten niet zonder inspanning op de nieuwe machine kan worden overgezet.

De Alliant FX/8 computer met drie computing elements, 16 Mbyte intern geheugen, ongeveer 1 Gbyte aan disk ruimte en een 1600/6250 bpi tape unit is omstreeks het midden van het jaar geleverd. Vrijwel onmiddelijk is de door astronomen zeer veel gebruikte AIPS programmatuur, door collegae op Jodrell Bank voor een Alliant geschikt gemaakt, op de machine geïnstalleerd. In de loop van 1988 zal meer en meer van de intensieve gegevensverwerking en analyse door de Alliant worden overgenomen. Hoewel daarmee de ergste druk van de VAXen wordt afgenomen blijft vervanging ervan door een moderner VAX-systeem toch nodig om de compatibiliteit met zuster-instituten in binnen- en buitenland te handhaven. Nu kan echter een "lichter" systeem worden overwogen dan vóór de aanschaf van de Alliant mogelijk was.

Sedert midden november is RZM via een microVAX 2000 aangesloten op het landelijke SURFnet. Een deel van de computer-mail verbindingen verloopt nu via dit net, een ander deel gaat via de reeds vorig jaar in gebruik genomen X-25 aansluiting op DATANET.

2.3.3.2 Programmatuur

a. DWARF (Olndon, Kroodsma)

De infrastructuur waarbinnen onder meer de WSRT standaard reductie en het redundantie pakket werken is DWARF. Bij het ontwikkelen daarvan is op tamelijk grote schaal gebruik gemaakt van de VAX/VMS omgeving. In verband met de komst van de Alliant is besloten uit DWARF de afhankelijkheid van machine en bedrijfssysteem zo veel mogelijk te verwijderen. Dit proces is in de tweede helft van 1987 op gang gebracht. Een dergelijke operatie op een systeem dat in de loop van een aantal jaren door een aantal mensen is ontwikkeld brengt echter al gauw aan het licht dat een wat grotere revisie noodzakelijk is om het nieuwe machine-onafhankelijke systeem overzichtelijk en onderhoudbaar te maken. Het is daarom te voorzien dat pas in de loop van 1988 de volledige migratie naar de Alliant kan plaats vinden.

b. AIPS (Foley en astronomengroep)

De door Jodrell Bank aangepaste versie van het NRAO pakket is in juli op de Alliant geïnstalleerd. Ondanks het feit dat het

DeAnza image-display systeem voorlopig nog alleen via de VAX benaderd kan worden, wordt het intensief gebruikt. De VAX versie ervan is uiteraard ook nog in gebruik.

c. MIDAS (Olnon)

Een nieuwe versie (januari 1987) van dit ESO pakket werd in de zomer geïnstalleerd op verzoek van enkele Utrechtse astronomie studenten. Ondanks het feit dat deze mensen het systeem voor de allereerste maal gebruikten ging alles uitermate vlot, hetgeen de MIDAS groep tot eer strekt.

d. Redundantie (Brouw, Drenth)

Het vóór dit jaar reeds redelijk complete pakket, is uitgebreid met een nieuw programma (RGPLOT), waarmee het gedrag van telescopen en ontvangers op een flexibele manier kan worden geanalyseerd en via MONGO worden geplotted. Het kaartmaak programma is uitgebreid om een willekeurig groot aantal kaarten simultaan te kunnen maken. Het behandelen van polarisatie redundantie is nog in ontwikkeling.

e. WSRT gegevensverwerking (Spoelstra, Vosmeyer)

De reeds enkele jaren geleden voorgenomen grondige revisie van de reductieprogrammatuur is door gebrek aan mankracht nog maar zeer aarzelend op gang gekomen. Een ruwe specificatie is door Brouw gemaakt. Ook werd als voorbereiding een groot aantal modules uit het pakket aangepast of gereviseerd.

Een VAX versie van het reeds in Westerbork bestaande programma DIPOL, waarmee dipool correcties worden berekend, is gerealiseerd.

f. Dwingeloo telescoop (Lem, Drenth)

Aanpassingen werden gemaakt aan de HP programmatuur om de nieuwe elevatieaandrijving van de telescoop te kunnen besturen. Ook werd begonnen aan modificaties van zowel de besturings programma's als de VAX reductie programmatuur om de in 1988 in gebruik te nemen 1024-kanaals correlator te kunnen gebruiken en de gegevens ervan te kunnen calibreren en reduceren.

2.3.4. WSRT gegevensreductie (Slottje/Foley, Moorrees, Boesenkool)

De verandering van de leiding van de groep heeft dankzij een inwerk periode van enige maanden en de ervaring van de andere leden van de reductiegroep niet tot enige verstoring van het verwerkings tempo geleid. De groeiende populariteit van het redundantie en zelfcalibratie pakket heeft de druk op de standaard reductie enigszins verminderd.

Het uitvoeren van de archivering en de calibratie van de WSRT gegevens is in het algemeen binnen 4 weken na de waarneming gereed. In vacante periodes en gedurende 21-cm waarneemperioden

waarin een groot aantal lijnkanalen te reduceren zijn wordt dit tempo niet helemaal gehaald.

De gereduceerde gegevens worden door de astronomen op verschillende ogenblikken opgevraagd voor analyse. De meesten doen het óf binnen twee maanden óf eerst na vijf tot acht maanden, sommigen wachten er meer dan een jaar mee. De reductiegroep heeft dit jaar 269 verzoeken om gecalibreerde gegevens verwerkt. Deze metingen waren in 53 verschillende projecten gedaan.

2.3.5. Brits-Nederlandse projecten

2.3.5.1. Archivering van La Palma gegevens (Van Diepen, Raimond)

Dit jaar werd feitelijke ervaring opgedaan met het gebruik van de reeds in 1986 aan RGO geleverde programmatuur. Die ervaring heeft geleid tot een aantal kleine modificaties en één wat grotere. Dit betrof de mogelijkheid om de gegevens in het archief in te voeren rechtstreeks vanaf de gestructureerde FITS tape in plaats van via een "packettape". De packettape was in het oorspronkelijke ontwerp, en dus ook in de eerste instantie gemaakte software, gekomen toen nog het plan bestond deze tapes direct op de La Palma sterrenwacht te schrijven. Toen bleek dat dit in de praktijk niet goed meer te realiseren was, lag het voor de hand de FITS tapes rechtstreeks als invoer medium te gebruiken. Tegen het eind van 1987 waren ongeveer 10000 waarnemingen gearchiveerd.

Inmiddels is ook de programmatuur voor het opzoeken en beschikbaar krijgen van waarnemingen of andere gegevens in de waarnemingen catalogus en in de archief index gereed gekomen en afgeleverd. De gebruikers handleiding, die bij deze programmatuur behoort is nog niet geheel klaar. Wel is het programma voorzien van zeer uitgebreide en gedetailleerde "help" informatie, zodat het ook zonder de handleiding wel te gebruiken is.

Begin 1988 wordt een voorstel voor een nieuwe derde fase van het project op RGO besproken. Het oorspronkelijk in het contract vervatte voorstel is door de feitelijke ontwikkelingen op de La Palma sterrenwacht achterhaald en daarom niet langer relevant.

2.3.5.2. Groundbased High Resolution Imaging Laboratory (Noordam)

GHRIL is een optische tafel op één van de Nasmyth platforms van de 4,2 meter William Herschel telescoop op La Palma, waarvoor het plan in de loop van de vorige jaren is ontwikkeld. Gebruikers kunnen hierop een, mogelijk experimenteel, instrument opzetten om gebruik te maken van korte perioden waarneemtijd met gunstige atmosferische condities. Gezorgd wordt voor een infrastructuur (optische hulpmiddelen, detectors en data verwerkings systeem) die geoptimaliseerd is voor het nemen van vele korte opnamen. De GHRIL is ontwikkeld met het oog op High Resolution Imaging, maar is ook geschikt voor andere doeleinden.

In februari 1987 heeft GHRIL een solide ondergrond gekregen met het sluiten van een overeenkomst tussen RGO, RZM en het IAC

(Instituto de Astrofisica de Canarias) op Tenerife. IAC neemt voor 50 procent deel aan het project, huisvest het hoofdkwartier, en heeft een aantal jonge ingenieurs in dienst genomen om electro-nische en optische instrumenten te bouwen voor de GHRIL. Zij hebben het eerste halfjaar bij RGO en RZM doorgebracht om deze instituten te leren kennen en een bijdrage te leveren aan de voorbereidingen. Gedurende deze periode werden een tweetal gezamenlijke IAC-RZM vergaderingen gehouden in Dwingeloo, waar het ontwerp van Bregman voor het gegevens-verwerkingsysteem werd besproken. In september werd het project onder leiding van Noordam voortgezet vanuit het nieuwe GHRIL hoofdkwartier bij het IAC op Tenerife. RGO werd overreed om de GHRIL in januari 1988 op de telescoop te installeren. De verwachting is dat de GHRIL in september 1988 gereed zal zijn voor echte waarnemingen.

2.3.6. Exploitatie La Palma en Hawaii sterrenwachten

2.3.6.1. Detachering La Palma (Van der Velde)

Het zwaartepunt van het werk ligt nog steeds bij de ondersteuning van de waarnemingen met de Isaac Newton telescoop en de Jacobus Kapteyn telescoop en bij het achterhalen en corrigeren van problemen met de besturings en gegevens acquisitie software. Ruim drie jaar ervaring en het voornemen de detachering pas in het najaar van 1990 te beëindigen betekent dat in zekere zin langzaamhand een sleutelpositie wordt ingenomen. Met het in bedrijf komen van de William Herschel telescoop en ook van een VAX8300 voor algemene gegevensverwerking is het werk niet alleen veranderd, maar ook gevarieerder en interessanter geworden.

Naast het computerwerk zijn algemene taken op de La Palma sterrenwacht, zoals het regelmatig optreden als "duty officer" (voor een periode van 24 uur de eerst verantwoordelijke voor de dagelijkse gang van zaken), een belangrijke plaats gaan innemen.

2.3.6.2. Detachering Hawaii (Hamaker)

Hoewel officieel geopend op 27 april is de James Clerk Maxwell Telescoop nog allerminst af. Niettemin wordt hij sinds juli voor wetenschappelijke waarnemingen gebruikt, en dat vanaf september zelfs gedurende 16 uur per dag. Ondanks gebrekkig functionerende programmatuur, talloze kinderziekten in de mechanische en electronische subsystemen en een voor de helft kersverse operateursploeg, gelukt dit redelijk.

Voor de programmatuur bestaat geen uitgewerkt systeemconcept. Wie denkt dat ADAM, de software infrastructuur die ontwikkeld is voor gebruik bij een aantal Britse telescopen, op een dergelijk concept gebaseerd is, komt bedrogen uit. ADAM is in feite niet meer dan een verzameling hulpmiddelen, waarvan het gebruik aan de programmeur wordt overgelaten: een kist gereedschap waarmee men maar moet zien een huis te ontwerpen.

Zoals dan te verwachten is, zien de tot dusver gebouwde ADAM huizen er zeer verschillend uit, en er is geen sprake van dat ADAM tot wezenlijke standaardisatie in besturingsprogramma's heeft geleid. Dit werd dramatisch gedemonstreerd bij het overbrengen van UKT14, een bolometerontvanger voor continuumwaarnemingen, van UKIRT naar de JCMT: Het bijbehorende programma moest volledig herschreven worden. Ook een in september in Hilo gehouden ADAM workshop, met deelnemers van RGO, AAO (Australië), UKIRT en JCMT (Hawaii) toonde duidelijk aan dat naar echte standaardisatie nog een lange weg te gaan is.

ADAM geeft aan met welke middelen verschillende programma's met elkaar en met de gebruiker communiceren, maar niet wat de vorm en de inhoud van de uit te wisselen boodschappen is. Het ontwikkelen, in samenwerking met collega's uit Cambridge en RAL, van een inhoudelijk communicatieprotocol vormde de hoofdschotel van het werk op Hawaii in 1987. Het gaat daarbij om het definiëren van:

- een algemeen model van de hardware, dat geldig is voor elke ontvangerconfiguratie en dat de "logische" eenheden definieert die door de verschillende programma's ("D-tasks") in het systeem worden bestuurd;
- een aantal "observing primitives", opdrachten die de door de verschillende delen van het telescoop- en ontvangersysteem uit te voeren acties beschrijven op een manier die onafhankelijk is van de eigenschappen van individuele instrumenten;
- de informatie, die bij elke actie tussen de D-tasks moet worden uitgewisseld; daarbij moet ook rekening gehouden worden met situaties waarin een enkele D-task "in vitro" getest wordt, en de normaliter van andere programma's te ontvangen gegevens op een andere manier verkregen moeten worden;
- de wijze waarop de verkregen waarneemgegevens in opeenvolgende acties tot een (voorlopig) gereduceerd resultaat worden verwerkt.

Het conceptuele resultaat van dit werk, het "Control Data Interface" (CDI) protocol, was tegen de zomer gereed en is sinds die tijd nog aanmerkelijk verfijnd. De "materiële" implementatie, in de vorm van een verzameling door alle D-tasks te gebruiken subroutines, naderde tegen de jaarwisseling zijn voltooiing. De CDI routines zijn ingewikkeld, doordat zij rekening moeten houden met de talloze fouten die de gebruiker bij het besturen van een ingewikkeld ontvanger- en programmasysteem kan maken.

Het beheersen van deze complexiteit was tot dusver een taak voor de ontwerper van elke D-task. Het is dan ook niet te verwonderen dat zijn werk in manjaren gemeten pleegt te worden. Wij verwachten dat de Control Data Interface deze jaren tot maanden zal reduceren, en dat de investering voor zijn ontwikkeling heel snel zal worden terugverdiend.

2.3.6. Diverse activiteiten

a. Optische interferometrie in de ruimte (Noordam)

Na een aantal jaren van stilstand ontwikkelt de toestand rond de ruimte-interferometrie zich nu relatief snel. Deze ontwikkeling wordt mede veroorzaakt doordat NASA nu een lange-termijn strategie heeft ontwikkeld. Maar vooral doordat het nu veel duidelijker is dan voorheen wat wel en niet mogelijk is in de ruimte. Een belangrijke bijdrage aan dit "nieuwe realisme" werd geleverd door de voorstellers van het OASIS concept (Noordam, Greenaway, Bregman, le Poole), die middels een gedetailleerde analyse hebben aangegeven hoe een wiebelig en vibrerend ruimte-platform voldoende kan worden gestabiliseerd voor optische interferometrie. De sleutel is het gebruik van een heldere referentie-bron op enige afstand van het waar te nemen object, in analogie met de zelf-calibratie die met groot succes in het radio gebied wordt toegepast. Het feit dat dit soort referentie-bronnen door de atmosfeer heen niet bruikbaar is, is tevens de enige rechtvaardiging voor de hoge kosten van een ruimte project.

ESA heeft een nieuwe studie groep benoemd (Space Interferometry Study Team), die in 1989 rapport moet uitbrengen aan de Astronomy Working Group.

b. Waarnemen op afstand (Raimond)

Het werk van de SERC stuurgroep voor het gebruik op afstand van overzeese telescopen vordert zeer moeizaam. Gedeeltelijk is dit het gevolg van een tekort aan mankracht om de nu mogelijke vormen van "remote observing" ook werkelijk te implementeren, maar anderzijds is er grote weerstand van de astronomen om ook maar een deel van de klassieke manier van waarnemen op te geven. En zolang de "programma commissie", in casu PATT niet een wezenlijk deel van de telescooptijd expliciet bestemt voor waarnemingen die geheel of gedeeltelijk zonder de aanwezigheid van de astronomen worden uitgevoerd, is het moeilijk de verdiensten van deze nieuwe waarneemmethoden aan te tonen.

c. Internationale werkgroepen

Op initiatief van de Space Telescope European Coordinating Facility (ST-ECF) en ESO is een aantal jaren geleden een serie workshops over astronomische gegevens verwerking gestart. Bij de meeste daarvan is een vertegenwoordiger van de computergroep aanwezig geweest.

Eind 1986 is uit deze workshops een kleine werkgroep voortgekomen, die zich speciaal bezighoudt met astronomische databases en de toegang daartoe over lange communicatielijnen. Uit algemene belangstelling, maar vooral ook vanuit de ervaringen met het La Palma archief zijn Raimond en van Diepen lid van deze werkgroep.

2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst

2.4.1. Algemeen

Er hebben zich in 1987 belangrijke mutaties binnen Laboratorium en Centrale Technische Dienst voorgedaan. Per 1 oktober volgde C. Slottje, J.F. van der Brugge op als hoofd CTD toen laatstgenoemde van de V.U.T. gebruik maakte. In mei is W. Huiskamp, hoofd bedrijfsdienst, eveneens met de V.U.T. vertrokken. Hij werd medio november vervangen door B. Schipper die in de zomer terug kwam uit Hawaii waar hij 2 jaren bij de JCMT had doorgebracht.

Per 1 september is Ir. G.H. Tan, afgestudeerd aan de Universiteit Twente, in dienst van RZM getreden. Tan is binnen het Laboratorium ingedeeld. Hij zal bijdragen aan het ontwikkelen van nieuwe frontend ontvangers voor de WSRT.

In mei nam F. Karsies, in tijdelijke dienst bij de CTD, ontslag na het aanvaarden van een baan elders. Zijn taak binnen het CCD controller project werd overgenomen door J.P. Berkhout die in tijdelijke dienst van RZM trad.

Eind september hebben wij afscheid genomen van Vijayananarasimha die na een verblijf van een jaar bij het Laboratorium naar India (Tata Instituut) terugkeerde. Vijay is betrokken geweest bij de ontwikkeling van de test procedure t.b.v. de correlator kaart voor de JCMT spectrometer.

De afspraak voor het tijdelijk detacheren van Ir. A. van Ardenne bij SRON, Groningen, werd eind december voor een jaar verlengd. Van Ardenne is bij SRON onder andere belast met ontwikkelingswerk t.b.v. twee dimensionale detectoren voor submillimeter astronomie.

Laboratorium en CTD zijn in 1987 betrokken geweest bij tal van ontwikkelingen waarvan het merendeel t.b.v. de UK/NL samenwerking was. Aan vier grote UK/NL projecten werd gelijktijdig gewerkt hetgeen betekende dat een te krappe bemanning per project beschikbaar was en een zwaar beroep op de eigen produktiemiddelen gedaan werd. Deze situatie heeft als consequenties gehad dat de werkdruk zeer hoog was en menige vertraging optrad.

Van de UK/NL ontwikkelingen kwam het CCD controller project in 1987 in de produktiefase, maar onderging grote vertragingen. Het werk aan het 345 GHz JCMT ontvanger spitste zich uit noodzaak voornamelijk toe op reparatie werkzaamheden o.a. aan het frontend en in het bijzonder aan de signaal-mixer die herhaaldelijk onklaar raakte. Twee nieuwe contracten met SERC werden aangegaan met het doel de bovenstaande 345 GHz ontvanger verder te automatiseren en van reserve onderdelen te voorzien.

Het contract voor de bouw van de JCMT digitale spectrometer werd in 1987 getekend en het project is in de detail ontwerp fase gekomen. Het werk aan multibeam detectors voor de JCMT bleef in de

R en D fase. Problemen o.a. met de SIS junctions en de cryostaten hebben voor vertragingen gezorgd.

Het werk t.b.v. de SRT beperkte zich in 1987 tot het in bedrijf houden van het waarneemsysteem. Pas aan het einde van het jaar kon men op zeer bescheiden schaal nieuwe ontwikkelingen starten die na 1990 moeten leiden tot een nieuwe generatie front-end ontvangers. Bij de in 1987 gehouden HI workshop en ter gelegenheid van het bezoek van de buitenlandse adviseurs van RZM, werden de plannen voor een multifrequency ontvanger besproken.

2.4.2. Projekten ten behoeve van de Westerbork Synthese Radio Telescoop

Frontend ontvangers

Naar aanleiding van de wens die op de HI workshop in juli werd geuit, is een onderzoek gestart naar mogelijkheden om de bandbreedte (2,5 MHz) van de 92 cm ontvangers te vergroten. Eén van de bestaande frontends werd daarvoor met een bandbreedte van 5 MHz uitgerust en voor testdoeleinden bij de waarnemingen betrokken. Ondanks een periode van verhoogd storingsniveau in het gebied rond de 327 MHz bleek deze bandbreedte zeer goed bruikbaar.

Daarnaast is er gewerkt aan een nieuwe lage-ruis voorversterker voor 92 cm golflengte op basis van een NRAO-ontwerp. Het prototype gaf een ruistemperatuur tussen 25 en 30 K bij een versterking van 30 à 35 dB tussen 275 en 375 MHz. De verbetering in ruistemperatuur t.o.v. de oude versterkers bedraagt hiermee circa 50 K. Twee proefexemplaren werden in een frontend aangebracht en met succes op de telescoop getest.

Voor de vervanging van de inmiddels 10 jaar oude (ongekoelde) Micromega parametrische versterkers voor 21 cm golflengte wordt gewerkt aan het ontwerp van een ongekoelde drietrapsversterker, eveneens op basis van een NRAO-model. Gebruik makend van GaAs FET's (type MGF1412) werd een ruistemperatuur van 55 K gehaald. Pogingen werden ondernomen om de versterker met HEMT's uit te rusten om zodoende de temperatuur verder omlaag te brengen, wellicht tot 30 K. De resultaten behaald met Gould transistoren vielen echter tegen. Er wordt nu verder geëxperimenteerd met transistoren van andere fabrikanten.

Er is eveneens grote behoefte aan een lage-ruis 6 cm versterker om de, eveneens meer dan 10 jaar oude, Varian en AIL versterkers te vervangen. Voor het ontwerp van deze nieuwe versterkers wordt gebruik gemaakt van het Touchstone CAD-programma dat op een PC draait. Gebleken is, dat de nauwkeurigheid waarmee de S-parameters voor de te gebruiken transistoren van fabrikantenwege bekend zijn, onvoldoende is om een bruikbare versterker te ontwerpen. In afwachting van voorzieningen om deze parameters zelf te bepalen en daarmee nieuwe versterkers te bouwen, werd een aantal defect geraakte Varian versterkers gerepareerd.

Aan de teleskopen werd door de CTD als gebruikelijk veel aandacht geschenken. Zo kwam het slijpen van de quadranten van telescoop 2 in 1987 gereed. Bovendien werd aan de onderhoudsvervanging van de flexibele signalerings- een coaxiale bekabeling op de as overgangen gestaag doorgewerkt.

Multifrequency frontends

In de tweede helft van 1987 is een nieuw project daadwerkelijk van start gegaan met het doel een nieuwe generatie frontend-ontvangers voor de WSRT gefaseerd te ontwikkelen. Het nieuwe type multifrequency frontend ontvanger moet de diverse oude frontends, elk voor verschillende golflengte, vervangen. Een globaal mechanisch concept voor de uitvoering daarvan is al gedefinieerd en wordt nu in details uitgewerkt. Er zijn ook plannen om een nieuwe golflengte optie aan te brengen (3,6 cm golflengte voor VLBI doeleinden). Een rotatie-translatie mechanisme moet de gekozen feeds m.b.v. afstandbediening naar hun plaats brengen. Alle frontendontvangers zullen in principe koelbaar worden (echter niet op alle golflengten).

De afstembaarheid van de nieuwe ontvangers zal aanzienlijk vergroot worden bij 92 cm en 21 cm golflengte. Voor dat doel werd aan de feed kant een ontwikkeling gestart. Om de grotere bandbreedte mogelijk te maken is in eerste instantie aan een logaritmisch-periodische antenne in een ronde golfpijp als launcher gedacht.

Metingen aan een geschaald model werden bij de TU Eindhoven uitgevoerd. De launcher bleek een bruikbare frequentieverhouding, f_H/f_L , van circa 1,3 te hebben hetgeen voor 21 cm golflengte gunstig is. Voor de band 327 MHz die bij 200 MHz of nog lager moet beginnen is het gemeten bereik te klein. Bovendien is de isolatiescheiding tussen de twee polarisatie richtingen bij dit type launcher aan de lage kant. Er zijn ook tests gedaan met een met dielectricum gevulde launcher met het doel bijv. 200 MHz nog mechanisch inpasbare golfpijpfmetingen te bewerkstelligen.

Andere antennesystemen worden eveneens bestudeerd zoals spiraal-antennes en resonante-ring-antennes. Het onderzoek aan feeds wordt met prioriteit voortgezet omdat vorm en afmetingen hiervan de uitgangspunten vormen voor het mechanische ontwerp van het hele frontend.

Backend ontvangers

Het WSRT ontvangersysteem telt twee backends: het DCB, de breedband (80 MHz) ontvanger voor continuum werk en het DXB, voor spectraallijn-werk. Beide hebben in 1987 over het algemeen goed gefunctioneerd en weinig problemen gegeven.

Met het DXB is in het eerste kwartaal een fase probleem gerezien met 2-bit metingen, dat opgespoord werd dankzij redundantie-basislijn metingen. Het probleem bleek te liggen bij de A/D omzetters waarvan de afregeling te wensen over liet. Dit was de aanleiding voor een grondige opknapbeurt van alle A/D omzetters, waarna de tijdverschillen bij bemonstering van de verschillende niveaus teruggebracht waren tot aanvaardbare waarden (1 nsec). Daarmee waren de faseresiduen teruggebracht tot het niveau van 1 graad electricisch. Een fout in de uitlezing van de A/D omzetters van het DCB werd eveneens ontdekt en verholpen.

In verband met het ontwerp van het backplane voor de JCMT correlator is een ontwerpstudie uitgevoerd voor de in de toekomst te bouwen correlator voor de WSRT. Dit betrof allereerst een inventarisatie van configuraties aan de hand van verschillende systeem architecturen met als oogmerk na te gaan of er een verbindingssstructuur te vinden is die zowel voor de JCMT correlator als voor de Westerbork correlator acceptabel is. Dit blijkt voor een configuratie die alle redundante basislijnen produceert inderdaad het geval te zijn.

Verder is nagegaan welke eisen er aan een dergelijk backplane gesteld moeten worden wanneer de correlator in een hoge tijdresolutie mode moet werken, bijv. ten behoeve van pulsar waarnemingen. Het (gezamenlijke) backplane is nu grotendeels gedefinieerd en er is een begin gemaakt met de inventarisatie van extra eisen die aan het besturingsgedeelte voor een soortgelijke opzet gesteld moeten worden.

VLBI projekten

VLBI mark III systeem

De hardware voor de fase en amplitude calibratie van de Mark III terminal is begin 1987 gereed gekomen en geïnstalleerd. De fase-calibratie tussen banden vindt plaats door middel van injectie van 1 MHz signalen (1 MHz rail). Vanaf maart is dit calibratie systeem operationeel. Een eerste aanzet voor besturings software voor de controller van het Mark III systeem bleek niet goed te funktioneren zodat een nieuwe opgezet moest worden.

De fase-stabiliteit van de DCB-synthesizers, die gebruikt worden voor de conversie van de IF banden naar video, bleek bij Mark III VLBI-metingen marginaal, als gevolg van een ongelijk en groot fase verloop tussen DCB banden onderling. Hierdoor ondervond de fase-calibratie van de Mark III IF-banden veel hinder. Er werd dan ook besloten nieuwe synthesizers te ontwerpen en te bouwen. De nieuwe synthesizer modules kwamen medio 1987 gereed en werden aansluitend in het DCB geïnstalleerd. De fasestabiliteit als functie van de temperatuur bleek nu ongeveer 15 keer beter te zijn dan die behaald met de oude synthesizers, waardoor het probleem

van het ongelijke faseverloop tussen DCB banden onderling in de praktijk is opgelost.

Binnen het EVN werd besloten de registratie-dichtheid van het Mark III systeem naar het voorbeeld van de Amerikanen met een factor 12 te vergroten. Het bouwen van de daarvoor benodigde hardware werd gesplitst in taken die aan de deelnemende instituten werden toevertrouwd. Zodoende kreeg RZM het ontwerp en de fabrikage van de analoge kaarten t.b.v. alle EVN instituten toegedeeld. Medio 1987 was die taak afgerond.

Ten behoeve van een geodetische meting (GINFEST), in mei, werd een 6 cm polarisator ontworpen en vervaardigd. Over een frequentie-band van 4600 tot 5100 MHz, bedraagt de fase draaiing $90.8^\circ \pm .5^\circ$. Daardoor kon met één enkele Westerbork telescoop in de circulaire gepolariseerde mode worden gemeten.

Waterstof maser

De waterstof maser die voor VLBI als standaard oscillator dient, moest medio 1987 gerepareerd worden. Op 8 juni bleek een van de twee ionenpompen defekt te zijn geraakt. Beide pompen werden gedemonteerd en grondig gereviseerd.

In een eerste stadium van revisie bleken er problemen met de demagnetisatie van de maser. Dit werd toegeschreven aan de overgangsweerstand in het demagnetiseringscircuit, die door corrosie te hoog en instabiel was geworden. Van de gelegenheid werd gebruik gemaakt om alle magnetische schermen af te nemen en het demagnetiseringscircuit te verbeteren.

RadioAstron projekt

De 6 cm ontvanger voor deze VLBI satelliet moet, volgens afspraak binnen het EVN, voor een deel door RZM geleverd worden. De ontvanger is nu vrijwel volledig gedefinieerd. Begin 1987 werd een "kick-off" vergadering in Dwingeloo georganiseerd waarbij de officiële start van het project werd aangekondigd. In april werd in Moskou de officiële overeenkomst tussen IKI (Space Research Institute van de USSR) en EVN getekend.

Eind 1987 waren de meeste onderdelen aanwezig om met het samen bouwen te kunnen beginnen. Voor monitoring doeleinden werd "in huis" de total-power-detector met ADC (space qualified) ontwikkeld en gebouwd. Een tweede projekt bespreking vond in december in Moskou plaats waar detail afspraken werden gemaakt.

QUASAT

In het kader van QUASAT hebben een aantal werkbesprekingen plaatsgevonden o.a. bij Aeritalia (prime contractor fase A studie). Bij deze besprekingen werd advies gegeven o.a. omtrent het door CSELT ontwikkelde feed systeem. Uitgebreid aandacht werd ook aan de telescoop/feed-configuratie gegeven (offset versus center-fed parabool).

2.4.3. Projecten ten behoeve van de UK/NL samenwerking

JCMT 345 GHz heterodyne ontvanger (ontvanger B)

Deze ontvanger voor 800 μ m golflengte werd in de loop van november 1986 op de telescoop geïnstalleerd en in december gebruikt voor telescoop testdoeleinden. Bij deze tests werd een aantal lijnen gedetecteerd (zie vorig jaarverslag).

Ten gevolge van een groot aantal netstoringen op de berg en het daarmee gepaard gaande uitvallen en opwarmen van het cryogene systeem van de ontvanger, zijn de eigenschappen van de signaal-mixer zodanig verslechterd dat deze nauwelijks nog bruikbaar was. De mixer werd toen voor reparatie naar Dwingeloo gestuurd. Inmiddels was de beslissing genomen om een reserve mixer te fabriceren evenals een aantal kritische componenten zoals harmonic mixer, koelbare 1,5 GHz lage-ruis FET-versterker en 11 GHz power-versterkers voor het phaselockssysteem.

In de loop van juni bracht Woestenburg een viertal weken door op Hawaii om de 345 GHz ontvanger (receiver B) weer in orde te brengen. De inmiddels gerepareerde signaalmixer werd in de cryo-staat geïnstalleerd en getest. Helaas werd door ongelukkige behandeling de signaalmixer voor de tweede maal beschadigd. Na reparatie in Dwingeloo sneeuvelde hij opnieuw, deze keer bij het transport. De reserve signaal mixer werd toen, medio september, naar Hawaii gestuurd.

Eind november bracht Woestenburg opnieuw een viertal weken door bij de JCMT om de commissioning van ontvanger B te begeleiden. Na reparatie van een defect in het phaselockssysteem kon de ontvanger in de telescoop geïnstalleerd worden en uitgebreid getest in combinatie met de AOS (Acousto Optic Spectrograph). Na een week werden de testwaarnemingen met succes afgesloten, zodat het systeem beschikbaar kwam voor astronomische waarnemingen. Deze zijn zeer succesvol verlopen.

Het is duidelijk dat de problemen met de signaal mixer heel veel mankracht hebben opgeëist. Tijdens de commissioning periode in december verslechterde de signaal mixer (de reserve) weer; deze kon echter prompt vervangen worden. Het is inmiddels duidelijk geworden dat de problemen voornamelijk ontstaan tijdens manipulaties t.g.v. statische ontlading, waartegen het diodekontakt niet

bestand is. Er is nu een beveiliging aangebracht, terwijl tevens nauwkeurige gebruiksaanwijzingen zijn opgesteld.

De tests in december hebben meer duidelijkheid gegeven omtrent de systeem temperatuur van ontvanger B. Het is gebleken dat de op de telescoop gemeten ruistemparatuur hoger ligt dan die, welke men in het laboratorium meet. Ontwikkelingswerk is nodig om de verschillen te verklaren en verbetering aan te brengen. Dientengevolge werd besloten een nieuwe signaalmixer te bouwen waarmee in het laboratorium uitvoeriger geëxperimenteerd zal kunnen worden.

Automatisering HVS (High Voltage Supply)

Begin 1987 werd met ROE een overeenkomst getekend voor de automatisering van de Siemel hoogspanning voeding voor het carci-notron van ontvanger B. Met dit project draagt RZM 2,5 manjaren bij aan de JCMT operatie fase. Het huidige systeem moet nog steeds met de hand ingesteld worden, weliswaar met behulp van de controller (PC) die de algehele afregeling coördineert. Het voorgestelde plan bevat een OS-9 controller die bestuurd wordt door de PC via een GPIB-link en de "line-" en "anode-" spanning van de HVS regelt. De problemen met de signaal mixer hebben dit project aanzienlijk vertraagd.

In het kader van dit project werd veel aandacht gegeven aan de bouw van een kopie voor testdoeleinden, van het phaselock-systeem. Tegen het eind van het jaar was de kopie vrijwel gereed. Tegelijkertijd daarmee werd aan het schrijven van de benodigde software (OS-9) gewerkt.

470 GHz Schottky diode mixer

In de R en D-fase werd RZM een contract gegund voor het ontwerpen van een 470 GHz signaal mixer (koelbaar). Metingen aan een prototype van een mixer hadden getoond dat de gekozen constructie, op basis van een geschaalde versie van de 345 GHz mixer, nog net mogelijk was. Er werd toen besloten een tweede model te bouwen en uitvoerig te testen. De problemen rond de 345 GHz mixer hebben dit project aanzienlijk vertraagd. Wel konden in het vierde kwartaal ruismetingen uitgevoerd worden aan de nieuwe mixer. De eerste resultaten voor de ongekoelde mixer zijn bemoedigend: 1100K DSB (Double Side Band) bij 450 GHz. Verdere optimalisatie als functie van de frequentie is wel noodzakelijk.

Als vervolg op deze ontwikkeling en als respons op een "Announcement of Opportunity" door ROE werd voorgesteld een 470 GHz systeem te ontwerpen. Het plan zou in fasen geëffectueerd kunnen worden, met als eerste fase de bouw van een operationele signaal mixer, met cryostaat. Het plan van RZM stelt voor om de

huidige 345 GHz ontvanger naar 470 GHz te verstemmen. Dit is mogelijk aangezien het phaselocksysteem voldoende breedbandig is.

Het plan werd, voor zover het fase één betreft, door ROE goedgekeurd. De implementatie op de telescoop hangt af van de verdere plannen bij de JCMT. Een door MRAO gelanceerd voorstel is om de 345 GHz ontvanger volledig vrij te maken voor de verstemming door een nieuwe ontvanger (maar met solid state LO) door MRAO te laten ontwerpen en bouwen.

Digital Autocorrelation Spectrometer (DAS)

In het eerste kwartaal werd een contract met ROE getekend voor het ontwerp en de bouw door RZM van een digitale autocorrelator met 2000 kanalen en 2 GHz bandbreedte voor de JCMT. Op verzoek van ROE heeft RZM ook op zich genomen de D-task voor de spectrometer te schrijven. Deze software die in het ADAM-systeem moet passen zal in een apart kontrakt opgenomen worden. Volgens plan zal de DAS met de D-task in Dwingeloo uitvoerig getest worden voor hij, in mei 1989, naar Hawaii verzonden worden. Ten behoeve van de tests wordt door ROE een Microvax computer aangeschaft (met GPIB interface naar de DAS), die voor de duur van de tests in Dwingeloo gestationeerd zal worden.

Het DAS-project is verdeeld in drie subsystemen: de omzetter van midden-frequent naar video, de A/D-omzetters en de correlator zelf. Daarnaast moet de bijbehorende besturings- en testsoftware ontwikkeld worden.

De omzetter van middenfrequent naar video voor de DAS sluit aan op het JCMT standaard IF systeem (vorig jaar door RZM gebouwd en afgeleverd) en deze bestaat in feite uit een filterbank, die 2 ingangssignalen met een frequentie van 1 tot 2 GHz omzet naar 2 maal 8 banden van ieder 125 MHz. De 8 banden overlappen enigszins om het 2 GHz brede spectrum aaneensluitend te kunnen reconstrueren.

Voor de conversie naar video wordt gebruik gemaakt van afstembare VCO's over een breed gebied. Daarmee is voldoende flexibiliteit in het systeem ingebouwd om een multibeam-detector aan te kunnen sluiten.

De ontwerpfase voor het systeem was eind 1987 praktisch afgesloten, zodat de nodige bestellingen geplaatst konden worden.

De verkregen 16 videobandsignalen worden vervolgens omgezet in digitale signalen door 2-bit A/D omzetters, die werken met een effectieve klokfrequentie van 320 MHz. In werkelijkheid wordt uit praktische overwegingen gebruik gemaakt van twee parallelle omzetters die beide met een 160 MHz klok werken, maar waarbij de analoge ingangssignalen over een halve klokperiode verschoven zijn. Voor het stabiliseren van de referentie-niveaus is een regellus ontworpen die gebruik maakt van een zogenaamd synthesizer-circuit van het fabrikaat Plessey. Hierdoor kan de schakeling zeer compact gehouden worden. Het ontwerp is zodanig dat het als basis-module

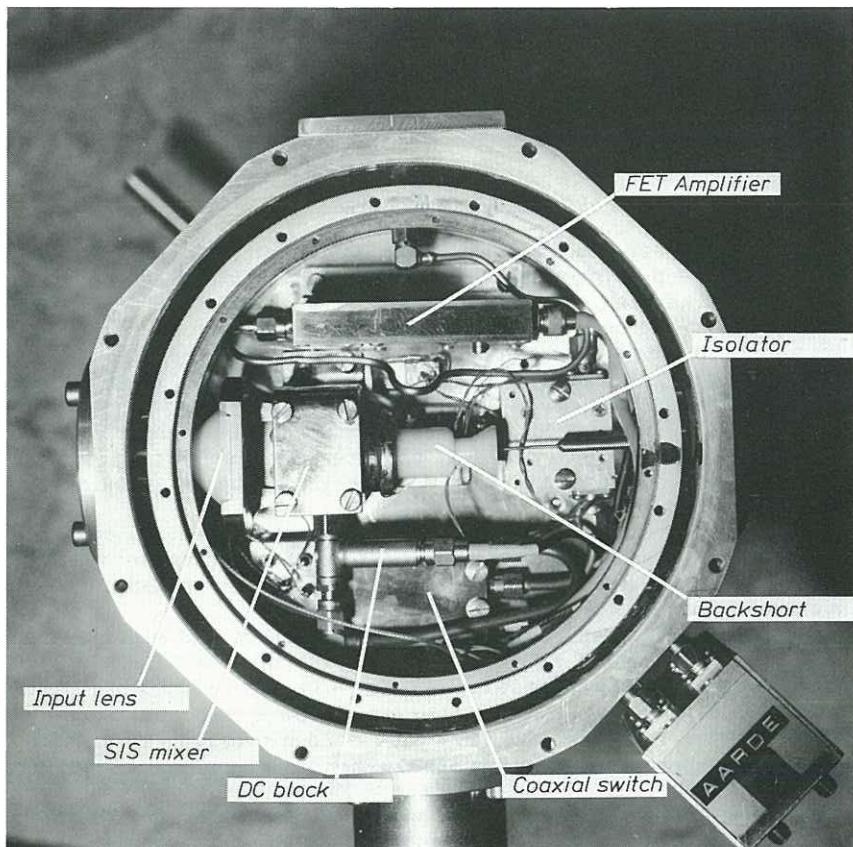


Fig. 2.4.1.

Foto van de helium-cryostat voor de SIS-detector op 350 GHz. De foto laat de bodemplaat zien van de HD-2 cryostaat waarop de verschillende op de foto aangeduiden onderdelen zijn gemonteerd.

Fig. 2.4.1.

Photo of the helium cryostat for the SIS detector at 350 GHz. The photo shows the bottom plate of the HD-2 cryostat on which the various modules, identified on the picture, are mounted.

voor een toekomstig systeem in Westerbork gebruikt kan worden. Tegen het eind van 1987 was een prototype van de omzetter vrijwel gereed.

De 16 uitgangssignalen van de A/D omzetter worden via een zogenaamde "crossbar" toegevoerd aan het correlatorsysteem. Dit bestaat uit 16 correlatorkaarten, een besturings- en een integratiegedeelte.

De realisatie van de correlatorkaart, die 64 correlatorchips moet huisvesten, heeft langer geduurd dan verwacht en vrijwel het eerste half jaar gevergd. Voor het testen van deze kaart is een aparte testopstelling in ontwikkeling waarvan de bouwstenen prototypes zijn voor de 1024-kanaals correlator voor Dwingeloo en de DAS. Dit betreft met name het besturings en integratie gedeelte. Inmiddels is een deel van de programmatuur voor de besturing en het testen van de correlator geschreven en getest.

In de loop van december bracht A. Bos een bezoek aan de JCMT met het doel de omstandigheden ter plaatse waar te nemen en de staf uitleg te geven over de nieuwe spectrograaf.

JCMT multibeam project

Het werk aan de SIS-mixer heeft grote vertraging opgelopen. Ten dele was dit het gevolg van problemen met de gebruikte heliumcryostaat, waardoor die herhaaldelijk wegens lekkage terug moest naar de instrumentmakerij. Reparatie kostte uiteindelijk te veel tijd en resulteerde in definitieve afschrijving van de dewar. Het bleek dat de kwetsbare wand van de binnenvloer tal van microscopisch kleine gaatjes bevatte. Een nieuwe dewar werd besteld en in het vierde kwartaal ontvangen. Direct daarna werd deze dewar gemodificeerd om de verschillende voorzieningen zoals temperatuur-sensors, helmholzspoel, coaxiale relais, etc. te kunnen monteren.

In het laatste kwartaal werden met de nieuwe cryostaat (zie foto Figuur 2.4.1) en een nieuwe batch SIS-junctions (lood junctions uit Kent University) metingen verricht. Als gevolg van de slechte kwaliteit van de junctions zijn nog geen goede resultaten behaald.

De tweede trap voor de SIS-mixer bestaat uit een gekoelde FET versterker. Oorspronkelijk was het de bedoeling een versterker op 4 GHz te gebruiken. Metingen brachten aan het licht dat de stabiliteit op 4 GHz onvoldoende was. Bovendien zijn de dissipatie en de ruistemperatuur van de 4 GHz versterker relatief hoog. Er werd derhalve besloten de middenfrequentie op 1,5 GHz te kiezen en nieuwe lage-ruis, lage-dissipatie versterkers (gekoelde) te ontwerpen. De lage dissipatie is van groot belang wil men de thermische belasting op de dewar in een multibeam configuratie binnen de perken houden. Omdat lage dissipatie ten koste gaat van lage ruis, is na eerste metingen begonnen met het ontwikkelen van versterkers met HEMT's.

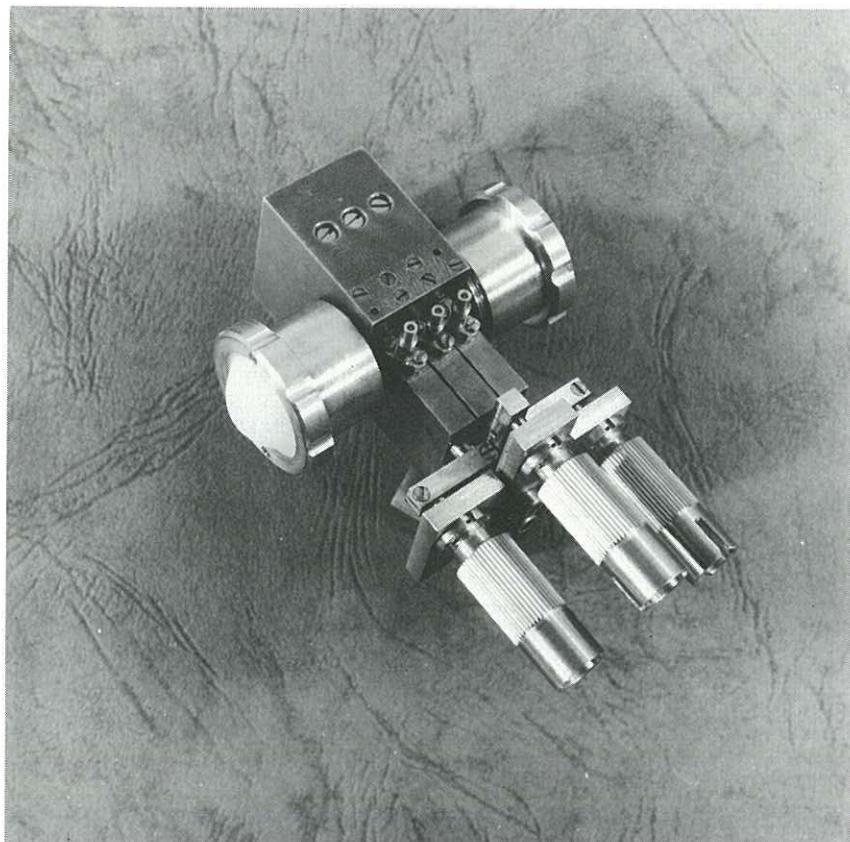


Fig. 2.4.2.

Foto van de SIS-detektor met 3 bundels voor 350 GHz. De twee lenzen aan de zijkant van het detektorblok dienen om het local oscillator signaal in en uit te koppelen. Aan de achterkant van de detektor ziet men de drie stelschroeven voor het afregelen van de mixers.

Fig. 2.4.2.

Photo of the 3 beam SIS detector for 350 GHz. The two lenses on either side of the detector block provide for the local oscillator coupling (input and output lenses). On the back of the detector block one can see the three adjustment screws for the tuning of the backshorts.

Er zijn begin 1987 metingen aan lood SIS-junctions uitgevoerd om hun betrouwbaarheid vast te stellen. Het is gebleken dat, mits men de nodige voorzorgmaatregelen neemt, de junctions herhaaldelijk gekoeld kunnen worden. Bij de tests heeft een der junctions meer dan 10 maal een temperatuur cyclus overleefd. Daarbij moet de junction in vacuum gehouden worden, om te voorkomen dat het lood door waterdamp wordt aangetast.

Problemen met de backshort van de SIS-mixers hebben zich herhaaldelijk voorgedaan door aanvriezing aan de backshort.

Voor het ontwerp van de SIS-mixer wordt gebruik gemaakt van een geschaald model (op 7 GHz). Metingen aan het model zijn verricht met het doel o.a. de "embedding"-impedantie en de signaal-impedantie te bepalen. Gebruik makend van Touchstone werd een lumped-element-model berekend voor de junction inclusief IF-structuur.

Begin 1987 zijn metingen uitgevoerd aan de 350 GHz cross-guide coupler (note 507). De "coupling holes" in de coupler hebben de vorm van kruisjes van zeer kleine afmetingen ($320 \times 45 \mu\text{m}$ streeppjes). De koppeling ligt tussen 15 en 20 dB tussen 310 en 375 GHz. De directivity ligt boven de 20 dB.

Vervolgens kwam het ontwerp voor een 3-beam SIS-detector gereed, zodat aan de bouw daarvan begonnen kon worden. Tegen het eind van het jaar was het geheel vrijwel gereed, zoals te zien is op de foto (Figuur 2.4.2.). Op de tekening bij Figuur 2.4.3. kan men de interne constructie van de detector volgen. De detector bestaat uit een aantal blokken waarin geëlectroformeerde kanalen zijn aangebracht die nauwkeurig op elkaar moeten aansluiten. De kanalen zijn rechthoekige golfpijpen. Voor het LO-kanaal wordt gebruik gemaakt van een tapered-rechthoekige golfpijp. De koppelingsgaten of irissen worden in dunne ($7,8 \mu\text{m}$ dikte) koper folie geëtst.

Ook werd aandacht aan het ontwerp van de cryostaat voor de 3-beam detector geschonken. Onderzoek is verricht naar filters, die in de vrij grote opening aan de signaal kant gebracht moeten worden, teneinde de thermische belasting te verlagen. Dit filter is bij SRON, Groningen gefabriceerd. Hiertoe dient o.a. een absorptie filter, gebruik makend van een speciaal poeder (cesium-fluoride en magnesiumoxide), dat op het tussenscherm wordt gemonsterd. Daarnaast is een resonant reflectie-filter ontworpen en bij QMC, Londen, met behulp van hun Michelson-interferometer doorgemeten. Na metingen bleek dit filter te smalbandig te zijn en bovendien niet op de juiste frequentie gecentreerd, zodat naar alternatieveën wordt gezocht.

Veel tijd is ook aan het ontwerp van lenzen voor het multi-beamsysteem besteed. Om de ingangsreflecties te reduceren zijn gegroeefde $\lambda/4$ lenzen ontworpen en gemaakt.

In antwoord op een "Announcement of Opportunity" voor de JCMT uit ROE werd een voorstel gedaan voor een gefaseerd project dat moest leiden tot een 4×8 bundel detector voor de 470 GHz band.

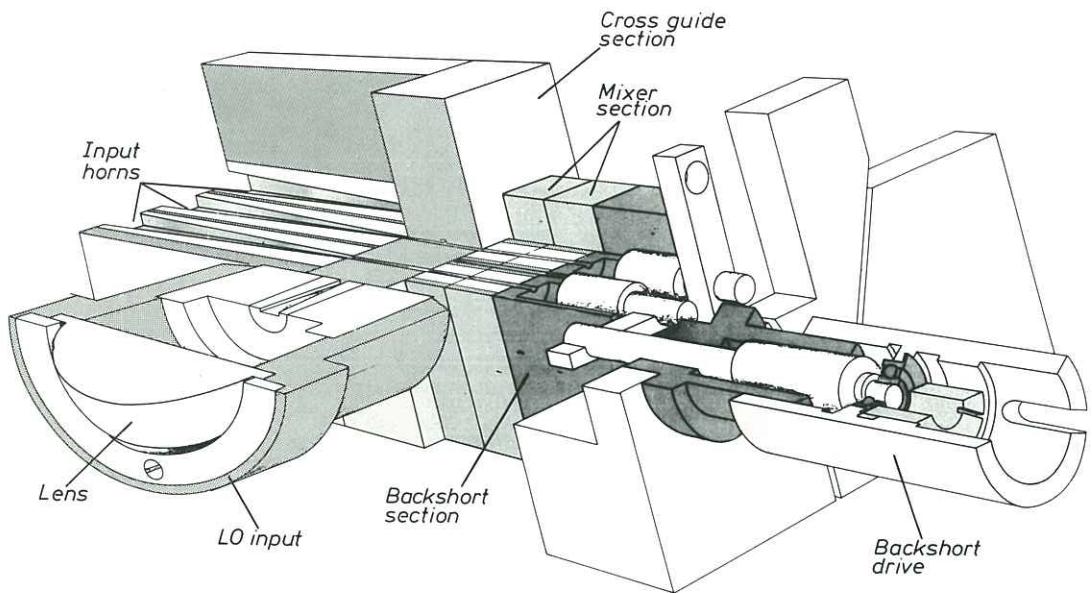


Fig. 2.4.3.

Tekening van de SIS-detektor met 3 bundels voor 350 GHz. De verschillende onderdelen zijn op de tekening aangegeven. De signalen bereiken het mixerdeel via rechthoekige hoorns en golfpijpen. De L.O.-koppeling vindt plaats m.b.v. dwarskoppe-laren. De SIS-juncties worden geplaatst in de kanalen tussen de twee mixer-secties en zijn verbonden aan de coaxiale connectors, te zien op figuur 2.4.2. De totale lengte van de detektor bedraagt ca. 11 cm.

Fig. 2.4.3.

Exploded view of the 3 beam SIS-detector for 350 GHz. The various sections are identified on the picture. The signals reach the mixer section via rectangular horns and waveguides. The LO coupling takes place via the crossguide coupler, at right angle to the input signal waveguide. The SIS junctions are attached in channels between the two mixer sections and are connected to the coaxial connectors shown on figure 2.4.2. The total length of the device is about 11 cm.

Dit voorstel werd gemodificeerd naar de 350 GHz band en door ROE goedgekeurd.

CCD controller projekt

De systeem architectuur van de geïntegreerde CCD controller voor de WHT werd in het vorige jaarverslag uiteengezet. Eind 1986 werd het principe schema in overleg met RGO vastgesteld en tevens afgesproken dat RGO voor de sluiterbesturings- annex temperatuur regelings kaart zou zorgen evenals voor een verticale clockdriver kaart terwijl RZM zorg voor de overige kaarten zou dragen. In totaal moest RZM voor de controller 10 verschillende multilaag-printkaarten ontwerpen en testen. Dit ontwerp vond plaats op het MICAD print ontwikkelsysteem in Dwingeloo en liep parallel met ontwikkelingen voor de DAS, zoals de correlatorkaart. Mede hierdoor kon, na een half jaar vertraging, een compleet controller systeem pas in de loop van november bij RGO gedemonstreerd worden, zij het met een prototype klokdriver kaart. Deze demonstratie toonde aan dat de controller functioneel uitstekend werkte met name de multiplexing van de signalen op de analoge bus voor de 16-bits A/D converter. Met een correlated double-sampler kaart wordt een r.m.s. uitleesruis van 1,1 unit bereikt, terwijl het theoretische minimum 0,8 unit bedraagt. Uitlezing van een cryogene gekoelde CCD gaf in eerste instantie een te hoge uitleesruis, als gevolg van stoorsignalen die door de voorversterker werden opgepikt. Na een grondige analyse in Dwingeloo kon door aanpassing van de aarding in het bias-ontkoppeld-circuit in de voorversterker een uitleesruis tussen 5 en 7 electronen gerealiseerd worden. Hoewel de theoretische minimum waarde wel gehaald wordt, blijkt aansluiting van de voorversterker op de cryostaat kritischer dan verwacht.

Na een groot aantal alternatieven onderzocht te hebben is een low-power driver ontwikkeld met een minimaal aantal circuitcomponenten. Deze driver heeft een stijgtijd die instelbaar is van 0,2 tot 5 μ s, zodat hij in dit laatste geval een capacitive belasting tot 100 μ F kan sturen. Dit is voor de grote Tektronix CCD nodig. In overleg met RGO is besloten te proberen alle klok- en bias-functies op één kaart te integreren. Daardoor resulteerde als prototype een 10-laags print met een uitzonderlijk hoge component dichtheid. Deze bleek weliswaar functioneel direct te werken, maar nadere evaluatie leerde dat het vereenvoudigde terugleescircuit van de telemetrie te veel storing oppikte. Bovendien vertoonden, ten gevolge van de niet optimale layout, de klokflanken parasitaire oscillaties. Oplossing van beide problemen vergt uitbreiding van het aantal circuitcomponenten. Om toch nog alles op één kaart te kunnen bouwen zullen surface-mount-componenten gebruikt worden en zal de tweede set verticale klokken vervallen.

SCASIS projekt

Het SCASIS (Seeing Cell Aperture Synthesis Imaging Spectrometer projekt) heeft in 1987 de versterking gekregen van een OIO op een ASTRON vakature in de persoon van M. de Vos. Na zich op de simulatie software in Groningen ingewerkt te hebben, is ook reeds enig experimenteel werk in Dwingeloo gedaan. Hierbij zijn met een image intensifier wit-licht-fringes met SATSI (Segmented Aperture Tilted Shearing Interferometer) opgenomen, waarbij een door een gloeilamp verlicht pinhole als object diende.

De detektorontwikkeling, die in het SCASIS instrumentatie projektvoorstel aan het La Palma User Committee was ingediend, is inmiddels in het GHRIL (Groundbased High Resolution Imaging Laboratory) projekt opgenomen. De stroomversnelling waarin GHRIL gekomen is door de participatie van het IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias), heeft de ontwikkeling van de tweede-generatie SATSI aanzienlijk vertraagd. Het accent heeft dit jaar op detector- en data-acquisitie-systeem ontwikkeling gelegen.

GHRIL projekt

In januari werd een contract tussen het IAC, RGO en RZM getekend voor de bouw van de GHRIL voor de 4,2 m telescoop (WHT) op La Palma.

In de loop van 1987 werd een aantal IAC medewerkers in Dwingeloo gedetacheerd en ingewerkt ten behoeve van de ontwikkeling van een formatter unit voor een video-cassettorecorder en een photoncounting intensified CCD-camera. Daarnaast werd in Dwingeloo een data-interface ontwikkeld voor het op een PC geënte data-acquisitie-systeem.

Het evalueren van de CCD-TV-camera met beeldversterkers kon door vertraagde aflevering niet samen met de IAC medewerkers plaatsvinden. De evaluatie vond plaats in de tweede helft van 1987 met de assistentie van H. Lassche, een student van de Universiteit Twente, in het kader van een stage. Gebruik makend van het Image-pro software pakket, behorend bij de "frame grabber" en draaiend op een IBM PC/AT, kon vastgesteld worden dat de MXII camera van High Technology Holland globaal voldoet.

In november werden tijdens een bezoek aan RGO resolutie en efficientie metingen verricht. De metingen van de Modulatie Transfer Function (MTF) geven waarden van 50% voor ca. 75 lijnparen per veld van 512 lijnen. De geregistreerde photon events hebben in eerste benadering een Gaussisch profiel met een standaard deviatie van 11 μm , wat goed aansluit bij de effectieve CCD pixel grootte van $12 \times 15 \mu\text{m}^2$.

Bij lage-gain instelling van de MCP (Micro Channel Plate) intensifier, die als eerste trap fungert, is de effectieve quantum efficientie bepaald voor de S25 cathode in het gebied van 400 nm tot 900 nm. Van 500 tot 750 nm verloopt de efficiency van 8,5%

tot 4,5%. In deze lage-gain mode kunnen vele tientallen fotonen per pixel door de CCD geïntegreerd worden in een veld-tijd van 20 ms, zonder verzadigingseffecten in de MCP.

Bij hoge-gain instelling van de MCP kan zelfs in photoncounting mode gewerkt worden, waardoor na eventcentring een resolutie van 500 x 1000 pixels gehaald kan worden. Daartoe is het wel nodig het coïncidentie verlies ten gevolge van de achtergrond emissie te reduceren, middels koeling van de intensifier kathode. Aangezien de gedetecteerde photon events een exponentieel afvallende intensiteitsverdeling hebben, zal na het aanleggen van de detectiegrens slechts ca. 50% effectief geteld kunnen worden.

2.4.4. Diverse ontwikkelingen

Dwingeloo waarnemingsysteem

In het tweede kwartaal werd gestart met een grootscheepse revisie van de elevatieaandrijving van de Dwingeloo telescoop. Het begon met het aanbrengen van servomotorunits met een zodanig vermogen dat ze de reflector met dezelfde snelheid kunnen bewegen als de instelmotoren voordien. De oude remkonstuktie met de hefmagneet voor de koppeling kon vervallen. Een nieuw type veiligheidsrem werd geplaatst. Om niet te behoeven wachten op het plaatsen van beide motorunits door de mechanici werd één motor ter beproeving eerst in de bedieningsruimte geplaatst. Tijdens het uittesten en afregelen van het servosysteem kon de andere motor-unit op de telescoop aangebracht worden. Hiermee werd veel werktijd bespaard. Alle veiligheidsvoorzieningen van het oude systeem werden overgezet naar het nieuwe. Omdat met het weghalen van de oude remschijven er nogal wat massa op de servo was verdween, is er een compenserend vliegwiel aangebracht op elke servo as.

Een groot aantal onderdelen en delen van de electronica was een zestal jaren geleden al klaar gemaakt. Na het installeren en testen bleek het systeem goed te werken. Door tijdgebrek kwam de nieuwe hoogte indicator niet gereed, zodat nog gebruik gemaakt wordt van de oude hoogte indicator. Het nieuwe uitleessysteem (Sony) is aangekocht en zal in de naaste toekomst met de ontworpen hardware aangebracht worden.

De documentatie zal geheel herzien en gecompleteerd worden, zodat deze veel gebruikersvriendelijker wordt. Wanneer de nieuwe elevatiehoek uitlezer aangebracht wordt zal tevens de electrische as (verspannen tandwielen, zodat geen spelting meer aanwezig is) worden geïnstalleerd, waardoor positioneren nauwkeuriger en beter reproduceerbaar wordt.

Eind 1986 werd besloten de 256-kanalen digitale autocorrelator te vervangen door een nieuwe met 1024 kanalen, gebruik makend van de in eigen beheer ontwikkelde correlatorchip. De correlator maakt gebruik van de correlator kaart ontwikkeld voor de JCMT en

latere SRT backends. Deze correlator, geïnitieerd door een astronomische vraagstelling, is tevens een testmodel onder bedrijfssomstandigheden van de DAS voor de JCMT. Dankzij de opgedane ervaringen zal het "debuggen" van de JCMT correlator eenvoudiger zijn. Ten gevolge van het uitlopen van de ontwikkeling van de correlatorkaart heeft het project een vertraging van minstens drie maanden opgelopen.

De besturings- en test software voor de correlator waren tegen het einde van het jaar gereed alsmede de modificaties aan de HP on-line software.

Koepel aandrijving Light Collector

De twee aandrijfseenheden met wervelstroomkoppeling voor aandrijving van de koepel van de Nederlandse Light Collector op de ESO sterrenwacht in La Silla, kwamen begin 1987 gereed. Vervolgens werd aan de besturingskaart, de besturingskast en de bekabeling gewerkt.

In het vierde kwartaal werd begonnen met de tests van de besturingsapparatuur voor de aandrijving met behulp van een proefopstelling. De laatste correcties werden op de besturingsprints aangebracht.

2.4.5 Meetinstrumentencommissie

De Meetinstrumentencommissie vergadert een aantal keren per jaar, in 1987 was dit tien maal. De commissie licht het meetinstrumenten bestand door en adviseert de directie met betrekking tot nieuwe aankopen. Een belangrijk deel van de werkzaamheden houdt verband met deze nieuwe aankopen, maar ook het afvoeren van de oude en verouderde instrumenten valt hieronder.

De commissie is zoveel mogelijk een afspiegeling van gebruikers uit de verschillende disciplines: analog, digitaal en de laatste tijd meer en meer ook op het gebied van Personal computers en aanverwante apparatuur. Er werden ongeveer vijftig grotere en kleine instrumenten aanbevolen voor aankoop en aangeschaft. De leden van de instrumentencommissie voeren ook gezamenlijk de jaarlijkse telling van alle instrumenten uit.

2.4.6. Instrumentatiegroep

Het repareren en calibreren van een zeer divers scala aan instrumenten was, en is, een belangrijke taak van de instrumentatiegroep. Tevens wordt door deze groep de afnametest gedaan van nieuw aangekochte instrumenten.

In 1987 werden totaal een vijftigtal kleine en grotere reparaties uitgevoerd, die als volgt kunnen worden onderverdeeld:

Reparaties aan hoogfrequent instrumenten:	25%
Reparaties aan IF en DC instrumenten	: 18%
Reparaties aan digitale instrumenten	: 7%
Reparaties door leveranciers	: 16%
Calibraties	: 30%
Diversen	: <u>4%</u>
	100%

Een belangrijk deel van onze instrumenten is uiteraard hoogfrequent, hetgeen helaas ook de meest storingsgevoelige hoek blijkt te zijn.

Het bestand aan instrumenten is reeds jaren in een computersysteem ingebracht, hetgeen een toegankelijk overzicht van het bestaande instrumentarium geeft. RZM beschikt op dit moment over meer dan 1200 verschillende meetinstrumenten. Door middel van een jaarlijkse telling, eind december, wordt dit bestand geverifieerd.

2.4.7. Verdeling van de werktijd over de projecten, Laboratorium en Centrale Technische Dienst

In 1987 bestond de personeelsbezetting van deze afdelingen uit gemiddeld 50 medewerkers, inclusief het in het buitenland gestationeerde personeel. Hiervan waren 2 plaatsen door stagiaires bezet. De afwezigheid wegens vakantie en arbeidsduurverkorting bedroeg 12,5% en wegens ziekte 5% van de bruto werktijd. De algemene leiding van de afdelingen, stafvergaderingen, conferenties, colloquia, literatuurstudie etc. bedroeg 5,1%. De netto resterende tijd werd besteed aan de projecten en vaste diensten. Deze werd procentueel als volgt verdeeld (zie ook het cirkeldiagram).

Ontwikkeling, bouw en onderhoud electronische waarneemapparatuur voor de WSRT 10,8%

Frontend ontvangers 3,4%

O.a. ombouw 92 cm ontvangers (IF-versterkers) en experimenten 92 cm breedbandige feed, onderzoek verbetering lage ruis ontvangers en breedband-feeds.

DCB (digitaal continuum backend) en DXB (uitbreidingsline backend) 1,4%

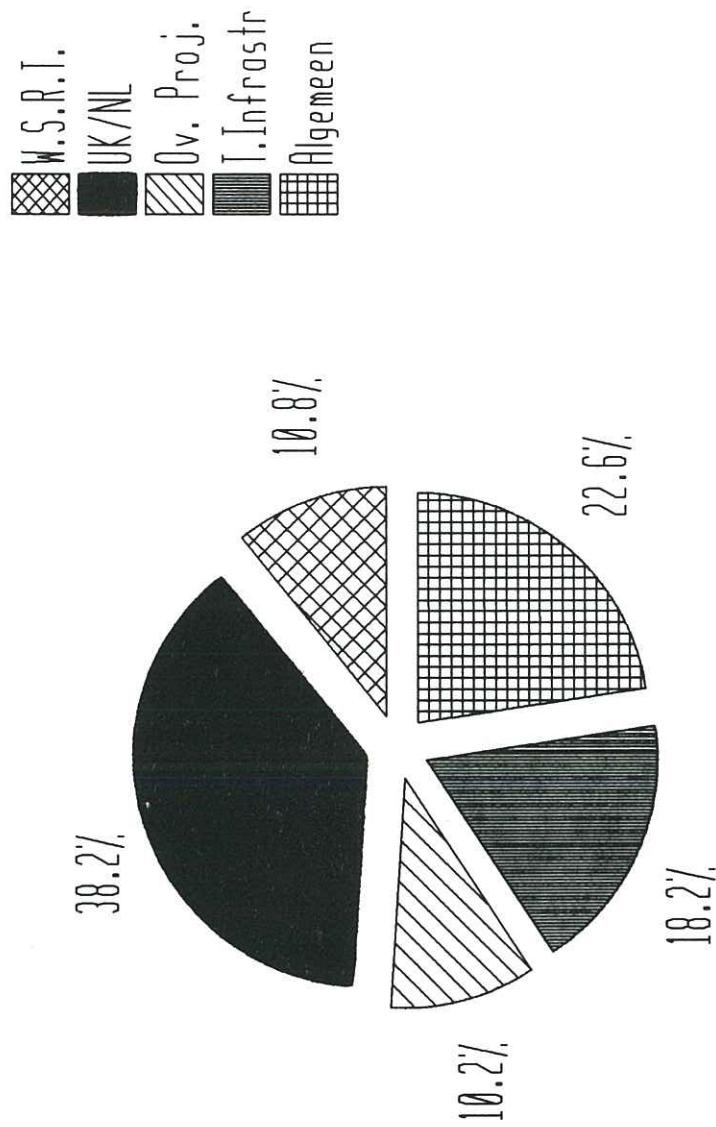
Oplossen van problemen en schrijven van de software-hardware documentatie.

VLBI (very long baseline interferometry) 4,3%

Installatie van de 1 MHz rail distributie-unit, het ontwerpen en bouwen van een calibratie-unit hiervoor, ontwikkeling van de software voor besturing van de controle-units, het onderhouds-

Projectverdeling 1987

-68-



werk aan de waterstofmaser en ruimte-VLBI.

<u>Diverse projecten</u>	1,7%
O.a. ontvangerbekabeling voor de Westerbork teleskopen en het slijpen van quadranten.	
<u>Projecten t.b.v. de Brits-Nederlandse samenwerking</u>	38,2%
a. millimetertelescoop projecten (Hawaii)	19,1%
O.a. de 350 GHz ontvanger, de 480 GHz Schottky-diode-mixer, het multibeam-project, het correlator-project en assistentie van de RZM medewerkers op Hawaii.	
b. ING-projecten (La Palma optische teleskopen)	12,4%
O.a. het CCD-controller-project, optische aperture-synthese en assistentie van RZM medewerkers op La Palma.	
c. Millimeter en optische R en D ontwikkelingen	6,8%
<u>Overige projecten</u>	10,2%
Mechanische revisie van de elevatie aandrijving van de Dwingeloo telescoop en bouw van onderdelen voor de 1000 kanaals correlator, bouw van de nieuwe koepel aandrijving voor de "Dutch Light Collector" op La Silla.	
<u>Technische Infrastructuur (incl. UK/NL)</u>	18,2%
a. Laboratorium ontwikkelingen	4%
O.a. het automatisch ruismeetsysteem t.b.v. ontvangers op mm golflengte, phaselock systeem voor carcinotrons, installatie van nieuwe software pakketten op personal computers t.b.v. microstrip techniek etc., correlator-chip ontwikkeling, SIS-junctions, multibeam werk en microprocessor ontwikkeling.	
b. Cryogene techniek	3,2%
Ontwikkelingswerk voor mm-ontvangers en SIS-junctions en onderhoud aan bestaande cryogene installaties.	
c. Vaste diensten	11%
Deze omvatten: onderhoud van de lab. computers, instrumentatie, printfabricage, technisch tekenen, offsetdruk, magazijn, technische documentatie, assistentie beheer gebouwen, fotografie, publieksvoorziening en praktikantenzorg.	
<u>Algemeen (incl. UK/NL)</u>	22,6%
Organisatie, conferenties, literatuur, verlof en ziekte.	

2.5. Astronomengroep

2.5.1. Algemeen

Door het hoge percentage tijdelijke posities veranderde ook in 1987 de samenstelling van de groep aanzienlijk. In april vertrok Tony Foley naar de Computergroep, maar hij blijft de VLBI coordinator voor WSRT waarnemingen. In de loop van het jaar werden drie nieuwe postdocs benoemd: Chris O'Dea en Stefi Baum arriveerden in september en oktober, Linda Tacconi Garman zal begin 1988 haar werk in Dwingeloo aanvangen.

In 1987 werden door de leden van een astronomengroep een hoog aantal publikaties klaargemaakt: 17 artikelen werden gepubliceerd, en 40 (waaronder 19 conferentie bijdragen) werden voor publikatie aangeboden. Daarnaast werden elf astronomische colloquia buiten Dwingeloo gegeven en 23 andere voordrachten (lunchbesprekingen, astro-teas, enz.).

Alle stichtingsastronomen onderhouden regelmatig contacten met hun universitaire collega's o.a. door bezoeken in beide richtingen, het geven van colloquia, begeleiding van promovendi, enz.

Het aantal werkbezoeken in Dwingeloo neemt toe. In 1987 zijn vanuit het buitenland P.N. Appleton, B.F. Burke, L.I. Gurvits, D.L. Jauncey, U. Klein, N. Odegaard, S. Pogrebenko, R.A. Preston, C. Schalinski, G. Swarup, J. Usowicz en K.J. Wellington op bezoek geweest.

Nan Rendong is na 18 maanden in Dwingeloo terug naar Beijing vertrokken.

2.5.2. Dienstverlenende taken

a. Preprints en reprints

De Bruyn was verantwoordelijk voor de administratie en het rondsturen van preprints en reprints. In 1987 werden 15 preprints voor verzending gereed gemaakt.

b. VLBI werkzaamheden

VLBI waarneemsessies in Westerbork zijn door Foley gecoördineerd. Leden van de astronomengroep hebben met de metingen meegeholpen.

De lange termijn VLBI planning bezigheden van Schilizzi ging onverminderd door. Het voorstel in EEG verband voor het Europees VLBI gegevensverwerking centrum heeft niet veel voortgang in 1987 gemaakt, mede door de onzekerheden in de EEG begroting. Het wachten is op wat in 1988 zal gebeuren. Schilizzi nam deel aan het Science Team voor de QUASAT Phase A Study die in mei begon en een jaar zal duren. Het 6 cm ontvanger project voor de Russische Radioastron satelliet werd in februari gestart.

c. WSRT gegevensverwerking

De Bruyn heeft het pointing gedrag van de WSRT onderzocht en een nieuwe standaard waarneemprocedure voor flux density monitoring voorgesteld. De Bruyn, Strom en van der Hulst traden als "vrienden van DWARF" voor bezoekers op.

d. Zomerstudenten programma

Voor de derde keer hebben Stichtingsastronomen een aantal jonge astronomen begeleid in onderzoeksprojecten gedurende de zomer maanden. Een uit de VS, een uit Spanje en twee Nederlanders van de VU Amsterdam zijn dit jaar in Dwingeloo geweest.

e. Diversen

De Bruyn organiseerde een Workshop over "HI in the Early Universe" in Dwingeloo.

Skillman en van der Hulst hebben het AIPS programma pakket draaiend gehouden.

2.6. Algemene Zaken / Het Bureau

2.6.1. Algemeen

Het Bureau is zoveel mogelijk ingeschakeld bij alle niet technische dienstverleningen in RZM. De voornaamste taken bestaan uit het beleidsondersteunende en -uitvoerende werk voor het bestuur en de directie; het secretariële werk voor het bestuur, de directie en de afdelingen van RZM; het voeren van een personeelsbeleid en -beheer en van een inkoop- en financiële administratie in overleg met ZWO; de werkzaamheden die voortkomen uit het uitzenden van personeel en het verzenden van goederen in verband met de Brits/Nederlandse samenwerking; het beheer van de Radiosterrenwacht te Dwingeloo.

Het afwikkelken en verantwoorden van een aantal financiële aspecten van die Brits/Nederlandse samenwerking betekende dit jaar een te zware opgave voor het Bureau, o.a. door langdurige ziekte van een van de medewerkers, maar ook door onderbezetting.

Andere zaken die extra aandacht vroegen waren onder meer de vergadering met de buitenlandse adviseurs in Dwingeloo, het - nog steeds - lopende funktiewaarderingsonderzoek, alsmede de verzorging van vele gasten en zomerstudenten.

2.6.2. Personeelszaken

Sinds 1970 wordt éénmaal per twee jaar een funktiewaarderingsonderzoek uitgevoerd; de duur van dit onderzoek bedroeg als regel 3 à 4 maanden. Het huidige onderzoek dat beoogt het bestaande systeem te verfijnen duurt nu, aan het einde van het verslagjaar, nog voort. Gestart zijnde in de herfst van 1985 zijn we in tussen 2½ jaar onderweg. Een dergelijk lange duur is slecht voor de motivatie en stemming van het totale personeel. In het verslagjaar werden een organisatie- en functiebeschrijving en de organisatieschema's van de afdelingen gerealiseerd. De functie-informatie formulieren werden opgesteld en vervolgens vond een waardering van de functies door ZWO plaats. Daarna werd de beoordelingsprocedure voor iedere medewerker gestart en afgerond met een beoordelingsgesprek. De laatste fase van het onderzoek, het vaststellen van bevorderingen kan in de eerste maanden van 1988 plaatsvinden. Uit praktische overwegingen is besloten om de "ronde" 1986 en 1988 te laten samenvallen. De heer F. Bruins van de afdeling Personeelszaken van ZWO heeft voor de begeleiding vanuit ZWO zorggedragen.

De arbeidsduurverkorting levert per jaar 12 verlofdagen op. Mede met het oog op de continuïteit van het waarneembedrijf te Westerbork werd in overleg met de ondernemingsraad besloten deze dagen ook in 1987 vrij opneembaar te maken.

Het verloop onder het personeel is als vanouds gering en lag ook in 1987 rond de 5%, waarin begrepen de wisselende bezetting in de Astronomengroep en enkele tijdelijke krachten. Een tweetal medewerkers maakte dit jaar gebruik van de V.U.T.-regeling en voor een tweetal werd een vervroegd uittreden in 1988 aangevraagd. Voor één medewerker werd de wachtgeldregeling in 1988 ingaande, aangevraagd. Het geringe verloop onder het personeel betekent een voortschrijdende vergrijzing; reeds nu is meer dan 60% van het personeel ouder dan 40 jaar.

Teneinde de medewerkers in staat te stellen bij te kunnen blijven in de automatiseringstechnieken, werd het personeel de gelegenheid geboden met steun van de Stichting een personal computer voor thuis gebruik en studie aan te schaffen; ca. 70% van het personeel doet mee aan dit project.

Ook dit jaar trok de Stichting weer de belangstelling van buitenlandse bezoekers. Een tweetal wetenschappelijke medewerkers uit de Sovjet Unie verbleef enkele weken in Dwingeloo. Twee gasten van het Beijing Observatorium keerden na een verblijf van één en anderhalf jaar weer terug naar hun eigen instituut. Tenslotte vertrok een Indiase gastmedewerker na een verblijf van ruim een jaar weer naar zijn thuisbasis, het observatorium in Ooty.

Gezien de goede ervaringen opgedaan in de twee voorgaande jaren werd ook in dit jaar een viertal zomerstudenten van radio astronomische instituten aangetrokken. De groep bestond ditmaal uit een Amerikaan, een Spanjaard en twee Nederlanders, die hier onder leiding van leden van de Astronomengroep aan projecten hebben gewerkt. Ook ditmaal waren de resultaten van dien aard dat in 1988 dit initiatief een vervolg krijgt.

Het is een goede zaak dat de Stichting meewerkt aan het opleiden van jonge mensen. Een elftal studerenden aan MTS, HTS, TU en MEAO liep in 1987 gedurende enkele maanden stage op de beide sterrenwachten.

Wat de studiefinancieringsregeling betreft, hiervan maakten 9 medewerkers gebruik.

Het ziekteverzuimpercentage bleef in 1987 laag t.w. 5,73% (1986: 3,22%, in 1985: 3,17%).

Onze bedrijfsgezondheidszorg is sinds juli 1986 in handen van de Bedrijfsgeneeskundige Dienst te Assen. De B.G.D. verrichtte in 1987 een periodiek onderzoek, waaraan op basis van vrijwilligheid door 96% van het personeel werd deelgenomen. Medewerkers onder de 40 jaar kregen een beperkt biometrisch onderzoek, die boven de 40 jaar een biometrisch en beperkt lichamelijk onderzoek. Verder werd onder allen een enquête gehouden betreffende gezondheidsaspecten en de omstandigheden in het werk. Dit onderzoek werd door ieder als zeer positief ervaren. De B.G.D. zal een rapport van zijn bevindingen opstellen.

Wat de aktiviteiten van de Ondernemingsraad van RZM betreft wordt verwezen naar het afzonderlijke verslag van de O.R.

St. Nicolaas kampte dit jaar met een zware wind tegen, de uit tegenovergestelde richting komende Kerstman had dus wind mee. Derhalve verscheen laatstgenoemde reeds 4 december in de Sterrenwacht Dwingeloo. Het was een "hoorbaar" buitenlands bezoek dit jaar, waarbij opviel dat de toch hoogbejaarde heer verrassend goed wist om te gaan met moderne apparatuur als de personal computer. Een leuk initiatief van onze buitenlandse medewerkers, dat door de collega's zeer werd gewaardeerd.

Een woord van dank aan de redactie en overige medewerkers voor het verzorgen van het personeelsblad "Telescopium", dat in het 14e jaar van zijn bestaan vijf maal werd uitgegeven, is hier op zijn plaats.

Bij het sluiten van de markt werd van ZWO vernomen dat de NWO-wet m.i.v. 1 februari 1988 van kracht zal worden. Eén direct gevolg hiervan is dat de in het ziekenfonds verzekerden van ons personeel per genoemde datum uit dit ziekenfonds moeten en een particuliere ziektekostenverzekering zullen moeten afsluiten. Nagegaan wordt wat de mogelijkheden en voorwaarden voor een collectieve verzekering zijn.

2.6.3. Financiën

2.6.3.1. Algemeen

De financiële consequenties van het werken in projecten met onze partners in de Brits/Nederlandse samenwerking en de controle op onze uitgaven op de Canarische eilanden en Hawaï vormen een flink onderdeel van het werkpakket van de financiële administratie. Door langdurige ziekte van één van de medewerkers van dit twee man sterke groepje raakte een deel van het werk danig in de knel. Middels tijdelijke assistentie wordt getracht achterstanden weg te werken.

2.6.3.2. Subsidies 1987

Na de sombere geluiden in de afgelopen jaren kan gelukkig worden gesteld dat de ons voor 1987 gegunde subsidies ons in staat stellen ons werk op goed niveau te verrichten. Enkele verouderde meetinstrumenten konden worden vervangen door nieuwe, hetgeen van fundamenteel belang is voor een geavanceerd electronisch bedrijf.

2.6.3.3. Beleidsintenties en meerjarenraming 1989-1993

In het laatste kwartaal van het verslagjaar werden de gezamenlijke Beleidsintenties van de Stichtingen ASTRON en RZM aan ZWO aangeboden; de afzonderlijke meerjarenramingen 1989-1993 werden hieraan toegevoegd.

2.6.4. Brits/Nederlandse samenwerking

De Nederlandse bijdragen aan de samenwerking, die van RZM/ZWO en de universiteiten, worden gecoördineerd in de Stuurgroep UK/NL-samenwerking. De contacten met de Britten inzake de samenwerking op de Canarische eilanden worden gecoördineerd in de Joint Steering Committee.

Onderhandelingen tussen ZWO, SERC en NRC (National Research Council of Canada) hebben tot een overeenkomst voor Canadese deelneming in de mm-telescoop op Hawaï geleid. Deze overeenkomst voorziet in een 55:20:25 deelname van resp. SERC, ZWO en NRC. Tegelijkertijd heeft Nederland zich toegang verschafft tot de UKIRT telescoop op Hawaï middels tijdverrekening met de La Palma teleskopen en de mm-telescoop op Hawaï. De contacten met de Britten en Canadezen betreffende de samenwerking op Hawaï worden gecoördineerd in de JCMT-Board.

De sub-mm telescoop op Hawaï werd 27 april 1987 officieel in gebruik gesteld. Bestuur en direktie waren bij deze plechtigheid vertegenwoordigd.

Met de deelname van de Spanjaarden aan een Nederlands project, GHRIL dat bij IAC Tenerife uitgevoerd wordt, is een nieuw element aan de Brits/Nederlandse samenwerking op de Canarische eilanden toegevoegd.

RZM nam in 1987 negen uitgezonden voor zijn rekening, die gedetacheerd zijn in de UK/op Tenerife (1), op La Palma (5) en op Hawaï (3). De werkzaamheden aan de werving, uitzending en de financiële afwikkeling houden een zware belasting voor enkele Bureau medewerkers in; versterking is nodig om niet steeds in ademnood te verkeren.

In het voorjaar '87 werden ZWO een aantal aanpassingen in het reglement voor tijdelijke uitzending en een voorstel voor de tekst van een reglement voor permanente uitzending ter uitwerking voorgelegd; deze materie is nog in behandeling. Een verzoek van RZM/ZWO aan het Ministerie van Financiën voor vermindering van de inkomenstbelasting voor de uitgezonden (à la de Wotro-regeling) werd afgewezen.

Twee van de drie stichtingswoningen op La Palma werden bewoond door eigen medewerkers, de derde werd zomer '87 voor één jaar verhuurd aan de RUG.

2.6.5. Beheer Radiosterrenwacht Dwingeloo

De Radiosterrenwacht heeft jaarlijks een zeer grote toeloop van bezoekers uit de astronomische gemeenschap die onze accommodatie benutten: technici en astronomen die enige tijd met onze mensen in Dwingeloo samenwerken, mensen die waarnemingen verrichten in Westerbork en Dwingeloo en personen die voor vergaderingen in Dwingeloo zijn. Eén van de hoogtepunten was de vergadering met de

buitenlandse adviseurs van RZM, die van 7-9 oktober '87 in Dwingeloo werd gehouden.

In de verblijfsruimte in de sterrenwacht hadden wij de laatste jaren gemiddeld ca. 800 overnachtingen; 1987 was een top jaar met 1285 overnachtingen voornamelijk voor korte verblijven, in het geval van de IAC medewerkers en zomerstudenten voor langere periodes. Dit direct naast het werk gehuisvest zijn vergemakkelijkt het gebruik van de computerapparatuur buiten de kantooruren door betrokkenen. Daarnaast moesten verschillende gasten met een langere verblijfsduur in het dorp Dwingeloo gehuisvest worden. De kantine en huishoudelijke dienst verzorgde personeel en bezoekers.

De werkzaamheden aan gebouwen en terrein bleven in het algemeen beperkt tot het dagelijks onderhoud. De ijzelschade van maart j.l. aan de houtopstand op het terrein leverde extra werk op. Enkele noodzakelijke vernieuwingen aan het C.V. systeem kwamen tot stand en een grote lichtkoepel op het dak van het intussen 20 jaar oude dienstgebouw werd door een nieuwe vervangen. In dit gedeelte van het gebouw en de woning van de conciërge werd een deel van het sanitair vervangen.

De voor bezoekers bestemde woning in Dwingeloo was het gehele jaar in gebruik bij een Indiaas en een Amerikaans gezin.

2.6.6. Popularisering

De beide Radiosterrenwachten staan het gehele jaar door in de belangstelling van het publiek. Voor hetgeen aan popularisering wordt gedaan te Westerbork, wordt verwezen naar het verslag van de Telescoopgroep Westerbork. Met veel enthousiasme, daarmee de beperkte middelen compenserend, worden belangstellenden op begrijpelijke wijze geïnformeerd over het werken met de telescopen, de toegepaste technieken en de astronomische resultaten.

Evenals in voorgaande jaren werden vele aanvragen voor een excursie gehonoreerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in zogenoemde doelgroepen en toeristische groepen. Aan de doelgroepen wordt een serie dia's vertoond en uitgebreider gelegenheid geboden om op het "hoe en waarom" van de radiosterrenkunde in te gaan. Om de voor popularisering beperkt beschikbare tijd niet te overschrijden wordt aan de toeristische groepen alleen een uitleg gegeven bij de radiotelescoop over de werking van het instrument. Een groot deel van de aanvragers werd verwezen naar het Melkwegpad van Staatbosbeheer te Hooghalen. De groepen die binnenshuis ontvangen werden waren: twee afdelingen van Rotary, een commissie van Provinciale Staten van Drenthe, Groninger studenten, scholengemeenschappen Assen en Meppel, vereniging voor Natuurbeheer, Rijkswaterstaat Zwolle, de afd. Zuid Limburg van de Nederlandse Vereniging van Weer en Sterrekunde, Havo Leerdam, Havo-Mavo Diever, een ruilverkavelingscommissie, het provinciaal Utrechts genoot-

schap, gemeentehuis Zuidhorn, directeuren van Economisch Technologisch Instituut, de Gasunie, Sociaal Cultureel Werk Dwingeloo, Zuiveringsschap en VVV Ruinen.

Door de afdeling publieksvoortlichting werd medewerking verleend aan een promotiefilmpje voor de Fa. Tektronix en een voor de Fa. Reditune, tevens aan het AVRO programma "Vol Super" en aan de Wereldomroep.

De rondleidingen, op een tiental woensdagmiddagen in het zomervakantieseizoen werden goed bezocht. Hieraan hebben 15 medewerkers van de Stichting assistentie verleend. Het enthousiasme waarmee zij aan deze vorm van publieksvoortlichting hebben meegewerkt, wordt zeer op prijs gesteld. Bij de telescoop werd uitleg gegeven en in de kantine werden groepsgewijs diavoorstellingen gehouden waarin niet alleen werd vertoond waar in Dwingeloo aan wordt gewerkt, maar ook wat de Stichting op La Palma en Hawaï presteert.

Samen met leden van de Volkssterrenwacht-Drenthe is te Dwingeloo gestalte gegeven aan de Nationale Sterrenkijkdag die gehouden werd op 27 november. Ongeveer tweehonderd geïnteresseerden hebben van hun belangstelling blijk gegeven.

Aan het eind van het jaar werden voorbereidingen getroffen voor de medewerking aan een Sterrenkunde Manifestatie in het Museon te Den Haag.

3. ASTRONOMISCHE VERSLAGEN / ASTRONOMICAL REPORTS

3.1. Samenvatting van hoogtepunten van het onderzoek in 1987

Redactie: Richard Strom, Thijs van der Hulst en Ger de Bruyn.

In vorige jaarverslagen zijn de verslagen van onderzoek aan de Nederlandse astronomische instituten in het Engels opgenomen teneinde tegemoet te komen aan de wens van buitenlandse collegae om via het RZM jaarverslag op de hoogte te blijven van de recente ontwikkelingen. Gezien de positieve reacties op deze opzet is besloten dit hoofdstuk ook dit jaar zo in te richten. Deze paragraaf (3.1.) verschafft niet-astronomische lezers een overzicht van het onderzoek dat door de astronomengroep in samenwerking met universitaire astronomen en studenten met RZM instrumenten is uitgevoerd of dat zijn oorsprong vindt in waarnemingen met de telescopen in Dwingeloo, Westerbork, La Palma en Hawaï.

3.1.1 Galactisch onderzoek

Sterren en compacte objecten

Gedurende 1987 heeft Spoelstra geprobeerd radio emissie van de drie nova's Cyg 1986, And 1987 en Her 1987 te detecteren. Er is tot nu toe niets gevonden, maar dit kan nog veranderen aangezien de detecteerbaarheid door vele factoren wordt beïnvloed (b.v. afstand).

Strom heeft het werk aan pulsars (knipperende radiobronnen met een zeer nauwkeurige periode variërend tussen milliseconden en enkele seconden) voortgezet door naast de WSRT metingen, gedaan met de signalen van alle telescopen opgeteld (zgn. tied-array, zie het Jaarverslag van 1986), nieuwe synthese waarnemingen te doen. Na een verandering in de online software door H. van Someren Gréve, is het nu mogelijk om de acht kanalen van het DCB het radiosignaal te laten integreren gedurende een kort tijdsinterval. Door de integratie synchroon te laten lopen met de flitsen van een pulsar, kan men óf de emissie van de pulsar ontvangen, óf juist tussen de flitsen meten (zie de omslag van dit Jaarverslag voor een voorbeeld).

Metingen tussen de pulsen zijn van belang i.v.m. de mogelijke aanwezigheid van een vast signaal (de pulsar gaat niet helemaal "uit"). Zulke emissie kan alleen met interferometrische technieken waargenomen worden, en is een belangrijke toets van de emissie processen. Bovendien kan er gezocht worden naar zwakke emissie heel dichtbij een pulsar, emissie die normaal verloren gaat naast het betrekkelijk sterk pulserend signaal (een voorbeeld is te zien in Fig. 3.2.1.). Zulke metingen kunnen ook gemakkelijk gebruikt worden om pulsar posities te verbeteren.

Spoelstra en W. Hermsen (LRO-Leiden) zijn bezig met de reduc-tie van optische (ESO) metingen op zoek naar de ware identiteit van CG195+4 (ook Geminga genoemd, een sterke bron van gamma-straling). Er is zwakke optische emissie gevonden bij de posities van twee radiokandidaten.

Strom, in samenwerking met V. Dorenbos en B. Vermeer (beiden van de VU en in Dwingeloo als zomerstudenten) heeft WSRT 6 cm waarnemingen van de dubbelster en röntgen bron Cyg X-3 gereduceerd. De metingen waren gedaan tijdens een sterke uitbarsting, en na een zorgvuldige calibratie zijn nauwkeurige lichtkrommen het resultaat (zie b.v. Fig. 3.2.2.).

Strom, J. van Paradijs (GU) en M. van der Klis (ESTEC) hebben eveneens uitvoerige waarnemingen gedaan van Cyg X-3. Het doel was om door de flux dichtheid te volgen, uit de variaties op lage niveau's een nauwkeurige periode af te leiden. Zoals verwacht, is er periodiciteit dichtbij de verwachte 4,8 uur te zien, maar er zijn ook sterke variaties in de flux dichtheid.

Na de publicatie van het werk vermeld in het Jaarverslag van 1986, hebben R. Vermeulen, V. Icke (beiden Leiden), Schilizzi, I. Fejes (Budapest) en R. Spencer (Jodrell Bank) het onderzoek aan SS433 voortgezet met nieuwe radio-, optische- en röntgenwaarnemingen. Er zijn gedurende zes epochen 6 cm VLBI metingen gedaan en meer dan 90% van de toegekende waarnemingen zijn bruikbaar. MERLIN metingen zijn ook verricht, om met de VLBI gegevens te combineren, en er vond zelfs een radio uitbarsting plaats tijdens één van de waarneemsessies.

SS433 is ook één van twee objecten waaraan A. Jongeneelen (Leiden), De Bruyn, Schilizzi, Brouw en F. Brouwer (Delft/Apeldoorn) werken in een door ASTRON gesteund VLBI astrometrisch project. Door SS433 en een referentiebron (1910+052) op 6 cm afwisselend waar te nemen hopen zij de relatieve posities met een nauwkeurigheid van beter dan 1 millibogseconde te kunnen bepalen, om uiteindelijk de eigen beweging van SS433 te meten.

Nevel- en diffuse emissie

Spoelstra en G.L. Verschuur (Arecibo) hebben een proef survey van galactische bronnen gedaan om de mogelijkheid van een groot-schalige survey van gepolariseerde emissie van de Melkweg te kunnen onderzoeken. Metingen gedaan op 400 en 800 MHz hebben enkele instrumentele problemen aan het licht gebracht, maar hebben zo-wel de uitvoerbaarheid van zo'n survey als zijn potentiële kwaliteit en waarde bevestigd.

Strom heeft een onderzoek gedaan naar de afstandbepaling van jonge supernovaresten die adiabatisch expanderen. Op betrekkelijk eenvoudige wijze kunnen de afstanden van jonge resten aan elkaar gekoppeld worden, om dan door middel van onafhankelijke afstands-bepalingen gecalibreerd te kunnen worden. Afgezien van de afstan-den zelf van de vier bestudeerde resten, die allemaal binnen 4,2 kpc van de Zon liggen, is het meest opmerkelijke resultaat de be-trekkelijk geringe afstand tot de Tycho rest.

In samenwerking met M. de Muizon, M.J.A. Oort, J.J. Claas (allemaal Leiden) en R. Braun (NRAO) heeft Strom een studie van de schilvormige galactische radiobron G70.7+1.2 (zie Fig. 3.2.3.) afgerond met een artikel bestemd voor A&A. Op grond van zowel radio (WSRT en VLA) als optische gegevens concluderen zij dat de emissie van G70.7+1.2 het gevolg is van schockexcitatie. Het object zou een jonge supernovarest kunnen zijn, ondanks de ondetecteerbaarheid van röntgenemissie, maar de sterke door IRAS en UKIRT gemeten infrarood emissie suggereert een meer ingewikkelde situatie.

Het werk van H. Greidanus (Leiden) en Strom aan TAURUS waarnemingen van enkele supernovaresten wordt voortgezet, met ongeveer de helft van de gegevens nu gecalibreerd. Filamenten en diffuse emissie vertonen snelheden die systematisch van elkaar verschillen (een voorbeeld is te zien in Fig. 3.2.4.).

De VLA studie van een mogelijke pulsar in de supernovarest CTB80 werd afgesloten met de publicatie van het bewijs. Het is interessant om op te merken dat Stroms conclusie spoedig daarna werd bevestigd met de ontdekking van een vrij snelle pulsar in de bron.

3.1.2. Nabije Melkwegstelsels

Veel HI werk is zoals gebruikelijk gericht geweest op studies van nabije melkwegstelsels. Een uitgebreide discussie van deze vele projecten valt buiten het bestek van deze samenvatting die zich derhalve tot enige hoogtepunten beperkt. De kinematica van melkwegstelsels kan bij uitstek bestudeerd worden aan de hand van de bewegingen van het neutrale waterstofgas en dit soort werk richt zich de laatste jaren sterk op de bepaling van de verdeling van de lichtende en de donkere materie in stelsels.

Een heel opzienbarende en interessante ontdekking werd gedaan aan de hand van nieuwe HI waarnemingen van het reuzenstelsel M101. De zeer gevoelige nieuwe metingen onthulden de aanwezigheid van hoge snelheidsgas (Fig. 3.2.9.). Dit gas beweegt zich met grote snelheid (100-150 km/s) uit het melkwegvlak en lijkt geassocieerd met lokale afwijkingen van de gasbewegingen en de gasdichtheid in het vlak. De kinetische energie van dit gas is zo groot dat het uitgesloten lijkt dat het uitgestoten is door supernova explosies of sterrewinden. Een mogelijke verklaring is dat grote gaswolken met M101 in botsing gekomen zijn, mogelijk als resultaat van getijden werking met de buurstelsels, en dit gas uit het vlak hebben losgemaakt. Het is niet uitgesloten dat deze gas complexen een zelfde oorsprong hebben als de zogenoemde hoge snelheidswolken in ons eigen melkwegstelsel. Een artikel van Van der Hulst en Sancisi over deze ontdekking wordt in mei 1988 in de Astronomical Journal gepubliceerd. Nieuwe, meer gevoelige gegevens worden door Kamphuis (Groningen) verder geanalyseerd in het kader van zijn proefschrift onderzoek.

Informatie over de chemische evolutie van stelsels wordt verkregen door studies van de abundanties van de meest voorkomende elementen in HII gebieden. Diverse studies van die aard worden uitgevoerd door Skillman en medewerkers. Zo lijken bijvoorbeeld de abundanties in HII gebieden in onregelmatige dwergstelsels samen te hangen met de massa en lichtkracht van de stelsels en wordt deze studie uitgebreid met waarnemingen van stelsels met hele lage massa. Een voorlopig resultaat is dat in deze stelsels de abundances van de zware elementen nogal laag zijn in vergelijking met de abundanties in de zon (~ 10 x lager). In een paar stelsels zijn zelfs hele lage zuurstof abundanties gevonden. Deze zijn Sextans A, ZW18 en GR8 ($\sim 1/40$ van de waarde in de zon).

Radio continuum waarnemingen van melkwegstelsels zijn voor diverse doeleinden aangewend. De Bruyn en Israël (Leiden) concluderen aan de hand van het geïntegreerde radio spectrum van het onregelmatige stelsel NGC 1569 dat dit stelsel 10^7 jaar geleden een zeer actieve fase van stervorming heeft meegemaakt. Het radio spectrum wordt namelijk steiler naar de korte golflengte kant, wat verklaard kan worden als een gevolg van de energieverliezen van de middels de stervorming gegenereerde relativistische electronen. De implicatie is dat een groot deel van de relativistische electronen middels actieve stervorming geproduceerd wordt, wat ook door een statistische studie van Hummel (MPIfR), Van der Hulst, Davies en Pedlar (Jodrell Bank) en Wolstencroft (ROE) bevestigd wordt. Deze studie omvat radio en IRAS waarnemingen van 100 Sbc stelsels en laat zien dat de radio emissiviteit afhangt van de stervormingsactiviteit in een stelsel.

Een voorname bron van relativistische electronen is vermoedelijk de verzameling van supernovae en supernovaresten in stelsels. Deze worden sinds enige jaren ook individueel bestudeerd en beginnen enig inzicht te geven in de evolutie van zulke objecten. De Bruyn en Wilkinson (Jodrell Bank) hebben met behulp van VLBI waarnemingen vastgesteld dat de sterkste radiobron in M82 een schilstructuur vertoont, wat strookt met het idee dat dit een heldere supernovarest is. Naast monitoring van SN1979c in M100 op 49 cm golflengte (in augustus 1987 was de fluxdichtheid toegenomen tot 7 mJy) is de astronomengroep te Dwingeloo begonnen met een uitgebreide studie van de merkwaardige supernova SN1986j in NGC891 met behulp van de WSRT (HI en H_2CO absorptie en 6, 21 en 49 cm continuum), alsmede het globale VLBI netwerk. Deze data zullen worden gebruikt om theoretische modellen te testen en een expansie-leeftijd te bepalen.

3.1.3. Ver-extragalactisch onderzoek

Activiteit in melkwegstelsels

Het overzicht van het onderzoek van verschijnselen die ver-

band houden met energetische activiteit in de kernen van melkwegstelsels begint bij de kleinste schaal in de kern en eindigt bij de grootschalige radio structuur.

In veel actieve stelsels bevindt zich een gebied dat zeer intense optische emissielijnen uitzendt. Dit gebied, dat bekend staat als het brede emissielijn gebied (BELG), heeft een afmeting van hooguit één lichtjaar. Door bestudering van optische emissielijn profielen krijgen we informatie over de massa van het centrale object (de "motor"), de afmetingen van het gebied, en de fysische condities erin. De Bruyn, G. Stirpe (Leiden), E. van Groningen (ESTEC) en M. Penston (RGO) bestuderen de systematische veranderingen die zich in de lijnprofielen voordoen als de continuum intensiteit verandert. In één object, NGC548, een Seyfert stelsel, is gebleken dat die veranderingen karakteristiek zijn voor emissie afkomstig van een roterende schijf ("Accretieschijf"), zie Fig. 3.2.5. Om de eigenschappen van zo'n schijf beter te bepalen is in 1987 een 8-weeks monitor programma op de Isaac Newton Telescoop voltooid. De waarnemreeks was zeer succesvol en wordt door G. Stirpe uitgewerkt in het kader van haar promotie-onderzoek.

Een van de meest raadselachtige eigenschappen van actieve kernen is het feit dat de ene groep voornamelijk actief is in het optische gebied (bijv. Seyferts) terwijl een andere groep voornamelijk actief is in het radio gebied (bijv. BLLac-achtige objecten). Het onderzoek naar de kleinste radio structuren in de radio heldere objecten gebeurt voornamelijk met VLBI-technieken. Toch blijven veel bronnen nog onopgelost, d.w.z. kleiner dan 0,001 boogseconde. OJ287 is zo'n bron. Informatie over details die kleiner zijn dan deze schaal is dan slechts indirect verkrijgbaar, door onderzoek van variaties in de helderheid. De Bruyn heeft door nauwkeurige analyse van waarnemingen, verspreid over 3 seizoenen, aanwijzingen dat er structuur is in OJ287 op een schaal van ongeveer 10 microboogseconden of kleiner. Veranderingen in de helderheid kunnen veroorzaakt worden door intrinsieke veranderingen dan wel voortplantingseffecten door het turbulente interstellaire plasma (interstellaire scintillatie). Beide oorzaken zijn vermoeidelijk gevonden in OJ287.

De intrinsieke veranderingen in de structuur en helderheid van compacte extragalactische radiobronnen gaan in veel gevallen samen met bewegingen schijnbaar sneller dan het licht. Dit wordt meestal verklaard door aan te nemen dat door de kern relativistische plasma wolken worden uitgestoten (bijna) in onze kijkrichting. In één van de grootste radio quasars (de bron 1721+343) zijn door J. Hooimeyer (Leiden), P. Barthel (Caltech), G. Miley (STScI) en Schilizzi nu ook bewegingen waargenomen met een snelheid van $3,1 \text{ h}^{-1}$ maal de lichtsnelheid (h is de Hubble constante in eenheden van 100 km/s/Mpc). Dit is opmerkelijk omdat deze bron al zo groot is, in hoek èn lineaire afmetingen, dat een orientatie langs de gezichtslijn zou betekenen dat de bron intrinsiek enkele Megaparsec groot zou moeten zijn. Dit is niet onmogelijk maar toch zet

deze waarneming wat vraagtekens bij de huidige interpretatie van zeer snelle bewegingen. Voor een andere quasar (4C32.69) is door Foley vastgesteld dat relativistische beweging niet alleen in de kern maar óók in de grootschalige jet mogelijk is. Een eerdere studie van dit object leek deze laatste mogelijkheid uit te sluiten.

O'Dea, R. Barvainis (Haystack) en P. Challis (Michigan) bestudeerden een groep radio quasars met dominante kernen. Zij concluderen dat de waarnemingen verklaard kunnen worden met de momenteel gangbare modellen waarin de helderheid van de kern enorm wordt versterkt door relativistische aberratie van de straling van plasma wolken die bijna in de gezichtslijn worden uitgestoten. Ook in de jets vindt er nog sub-relativistische beweging plaats ($v \sim 0,5c$).

De energie stroom vanuit de kern naar de ver verwijderde radio lobben gebeurt langs bundels, soms waarneembaar als jets, die vaak zeer lang en rechtlijnig zijn. Op hun weg naar "buiten" komen die bundels soms in botsing met gas, bijvoorbeeld gas van het moederstelsel, waarbij radiostraling wordt opgewekt. Dit is, zo suggereren Schilizzi, Skillman, T. Muxlow (Jodrell Bank) en P. Elosegui (zomerstudent 1987), mogelijk de verklaring voor de heldere radio structuur binnen één kpc van de kern van de radio bron 3C236 (Fig. 3.2.6.). Deze bron heeft een totale afmeting van 5 Megaparsec (!), en is nog steeds de grootste bekende bron in het heelal. Tussen 1 kpc en enkele Mpc afstand is er geen noemenswaardige straling zichtbaar. Schilizzi en medewerkers concluderen dat, omdat de kern structuur twee-zijdig is, deze bron ongeveer in het vlak van de hemel ligt en geen relativistische expansie zal vertonen.

Zo rechtlijnig als 3C236 is, zo krom is de structuur in 3C119, een bron die uitvoerig bestudeerd is door Nan Rendong en Schilizzi met behulp van VLBI (zie Fig. 3.2.7.). De lineaire afmeting van deze bron is slechts enkele kiloparsec. Blijkbaar worden de energierijke bundels uit de kern afgebogen door interactie met het interstellaire medium in het moederstelsel van deze quasar. Misschien ook precedeert de as van de bundel over grote hoeken, met het resultaat dat er nooit een grootschalige dubbele radiobron kan ontstaan omdat de energie alle kanten uit wordt "gesproeid".

Baum, die in november de astronomengroep versterkte, schreef een omvangrijk artikel over haar werk aan de correlatie tussen radio helderheid, optische lijn emissie en optische continuum straling van het moederstelsel. In zeer veel gevallen wordt nu optische lijn emissie gedetecteerd die geassocieerd is met krachtige dubbele radiobronnen. Vaak ook is de optische morfologie van het moederstelsel verstoord.

Clusters van melkwegstelsels

De eerder met de WSRT verkregen waarnemingen van de Perseus cluster op 327 MHz hebben geleid tot een reeks van nieuwe waarne-

mingen. Dit project, een (promotie) onderzoek van D. Sybring (Groningen) in samenwerking met De Bruyn en R. Sancisi (Groningen), had een uitstekende start met 21 cm lijn en 21 cm continuum metingen van een kwaliteit die nog niet eerder met de WSRT was gehaald. In de continuum metingen (met het DCB) worden op een intensiteits niveau van 0,00001-0,0001 keer de sterkte van de centrale bron allerlei niet eerder waargenomen structuren zichtbaar. In de lijnmetingen (met het DXB) is dankzij een formidabel spectraal dynamisch bereik het profiel van de brede absorptie lijn nauwkeurig geregistreerd. Bij dit deel van het project zijn ook W. Jaffe en W.B. Burton (Leiden) betrokken. Het gas dat verantwoordelijk is voor deze absorptie is wellicht geassocieerd met het systeem van optische filamenten rondom NGC1275, het actieve centrale stelsel in de cluster. Dit filamenten systeem is waarschijnlijk ontstaan in een "cooling flow" naar het centrum van de cluster toe. Een dergelijke stroom van door straling afkoelende materie is nu in meerder clusters van melkwegstelsels gedetecteerd.

Baum, T. Heckman (Maryland), W. van Breugel en P. McCarthy (Berkeley) bestudeerden het optisch emitterende gas in een aantal van dergelijke clusters. Zij concluderen dat de ionisatie van dit gas noch door de kern van het centrale stelsel, noch door OB sterren kan worden verklaard. Dit kan dus als een indirekt bewijs worden opgevat voor de aanwezigheid van een "cooling flow".

In clusters komen veelvuldig radiobronnen voor die bekend staan als kop-staart stelsels. Deze stelsels vertonen vaak een twee-zijdige radio jet structuur die, eenmaal buiten de beschermende omgeving van het stelsel aangekomen, afbuigt in een richting tegengesteld aan die van de beweging van het stelsel. Er zijn ook vele voorbeelden van kop-staart stelsels met een schijnbaar één-zijdige arm. Dit nu, zo vond O'Dea op basis van VLA gegevens, is een gevolg van beperkte resolutie en/of dynamisch bereik. Samen met A. Gower (Victoria) begon hij een multi-frequentie VLA studie van IC310, het tweede heldere kop-staart stelsel in de Perseus cluster.

Kosmologie

Door de grote gevoeligheid van radiotelescopen en de enorme intrinsieke helderheid van radiobronnen zijn radiostelsels te zien tot op kosmologische afstanden, d.w.z. tot in de jongste fasen van het heelal. Soms is er dan geen optisch stelsel te zien omdat deze zo zwak zijn (tot de 23 magnitude) dat er meerdere kandidaat-identificaties met de radiobron kunnen zijn. Als een dubbele radiobron echter ook een derde component in het midden bevat is dat altijd de radio kern in het melkwegstelsel. In een complete verzameling van 3CR bronnen zijn er nog altijd een aantal waarvan de identificatie met een melkwegstelsel niet bestaat door het ontbreken van een detecteerbare derde component. Strom en H. Spinrad (Berkeley) gebruikten de gevoeligheid en het hoge dynamisch bereik van de WSRT om op 6 cm golflengte te zoeken naar zo'n centrale radiobron. In meerdere 3CR bronnen hadden zij succes en diepe opnamen en

spectroscopie leidde in die gevallen tot de ontdekking van radio melkwegstelsels op grote roodverschuiving (zie Fig. 3.2.8.).

Het aantal quasars met roodverschuivingen groter dan 3 loopt nu al in de tientallen. Ongeveer 10 daarvan zijn ook sterke radiobronnen. Schilizzi, L. Gurvits (Moskou), P. Barthel (Caltech), I. Pauliny-Toth (Bonn) en K. Kellermann (NRAO) begonnen een systematisch project om de VLBI structuur van deze verste quasars in kaart te brengen met een netwerk van telescopen in de Verenigde Staten en Europa. Door vergelijking van de radio structuur in deze bronnen met die van een groep nabije ($z=0,5-1$) quasars hoopt men evolutionaire effecten op te sporen.

Het zoeken naar neutrale waterstof in de vroegere fasen van het heelal, vóórdat zich melkwegstelsels gevormd hadden, is een project waarvoor de WSRT bij uitstek geschikt is. Een eerste poging is in 1985 gedaan met de WSRT op 327 MHz. Op deze frequentie is de telescoop gevoelig voor waterstof op een roodverschuiving van $z=3,35$ (de rustfrequentie is immers 1420 MHz). Er zijn geen waterstofwolken gedetecteerd maar de bovengrenzen zijn al interessant voor theorieën over cluster en supercluster vorming. Nieuwe waarnemingen met grotere bandbreedte zijn in december 1987 begonnen.

3.2. Astronomical research done by NFRA staff

Editor: Richard Schilizzi

3.2.1. Introduction

The following pages present a thematic outline of the astronomical research carried out by NFRA staff. The emphasis remains on extragalactic studies of active and normal objects, but considerable effort has also gone into projects on supernova remnants and pulsars in our galaxy, the exotic binary X-ray star SS433, and extragalactic supernova remnants. Solar research by the Foundation staff has gone into hibernation, perhaps to wake again at the time of the next solar maximum. The WSRT and EVN/global VLBI network were again the main instruments used but, the VLA and the optical facilities on La Palma were also in demand.

3.2.2. Galactic Research

3.2.2.1. Stars and compact objects

Novae

During 1987, Nova Cyg 1986, Nova And 1987 and Nova Her 1987 have been monitored by Spoelstra. The data reduction of the observations is in progress. So far none of the three novae have been detected, but this does not imply that they will remain undetectable, since their detectability depends, for example, on the 'speed' of the nova and its distance. Not all observations have been processed.

Pulsars

After the first WSRT observations of pulsars made in tied-array mode (see the 1986 Annual Report) in which pulsed emission could actually be discerned, more measurements have been made in a modified synthesis mode. In collaboration with Strom, H. van Someren Gréve has modified the on-line software so that the eight channels of the DCB can each be used to integrate a different phase of the pulsed emission from a pulsar. In this way, one accumulates data when the pulse is turned on in one group of channels, while the remainder record emission between the pulses. (See the front and back covers of this Annual Report).

The technique is, in the first place, a sensitive method for searching for unpulsed emission from pulsars. Previous searches, which have only been done with one instrument at Jodrell Bank, turned up several pulsars with an unpulsed component. Their other characteristics suggest that these are objects in which we are almost looking at the pole, so that the beam never quite turns off. An example of on and off emission is shown in Fig. 3.2.1.,

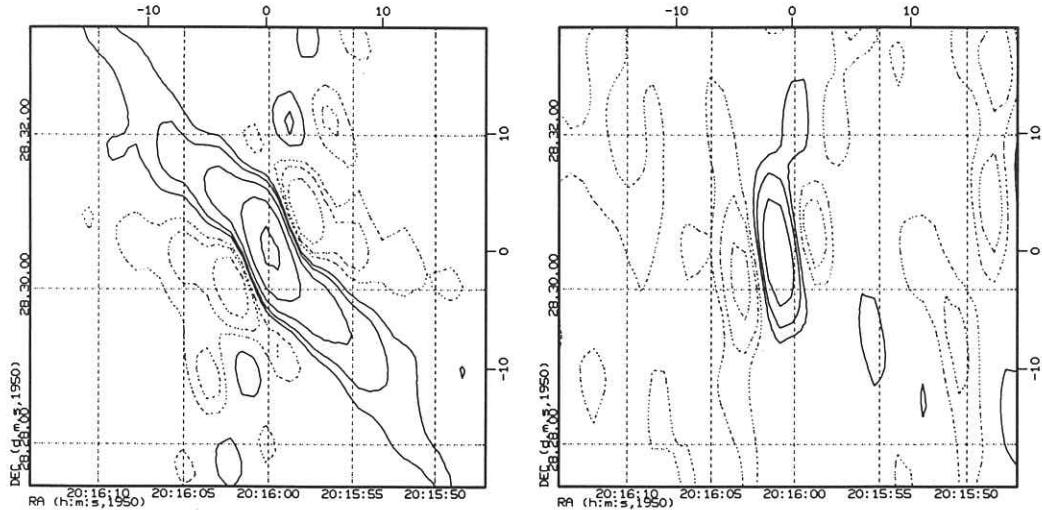


Fig. 3.2.1.

49 cm emission from the pulsar PSR 2016+28, observed in the special gated mode. On-pulse emission (left panel) is distorted because the average flux density varied during the observation, and was particularly strong at an hour angle corresponding to position angle 30° . Off-pulse emission (right panel) shows nothing from the pulsar, but reveals a point source some $10''$ arc east of the pulsar (the contours shown are one-tenth of the three lowest ones in the left panel). Off-pulse emission from the pulsar is less than 1% of the on-pulse value.

De pulsar PSR 2016+28 waargenomen op 49 cm in de speciale synchrone opstelling. Emissie van de pulsar zelf (linker paneel) is vervormd door een sterke uitbarsting die plaats vond op een tijd die overeenkomt met positie hoek 30° . Als de puls uit is (rechter paneel) dan ziet men geen emissie van de pulsar zelf, maar wel van een bron $10''$ bgsec oostelijk van de pulsar (de contourwaarden zijn een tiende van de drie laagste aan de linker kant). Emissie tussen de pulsen ligt op een niveau beneden 1% van de gemiddelde puls sterkte.

where we see that although there is no detectable unpulsed emission, we do find a weak source near the pulsar, normally lost in its extreme brightness.

The detection of a weak source so close to a pulsar suggests a second use for this observing mode: searching for extended radio emission near pulsars, the analogue at a much lower level of the Crab Nebula. An extensive search of the most likely candidates is to be carried out during the 92 cm period at the beginning of 1988.

The third use of the observing mode is to improve the positions of some of the weaker pulsars. The survey instruments with which pulsars are discovered have, at the long wavelengths usually used, quite large beamwidths. With an interferometer the positions can be readily improved, and the observing technique described above enables one to do this with optimal signal-to-noise and in a way that the pulsar can be readily distinguished from the many background sources found in fields at long wavelengths.

Collapsed objects

Spoelstra and W. Hermsen (LRO-Leiden) have continued the reduction of optical observations done at ESO, Chili, in the search for a counterpart in the radio and optical domain for the remarkable gamma-ray source CG195P4 (alias Geminga). Although absolute calibration still has to be done, extremely weak optical objects have been found at the positions of two possible radio candidates.

Strom, in two different collaborations, has worked on WSRT observations of the binary system and X-ray source Cyg X-3. During most of the second half of the year, in a project which began during the summer student program, V. Dorenbos and B. Vermeer (both from the VU in Amsterdam) reduced WSRT 6 cm observations obtained during a strong outburst of Cygnus X-3. Strom and De Bruyn helped supervise this work, which resulted in accurate light curves in both total intensity and linear polarization, and an estimate of the spectral slope at 6 cm (although the latter was less accurate than had been hoped). A typical example is shown in Fig 3.2.2.

In collaboration with J. van Paradijs (GU Amsterdam) and M. van der Klis (ESTEC), Strom made an extended series of 6 cm observations of Cyg X-3 to monitor its variations when the source is not strongly flaring, in an attempt to determine whether a previously reported periodicity of just under five hours is present and, if it is, what the precise period is. The observations reveal that there is low level quasi-periodic flaring which occurs at nearly five-hourly intervals (about five flares per day), although there is considerable variability in the peak flux density, and the shape of the outbursts can also change dramatically from one event to another. After calibration, further

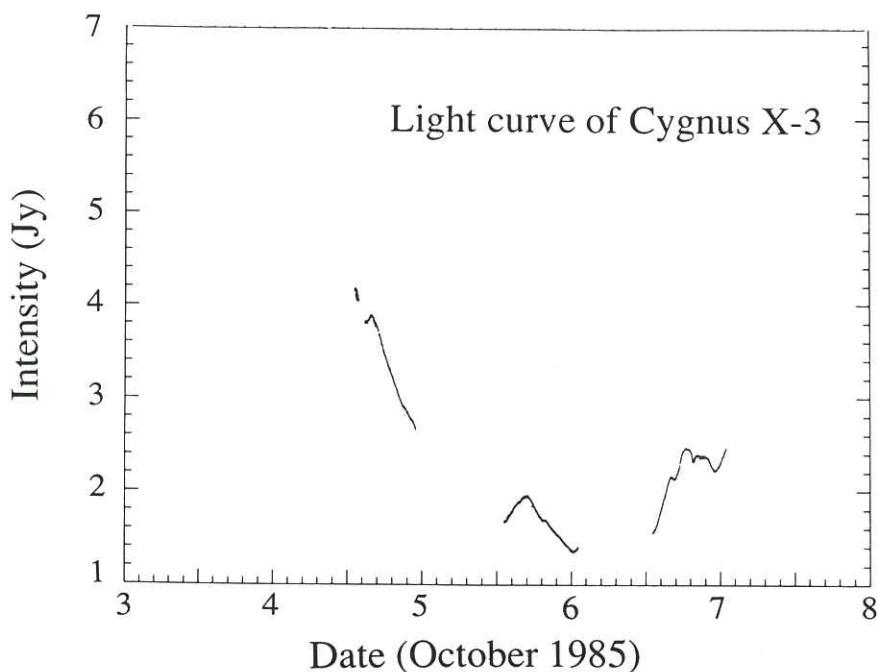


Fig. 3.2.2.

The 6 cm light curve of Cyg X-3 as observed on four successive days in October 1985 during a strong outburst.

De lichtkromme van Cyg X-3 gemeten op 6 cm gedurende een periode van vier dagen in oktober 1985 tijdens een sterke uitbarsting.

data reduction will require the application of techniques to look for periodicities in partially sampled data.

The work reported in 1986 on SS433 was completed with the publication of an article by R. Vermeulen, V. Icke (Leiden), R.T. Schilizzi, I. Fejes (Budapest) and R. Spencer (Jodrell Bank). A second very successful campaign was carried out in 1987 involving 6 cm VLBI, flux density monitoring from 0.408 to 15 GHz, optical spectroscopy at six sites around the world including La Palma and Calar Alto, optical photometry in the Soviet Union, and 5 measurements using the newly launched Japanese X-ray satellite GINGA. The 6 epochs of EVN Mk3 (Mode A) VLBI (+ Green Bank for 3 epochs) yielded usable data for more than 90% of the total station-hours scheduled to be observed; a tribute to all the observatories involved. MERLIN data were obtained simultaneously and will be combined later with the VLBI data. A radio flare took place fortuitously in the middle of the campaign to add to the interest. Various methods are under consideration to remove the effects of changing flux density during a VLBI synthesis period.

The source SS433 is also one of the two objects being investigated by A. Jongeneelen (Leiden), de Bruyn, Schilizzi, Brouw and F. Brouwer (Delft/Apeldoorn) in an Astron-supported VLBI astrometry project, which had a flying start in September 1987. For a period of some 8 hours, SS433 and a nearby reference source (1910+052) were observed alternately with a basic duty cycle of about 7 minutes using 9 stations in a global network at 6 cm. Good data were obtained for most of the session for 8 of the 9 stations. SS433 showed rather compact structure, as did the reference source, and it is hoped that sub-milliarcsecond relative positional accuracy can be achieved for this first epoch.

3.2.2.2. Nebulae and diffuse emission

Polarised galactic radio emission

Spoelstra and G.L. Verschuur (Arecibo) have carried out a pilot survey of galactic radio sources with the 300ft telescope in Green Bank in order to investigate the feasibility of a full-scale survey of the linear polarization of galactic radio emission. The observations were done at 400 and 800 MHz. The data have been reduced with software available in Leiden. Some instrumental problems have been found but the results indicate that the data could be of high quality in the future survey and that it could be done with a minimum of manpower.

Supernova remnants

Strom carried out an investigation of adiabatic supernova remnants of known age, and found that their relative distances can be derived from a small number of measurable parameters: age, angular diameter, ambient density and total energy released. This enables one to relate the distances of Tycho, Kepler, SN1006 and SN185 to one another. Using a number of independent distance

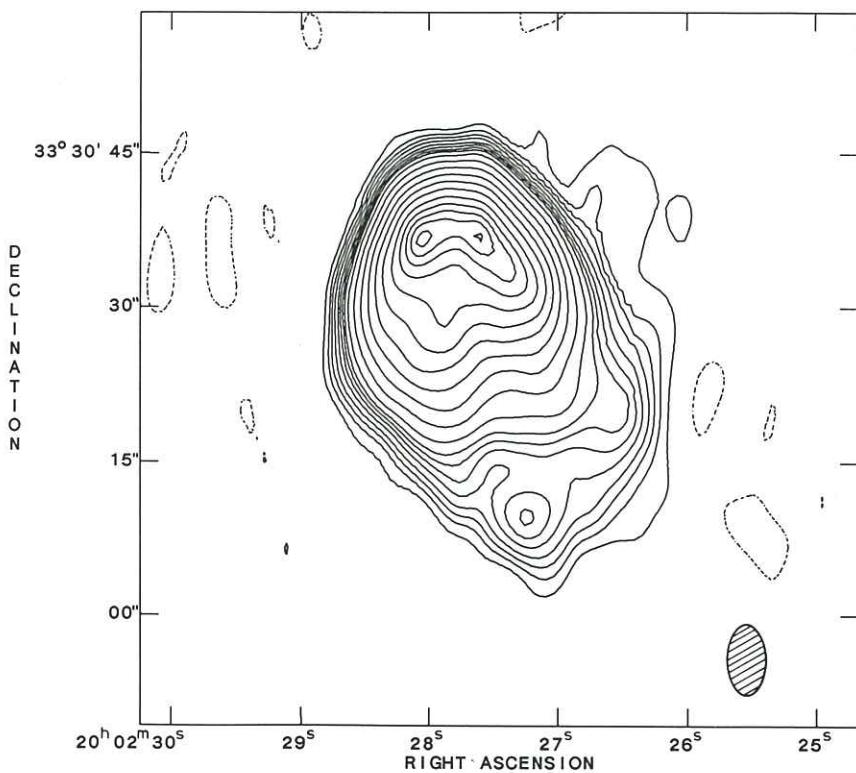


Fig. 3.2.3.

G70.7+1.2, a suspected supernova remnant, mapped at 6 cm with the WSRT.

Een 6 cm WSRT kaart van een vermoede supernova rest G70.7+1.2.

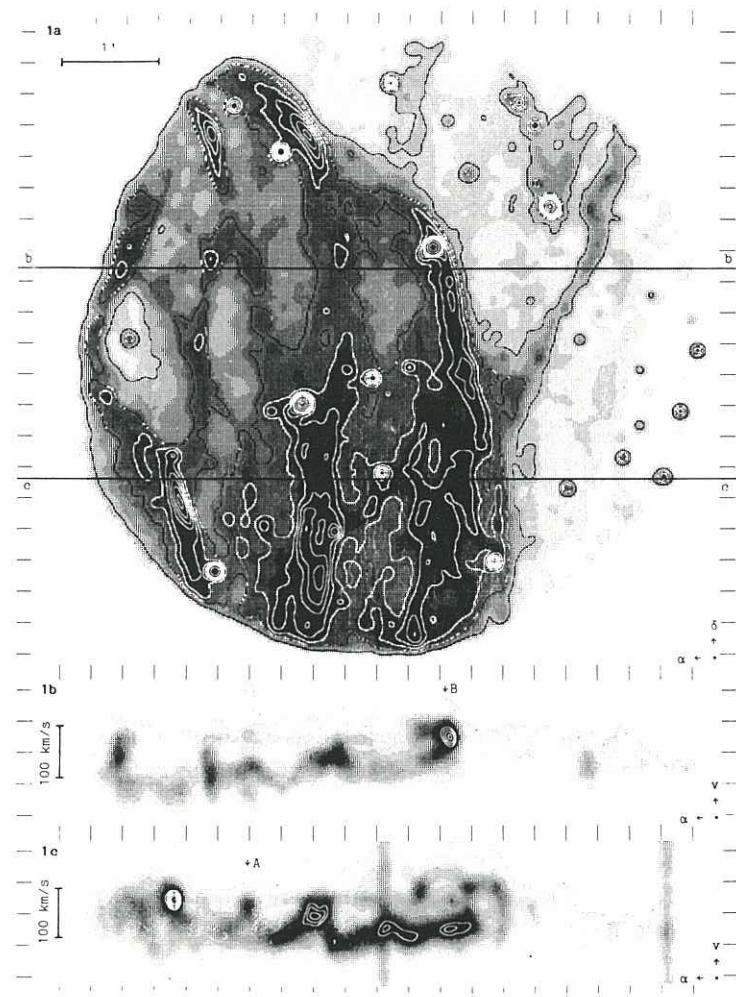


Fig. 3.2.4.

The [OIII] λ 5007 emission from filaments in the Cygnus Loop supernova remnant as observed by TAURUS. a. The total emission. b,c. Position-velocity plots along the positions indicated, showing motion in the gas.

Emissie in de λ 5007 lijn van [OIII] waargenomen m.b.v. TAURUS in filamenten van de Cygnus Loop supernovarest. a. De totale emissie. b,c. Positie-snelheid kaarten langs de aangegeven lijnen, die bewegingen in het gas tonen.

estimates, the distance scale has been calibrated for these four objects. The most noteworthy result, apart from the distances themselves, is that all four remnants lie within 4.2 kpc of the sun, and in particular that Tycho is relatively nearby. This has consequences for the absolute magnitude of its supernova, which compared to the others appears to be underluminous.

M. de Muizon, M.J.A. Oort, J.J. Claas (all Leiden) and R. Braun (VLA) together with Strom rounded off a study of the shell-shaped galactic radio source G70.7+1.2. Based on radio (WSRT and VLA), infra red, optical and X-ray measurements, they conclude that it may be a supernova remnant in the Milky Way at a distance of several kpc. Although the radio emission has the form of a shell (Fig. 3.2.3.), it is particularly irregular to the south. The detection of weak polarized emission in the WSRT 6 cm map appears to indicate the presence of a nonthermal component. One peculiarity of the radio spectrum, its turnover near 500 MHz, can be explained as resulting from free-free absorption in a compact HII region which appears to partially cover the shell, as revealed by optical photographs. While the nonthermal emission could originate in a supernova remnant, its abnormally low radio luminosity then has to be explained away by assuming that it is quite young, and only just turning on. This would be consistent with its small diameter, and perhaps the irregular morphology, although we might also expect to observe the radio emission increasing. Study of this fascinating object in various wavebands is continuing.

Strom's work with H. Greidanus (Leiden) on the reduction of TAURUS and other observations of supernova remnants has continued. With somewhat over half of the data calibrated, the results are quite intriguing. Filaments and diffuse emission appear to have systematically different velocities, with the filaments coinciding with cusps in position - velocity plots. An example is shown in Fig. 3.2.4.

The VLA study of a pulsar candidate in CTB80 was rounded off with the publication of the evidence. It is interesting to note that one of the fastest known pulsars has now been detected in the source, confirming Strom's conclusions.

3.2.3. Extragalactic Research

3.2.3.1. Active Galactic Nuclei

The study of the broad line region in Seyferts and quasars now has a history of nearly 20 years. De Bruyn, E. van Groningen (ESTEC) and G. Stirpe (Leiden) are contributing to this broad topic via detailed studies with high S/N (50-100) and high spectral resolution (1.5 \AA) of a moderately large sample of Seyferts and quasars. Contrary to previously cherished beliefs, broad line region emission line profiles are very different in different objects and there is no such thing as a standard

profile. Multi-component models, with varying densities and kinematic properties are required to model the BLR's of Seyferts and quasars.

One of the most illuminating ways to study the broad line region is via studies of the line profile variations seen in all objects observed well enough and frequently enough. A particularly interesting variation was observed in spectra taken with the INT in the summers of 1985 and 1986 of the object NGC 5548. The difference spectrum constructed by subtracting the 1985 from the 1986 spectrum shows a double-humped profile reminiscent of that of a rotating disk (Fig. 3.2.5.). This work has been accepted for publication in *Astronomy and Astrophysics*.

Because variability timescales can be as short as 1 or 2 weeks, an 8 week campaign on NGC5548, as well as on Mkn 279 and Mkn 290, was conducted by Stirpe, de Bruyn and M. Penston (RGO) in the summer of 1987. This resulted in an average 6-7 spectra of both the H α and H β regions. Moderate variations (up to 30%) were seen in the line fluxes and continuum intensity. The analysis is continuing. A similar campaign will be conducted in the summer of 1988.

Baum has completed a paper deriving from her thesis work on the optical emission line, optical broadband and radio properties of a representative sample of radio galaxies. This is a collaboration with T. Heckman (Maryland), A. Bridle (NRAO), W. van Breugel (Berkeley) and G. Miley (STScI). It is apparent that extended emission line gas is common in powerful radio galaxies, and that morphological peculiarities in the host galaxy isophotes occur in about 25% of the sample.

Schilizzi, Skillman, T.W.B. Muxlow (Jodrell Bank) and P. Elosegui (Summer Student from Granada) completed reduction of the 18 cm "World-Array" observations of the nucleus of the giant radio galaxy 3C236. The World-Array comprised 16 telescopes in the global VLBI network and 6 telescopes in the Jodrell Bank MERLIN system. Schilizzi et al. identify the nucleus with the brightest component in the centre of the structure (see the lowest panel of Figure 3.2.6.), since this component has an inverted spectrum and is the most compact. 3C236 therefore has a compact two-sided jet with approximately equal brightness per beam on each side. This in turn implies the source lies close to the plane of the sky. It is thus unlikely that superluminal motion will be observed in this source if this phenomenon is due to relativistic beaming close to the line of sight. The transverse structure seen in the SE jet may be evidence of a shock in the energy flow. The radio emission in the nucleus occurs on scales of a few kpc; thereafter no emission is seen for distances of the order of 1 Mpc until the large scale lobes are encountered (see top panel of Figure 3.2.6.). This suggests that the energy transport becomes more efficient (so that the jet is no longer visible) approximately 1 kpc from the nucleus. This may mark the outer boundary of the narrow-line-region in this galaxy. A report on this work was given at IAU

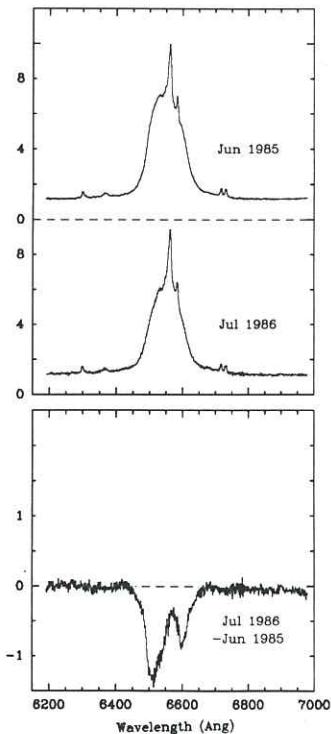


Fig. 3.2.5.

High resolution (2A) spectra of $\text{H}\alpha$ in the bright Seyfert 1 galaxy NGC5548 taken at the INT on La Palma in June 1985 and July 1986. The difference spectrum, blown up by a factor 4 in flux, is shown at the bottom. The input spectra were flux calibrated on the assumption that the narrow lines are constant in time. Stirpe, de Bruyn and van Groningen (A&A, in press) interpret the double-peaked difference profile as evidence for the presence of line emission from a rotating disk in the overall line profile. Such disks have long been suspected to be there but observational evidence for them thusfar was only circumstantial.

Spectra van het Seyfert 1 stelsel NGC 5548 opgenomen met de INT op La Palma in juni 1985 en juli 1986. Het verschil tussen de twee spectra, veroorzaakt door snelle veranderingen in de kern, toont het karakteristieke snelheidsprofiel van een roterende schijf. Stirpe, de Bruyn en van Groningen (A&A, in druk) suggereren dat er in dit stelsel een accretieschijf aanwezig is waarin materie zich ophoort voordat (een deel ervan) in een zwart gat verdwijnt.

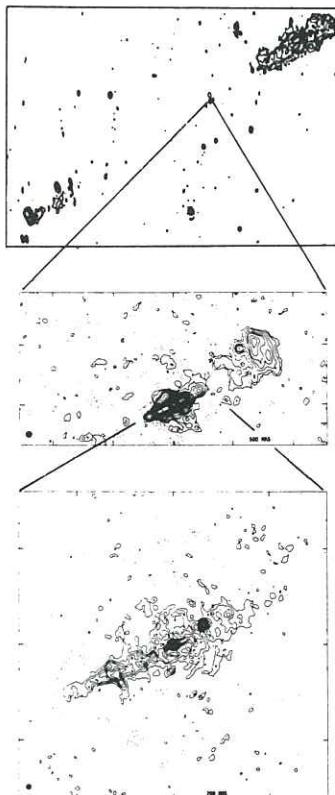


Figure 3.2.6.

The giant radio galaxy 3C236 ($z=0.0988$) at three different angular resolutions. The top panel is a 21 cm image made with the WSRT by Barthel et al. (1985) A. and A. 148, 213; the restoring beam is 13×23 arcsec. The middle panel is an 18 cm image derived from a combined VLBI and Jodrell Bank MERLIN measurement, restoring beam 50 milli-arcsec. The bottom panel is an image from the same dataset as the middle panel but with a restoring beam of 10 milli-arcsec.

Het reuze radiostelsel 3C236 ($z=0,0988$) gemeten met drie verschillende oplossend vermogens. Bovenpaneel: 21 cm beeld van de WSRT door Barthel et al. (1985) A. en A. 148, 213; interferometer bundel $13'' \times 23''$. Midden paneel: 18 cm beeld van gecombineerde VLBI en Jodrell Bank MERLIN gegevens met een 50 milli-boogseconde bundel. Paneel beneden: beeld op 18 cm van dezelfde gegevens als het midden paneel maar met een bundel van 10 milli-boogseconden.

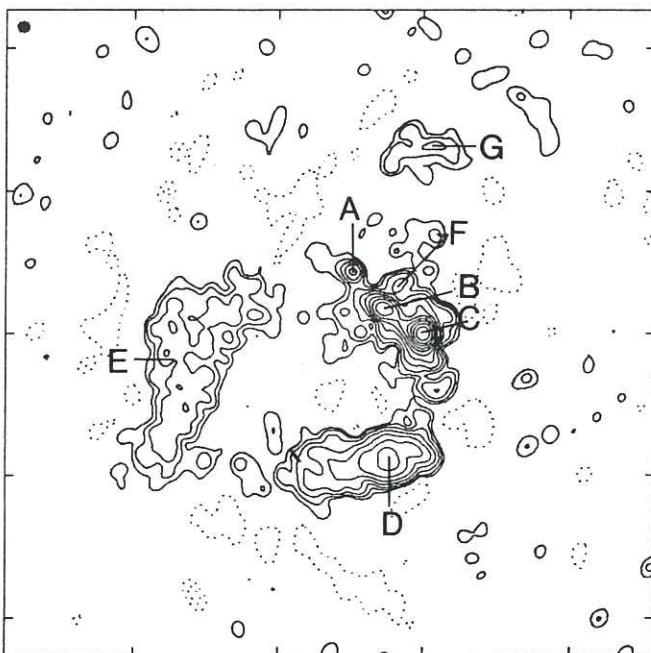


Figure 3.2.7.

Brightness distribution of the compact steep spectrum source, 3C119, at 18 cm derived from global VLBI data combined with MERLIN data. The restoring beam is 5 milli-arcseconds in diameter. The tick separation is 60 mas. The peak intensity is 2.993 Jy/beam (component C) and the lowest contour is 0.05% of the peak. The letters label components mentioned in the text.

18 cm beeld van de compacte steile spectrum bron, 3C119, van gegevens van het globale VLBI netwerk gecombineerd met MERLIN. De bundel is 5 milli-boogseconden in diameter; streepjes op de assen zijn 60 milli-boogseconden verwijderd van elkaar. De piek helderheid in de kaart is 2,993 Jy/bundel (component C) en de laagste contour 0,05% van de piek. De letters A t/m G geven de componenten aan.

Symposium 129 on the Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics.

Nan Rendong (visitor to Dwingeloo from Beijing Observatory) and Schilizzi completed analysis of new 18 cm observations of the compact structure of the Compact Steep Spectrum Source, 3C119. A 10-station VLBI (including the WSRT)/6-station MERLIN data set was processed through AIPS and Jodrell Bank OLAF software (the latter under guidance of T.W.B. Muxlow) to yield an image of impressive dynamic range (~3000 to 1). The thermal noise level is reached in the outer parts of the map. The image reveals an extraordinary spiral-like structure with a diameter of ~300 pc (100 milli-arcsec) in which the nucleus of the source can be identified with the weak compact component "A" shown in Figure 3.2.7. The morphology suggests a knotty jet, A-B-C, which then undergoes substantial apparent changes in direction (C-D-E-F-G?) either due to projection effects or due to real deflections. In a paper nearing completion by Nan Rendong, Schilizzi and their collaborators W. van Breugel (Berkeley), C. and R. Fanti (Bologna), and T. Muxlow and R. Spencer (Jodrell Bank), consideration is given to explanations in terms of non-relativistic or relativistic precessing jets or a supersonic jet deflected by the walls of a cavity in the interstellar medium. However none of these explanations is found satisfactory.

Nan Rendong and Schilizzi also worked on combined VLBI/MERLIN 18 cm data on 3C343 and 3C287; the former also displays a very complex structure on the 100 milli-arcsec/few hundred pc level.

Foley carried out an initial analysis of 18 cm observations of 1358+62, a Low Frequency Variable with a steep spectrum. This source has a multiple component structure.

In a continuation of the long-running project on the nuclei of extended quasars, J. Hooimeyer (Leiden), P.D. Barthel (Caltech), G. Miley (STScI) and Schilizzi have made observations of a number of these objects using VLBI, the VLA and optical observations. In one large object, 1721+343, superluminal expansion with a transverse velocity of 3.1 km s^{-1} has been detected ($\text{Ho}=100 \text{ km s}^{-1}/\text{Mpc}$, $q_0=0.05$). The occurrence of superluminal motion in quasars of large projected size poses problems for beaming models. Further monitoring of other members of the sample is continuing.

Foley has nearly completed a short research note on a reconsideration of the physics of 4C32.69, a quasar with a long, one-sided, bent jet. Earlier work by Van Groningen, Miley and Norman was not able to account for the radio structure in terms of the relativistic beaming model. The bend region does not show much change in surface brightness, and they showed that this was hard to fit with models where the one-sidedness is accounted for by Doppler boosting. The bend ought to give rise to a large change in brightness if the jet is relativistic. Foley has reconsidered this from the point of view of what the true bend angle must be. The allowed solutions all have small true bends ($6\text{--}14^\circ$). He has shown

that for a true bend of 10° , it is quite easy to fit all the observable features on the relativistic model.

O'Dea completed a paper on sub-arcsecond resolution VLA observations of core-dominated quasars (in collaboration with R. Barvainis (Haystack) and P. Challis (Michigan)). These observations are consistent with (1) the hypothesis that core-dominated quasars are drawn from a parent population of classical double quasars, (2) the existence of material moving with moderately relativistic velocities $\beta \sim 0.5$ in the large scale jets, and (3) wiggling of the large scale jets by Kelvin-Helmholtz instabilities.

Schilizzi and L. Gurvits (Space Research Institute, Moscow) are collaborating with P. Barthel (Caltech), I. Pauliny-Toth (MPIfR) and K. Kellermann (NRAO) on a project to image a sample of quasars with redshifts greater than 3, using global VLBI. The structures will be compared with those in the literature for high luminosity quasars with redshifts between 0.5 and 1 to look for evolutionary effects. The first object, 1402+044, was reduced in Dwingeloo with the assistance of Foley; it is very nearly unresolved.

De Bruyn continued his analysis of rapid, intra-day, variability in the flux density of compact extragalactic radio sources, reported in the 1986 Annual Report. An extensive data set is now available for the BL Lac-type object, OJ287. The results of the 1985 and 1986 monitoring campaigns were communicated at the IAU Symposium 129 in Boston. Some of the limitations in the accuracy of the 1985 and 1986 data were connected with instrumental pointing and system temperature monitoring. These have been solved and a 1x12 hour run in November 1987 produced a very nice light curve with improved short-term accuracy. The variability characteristics of OJ287 appear to be dominated by a quasi-regular period of about 1-2 hours. This component may be related to diffractive interstellar scintillation caused by structure in the ISM on a scale of 10^{10} to 10^{11} cm. If this explanation is correct it would require structure in OJ287 on a scale of 10 microarcsecond or less. The possibility of intrinsic variations, however, is not excluded and one event in 1985 would be more easily explained that way. Searches for variability in the polarized flux density in these data continues. It may enable a choice to be made between intrinsic and extrinsic causes for the observed variability.

3.2.3.2. Clusters of galaxies

The results of the WSRT 327 MHz mapping of the Perseus cluster in 1984 have led to a new wave of observations of this very interesting cluster. D. Sybring (Groningen), R. Sancisi (Groningen) and de Bruyn obtained 4x12 hour syntheses in 1987 at both 49 cm and 21 cm (continuum). The 21 cm data, which have been 75% reduced, are of exceptional quality and reveal a wealth of new

features in the cluster, in particular some associated with the halo of NGC1275 (3C84). The formal dynamic range in the map (defined as peak/rms noise) already surpasses 400.000:1, yet another record! The 49 cm data appear to be of good quality and will be reduced early 1988. They will be invaluable in studying spectral ageing effects in the various extended radio structures. The wavelength gap between 92 and 21 cm appears to be too large to tackle such questions especially in view of the spectral indices of -1.5 to -2 found.

In 1987 a 4x12 hour synthesis in the 21 cm line was also obtained by de Bruyn, in collaboration with W. Jaffe (Leiden), W.B. Burton (Leiden), Sybring and Sancisi. In addition to searching for HI emission (still in progress), these data were also used to record the HI absorption profile of gas in the "cooling-flow" against the very intense (19 Jy) continuum core source in 3C84. The symmetry of the profile, relative to the systemic velocity of the galaxy NGC 1275, is difficult to explain in a simple cooling flow picture where only positive velocities are expected. An alternative explanation would have the neutral gas in a turbulent "narrow line region" much closer to the nucleus. Further work on this subject is continuing. An important question is the angular extent of the absorbing gas which is hoped to be determined via a comparison of the profile against the core and the 30" component.

Baum, Heckman, van Breugel and P. McCarthy (Berkeley) have almost completed a paper deriving from her thesis on optical spectroscopy of extended emission line gas in central dominant galaxies in cooling flow clusters. The authors are able to rule out ionisation from either a nuclear source or by O and B stars as the origin of the energy for the emission line gas. Other possible energy sources are discussed (e.g., the gravitational energy of the cluster, the energy in the hot (10^7 K to 10^8 K) ICM, the radio source, reconnection of a cluster magnetic field). The authors also show that the emission line flux is less spatially extended than is predicted by cooling flow models and also that the motion of the gas is dominated by turbulence, and not by rotation.

O'Dea has reduced VLA observations of several narrow angle tail sources in rich clusters. He also finished reduction of high resolution VLA snapshots of several narrow angle tail sources for which previous lower resolution observations showed only single tails. In about half of these sources the new data show evidence for two-sided ejection near the cores.

In collaboration with A. Gower (Victoria), O'Dea started reduction of multifrequency VLA observations of IC310, a single-tailed radio source in the Perseus cluster. Comparison of these observations with those of the nearby twin-tailed source NGC 1265 may allow the cluster rotation measure to be determined.

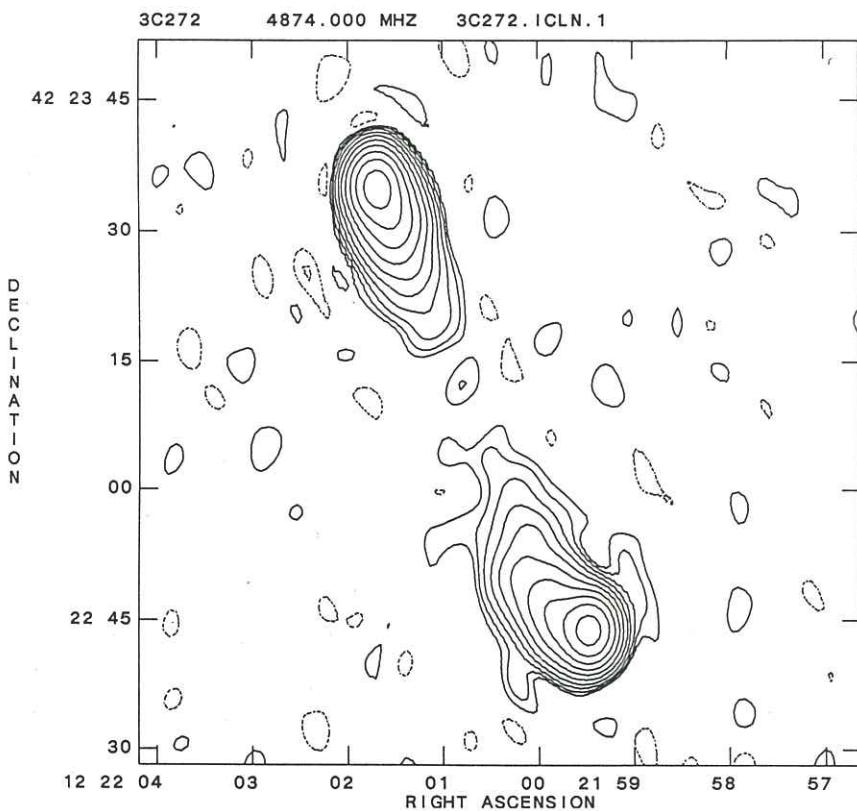


Fig. 3.2.8.

The distant radio galaxy 3C272 mapped with the WSRT at 6 cm, showing the weak central component which clinched its identification. The associated optical galaxy has a redshift of $z=0.944$.

Een kaart van het stelsel 3C272 gemaakt op 6 cm met de WSRT, waarin de centrale component zichtbaar is. De aanwezigheid van deze component bevestigt de identificatie met een melkweg stelsel op zeer grote afstand (roodverschuiving is $z=0,944$).

3.2.3.3. Cosmology

Together with H. Spinrad (Berkeley), J. Riley (Cambridge) and others, Strom has been searching unidentified extragalactic radio sources for nuclear components in an effort to optically identify them through spectroscopy and imaging. This program has been fairly successful, with about half a dozen new identifications. It is a good illustration of the high quality offered by the WSRT 6 cm DCB system coupled with high dynamic range achievable through redundancy data processing. In this work both high sensitivity and dynamic range were often essential. An excellent example is the extended double radio source 3C272 (Fig. 3.2.8.), where the central component was found to have a flux density of only 0.3 mJy, but had to be detected in the presence of the high brightness outer lobes. It has now been possible to identify some of the last unidentified 3CR radio sources, which all turn out to be galaxies at high redshift.

The analysis of two deep 327 MHz surveys in search for HI at a redshift of $z=3.35$ by de Bruyn, M. Wieringa, P. Katgert (both Leiden) and R. Sancisi (Groningen) culminated in a contribution (by P. Katgert) to the IAU Symposium 130 in Hungary on the Large Scale Structure of the Universe. No HI was detected but limits of about $10^{14} M_{\odot}$ of neutral hydrogen could be set, depending on both the angular scale and velocity depth of the hypothetical structures ($\Omega=1$, $H_0=50$). A major factor that may have prevented detection of any structure is the limited velocity depth of about 2000 km/s. HI structures broader than this would be indistinguishable from continuum emission. New observations with doubled bandwidth and about twice the integration time were carried out in December 1987.

3.2.3.4. Normal Galaxies

a. Global properties

Van der Hulst, Olthof (Groningen) and Hummel (MPIfR, Bonn) reduced and analyzed 21 cm HI line observations of the interacting galaxies NGC2820/NGC2814/Mrk108 made with the WSRT. This observation was undertaken to investigate the effects of the interaction and to look for faint HI in the area of the continuum bridge found by van der Hulst and Hummel (1986). The new HI observations reveal the presence of gas high above the plane on the north-east side of NGC 2820 and faint emission between NGC 2814 and NGC 2820. These features are, however, very faint and further, more sensitive observations are required to verify their existence and to determine their structure in detail. The HI in the disk of NGC 2820 shows the same asymmetry as the distribution of HII regions and the regions of highest column density coincide with the brightest HII regions. At the position of Mrk108 there is very little HI, indicating that perhaps a large fraction of the

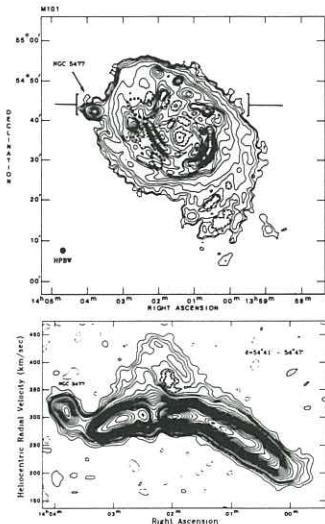


Fig. 3.2.9.

- (a): Contour map of the HI column density distribution, with the high-velocity gas complexes A (north) and B (south) outlined. Contours are $1.4, 2.8, 5.6, 10.5$ and 17.5×10^{19} atoms/cm² followed by 35 to 280×10^{19} atoms/cm² in steps of 17.5×10^{19} . Local minima are indicated by tick marks. A cross marks the position of the centre of M101. The $80'' \times 80''$ beam is shown at the bottom left.
- (b): Map showing the distribution of HI emission as a function of right ascension and radial velocity at constant declination in M101. The declination range is indicated in (a). The map is the result of an integration over the entire declination range of complex A. The contour levels are $-20, 20, 40, 60, 80, 100$, (steps of 50), $500, 600, 700, 800, 900, 1000$, (steps of 200), 2800 mJy/beam area.

- (a): Contour kaart van de HI verdeling in M101. Stippellijnen geven de plaats van het hoge snelheidsgas aan (complex A en B). Contouren zijn $1,4, 2,8, 5,6, 10,5$ en $17,5 \times 10^{19}$ atomen/cm². Het centrum van M101 is aangegeven met een kruisje. De $80''$ bundel is linksonder aangegeven.
- (b): Kaart van de HI emissie als functie van snelheid en rechte klimming geïntegreerd over de declinaties van complex A (zie (a)). Contour waardes zijn $-20, 20, 40, 60, 80, 100$, tot 500, in stappen van 50, 500 tot 1000 in stappen van 100 en 1000 tot 2800 in stappen van 200 mJy/bundel.

neutral gas was consumed during the recent burst of star formation in this object. The gas with excess velocities found in earlier observations by Bosma et al. (1980) appears not to be associated with Mrk108 but with the disk of NGC 2820 directly north and north-west of Mrk108.

Sancisi (Groningen) and van der Hulst analysed new HI observations of the giant Scd galaxy M101 and discovered two prominent high velocity gas complexes in this galaxy. Figure 3.2.9. illustrates the position where this high velocity gas is found and shows a right ascension - velocity map of the largest complex. The mass in these complexes is of the order of a few times 10^7 M_\odot and they reach velocities of 100 to 150 km sec $^{-1}$ in excess of the gas rotating normally in the disk. Of the various hypotheses: supernova driven shells, gravitational interaction, some dynamical process or collisions of gas clouds with the disk, the latter appears most plausible. Large gas clouds, probably a result from a past interaction of M101 with its companion galaxies, have recently fallen back onto the plane of M101 and produced the high velocity gas complexes observed. This is the first time that high velocity gas has been detected clearly in another galaxy. The complexes in M101 are similar, although more massive than the HVC complexes A and C in our own galaxy. Another result of this study is that faint HI in the south (see figure 3.2.9.) makes M101 symmetric again and provides an opportunity to study the rotation curve at large distances. New and more sensitive observations on M101 are currently being analysed by Kamphuis (Groningen) in a search for intermediate velocity gas. This data will also be used for a study of a possible relation of the high velocity gas to various disk phenomena.

Smith (Minnesota), Skillman and van der Hulst studied VLA HI observations of seven low surface brightness dwarf galaxies. The reduction and analysis of these observations was the major part of Smith's work as a summer student in Dwingeloo. The galaxies are small and too face-on to obtain good rotation curve data but suitable for estimating the average HI surface density. All galaxies studied have HI surface densities lower than 10^{21} atoms cm $^{-2}$ which is consistent with the idea that active star formation does not occur unless the local HI surface density exceeds approximately 10^{21} atoms cm $^{-2}$. The VLA data will be supplemented by multicolour surface photometry to be obtained by Bothun (Michigan) so that it will then be possible to measure the surface brightness and colour distributions in these galaxies and obtain an idea of their present and past star formation activity.

Hummel (MPIfR), van der Hulst, Davies and Pedlar (Jodrell Bank) and Wolstencroft (ROE) completed their study of the radio continuum properties of a complete sample of 100 Sbc galaxies. Using the technique of fractional luminosity functions it is possible to demonstrate that the radio luminosity of Sbc galaxies does not only correlate extremely well with the IRAS 100 μm luminosities and reasonably well with optical luminosity, but also

depends on the average dust temperature. If one examines the ratio of radio to optical luminosity (a measure of the radio emissivity) one discovers that the systems with highest emissivity have the highest 60 μm to 100 μm flux ratios, or, in other words, are associated with galaxies with a high fraction of warm dust. This indicates that the excess radio continuum emission is probably a result of recent massive star formation, thus linking more clearly the radio continuum emission from galaxies to the population I component.

WSRT 49 cm observations of the prototypical blue compact dwarf galaxy (BCDG) II Zw 70 were reduced by Skillman in collaboration with U. Klein (Bonn). These observations confirmed the discovery in earlier 92 cm WSRT observations of a nonthermal component in the radio continuum and allow the spectral index of the nonthermal component to be fixed at a rather steep $\alpha = -1.25 \pm 0.20$. Such a steep spectral index is not easily attributable to the normal sources of either disk emission or supernova remnants, and further low frequency observations of BCDGs would be desirable to determine if II ZW 70 is typical in this respect.

Skillman is involved in a long-term study of the chemical abundances in dwarf irregular galaxies. The Pandora system implemented on the VAX 8600 at Groningen was used to reduce spectroscopic observations of southern dwarf irregulars obtained in August 1987 at the 2.2m ESO telescope in La Silla. By combining observations from the literature with new observations obtained at La Palma, La Silla, and Kitt Peak, it was possible to study correlations between such properties as mass, luminosity, and abundance for irregular galaxies spanning a range of 10 magnitudes in luminosity and a range of 4.5 decades in mass. It is found that there are clear correlations of both mass and absolute magnitude with abundance. Some details of the chemical abundances in specific HII regions are reported in the next section.

Work is also in progress to increase the number of low mass galaxies with measured abundances. In collaboration with Huchtmeier (Bonn), Skillman used the Effelsberg 100m telescope to survey all of the dwarf galaxy candidates in the M81-NGC2403 group from the lists of Karachenseva and Sargent and Lo. Of the more than 100 galaxies observed in HI, there were a few dozen detections in the velocity range 1000 to 3000 km/s (background low surface brightness galaxies) and nine detections at local velocities. In collaboration with Shields and Garnett (Texas) the 2.7m McDonald telescope was used in December to obtain spectroscopy of dwarf galaxies in the M81-NGC2403 group which were known to have H II regions from CCD imaging done at La Palma in March. Three galaxies were observed, and the preliminary reduction indicates that these are all very low abundance (<10% solar) systems.

In order to study the environment of the nonthermal superbubble discovered in IC 10, Skillman went back to WSRT HI observations of this irregular galaxy taken in 1979 by Shostak

(Groningen). There is a relatively high column density elliptical disk in this galaxy (comparable to those found in most irregular galaxies), and a large, low column density envelope which was known to rotate in the opposite sense to the disk. The WSRT observations revealed a number of filaments on the periphery of the disk, with velocity gradients essentially randomly oriented relative to the disk. It appears likely that the HI halo of IC 10 is still collapsing. The discrepancy between the velocity fields observed for the two components must be attributed to an interaction earlier in IC 10's history.

Further progress was made on the comprehensive study of the nearby spiral galaxy NGC 2403 done in collaboration with Israël (Leiden). A 21 cm VLA map of 3" resolution and 27 μ Jy/beam r.m.s. noise was compared to an H α image provided by Kennicutt (Minnesota) and a number of supernova remnant candidates were identified by virtue of high radio continuum/H α flux ratios. In December Kennicutt and collaborators Chu (Illinois) and Blair (Harvard), using the Echelle spectrograph at Kitt Peak, discovered high velocity features associated with 3 of 4 of these SNR candidates.

With F.P. Israël (Leiden), de Bruyn finished a paper discussing the integrated radio spectrum of the nearest (D-2.5 Mpc) starburst galaxy NGC 1569. The very strong curvature in the spectrum of the radio spectrum is suggested to be due to the effect of ageing losses on the relativistic electron population, becoming significant some 10^7 years after the peak of the starforming activity. On this hypothesis, the rate of supernovae, thought to be the progenitors of the interstellar cosmic ray reservoir, must have been much higher in the past. NGC 1569 should therefore be called a post-starburst galaxy.

b. SNR and HII regions

In collaboration with P. Wilkinson (Jodrell Bank), de Bruyn continued the VLBI study of the brightest radio source in M82, designated 41.9+58. This object is now thought to be the remnant of a SN that exploded some 40-50 years ago. A hybrid map, made from a 5-station EVN experiment at 6 cm, revealed a shell-like elongated structure. A particularly interesting aspect of this map is its elongated appearance, which raises questions about the use of radio supernovae as distance indicators since this requires spherical symmetry. In October a global 9-station 18 cm observation was successfully carried out.

In 1987 de Bruyn and van der Hulst also made further observations of SN1979C with the WSRT at a wavelength of 49 cm. Via a differential technique the confusion from the bright disk emission was eliminated. The SN is still increasing in flux density at 49 cm; in August 1987 it was about 7 mJy.

The whole astronomy group is making a concerted effort to study the extraordinary bright radio supernova in NGC891

(SN1986j). WSRT data at 6, 21 and 49 cm taken from May 1984 will be used to model the supernova and try to determine its "expansion-age". The supernova appears to have erupted in 1983. An observation in September at 6 cm with a 5-station global VLBI network yielded usable data over a six hour period. Correlation has been completed and analysis of the data is underway.

An HII region in Sectans A was observed by Skillman with the 2.4m Isaac Newton Telescope in December 1986. A preliminary analysis of its optical spectrum indicates that it has an oxygen abundance of about 1/40th solar, or roughly equal to that of I ZW 18 and GR8, the two objects with the lowest measured oxygen abundances known. An imaging run with the 1m Kapteyn Telescope in March 1987 revealed 8 new candidates for this type of optical spectroscopy. In collaboration with P. Hodge (Washington) and R. Kennicutt (Minnesota) HII regions were observed in low mass local group irregulars at the Kitt Peak National Observatory (USA). One more galaxy was found to have an extremely low oxygen abundance. In another, Leo A, a planetary nebula (PN) was discovered. The PN will allow an oxygen abundance measurement, but will be useless for the study of the primordial helium abundance - the long range goal of the programme.

Skillman completed the analysis of Brackett γ observations of giant extragalactic HII regions conducted with UKIRT in April. By comparing the Br γ fluxes with Balmer line fluxes taken with a similar aperture and 5 GHz radio continuum fluxes taken from interferometry images, it was possible to derive independent measurements of the extinction toward three giant HII regions in M101. Using the H β flux as a baseline, the measured extinction was found to increase monotonically with increasing comparison wavelength. A preliminary conclusion is that the wavelength dependence of the albedo of the dust is not important, contrary to what has been previously proposed.

An H α Taurus observation of the giant extragalactic HII region NGC5471 in M101 was analyzed by Skillman using the reduction programs available within the GIPSY package at Groningen. All three large velocity width features previously known from Echelle spectra were easily recovered - proving the Taurus instrument to be very efficient for a kinematic search for supernova remnants in extragalactic HII regions. The most luminous HII region in the nearby irregular galaxy NGC 6822 was observed at UKIRT by Skillman. In this case a very stringent upper limit on the CO line strength had been obtained. A 2.12 μm H $_2$ line strength at about 1/3 of Brackett γ was detected, giving more evidence against a universal conversion from CO line strength to H $_2$ mass. This work was done in collaboration with F.P. Israël (Leiden).

3.3. Radio astronomical research at the Anton Pannekoek
Astronomical Institute in Amsterdam

Editor: T. de Jong.

As part of their practical training under-graduate Astronomy students at the University of Amsterdam are participating in a long-term observing program with the Dwingeloo 25m dish entitled: "Main-line OH maser monitor and source watch of Mira variables". This program was started in 1986 and aims at gaining a better understanding of the probability of the occurrence and of the origin of OH main-line 1665/1667 MHz maser emission in the circumstellar envelopes of a large sample of Mira variables that have been studied in Amsterdam in the infrared (IRAS). Up to now about 30 stars have been observed two or more times. Several new OH main-line maser sources have been discovered.

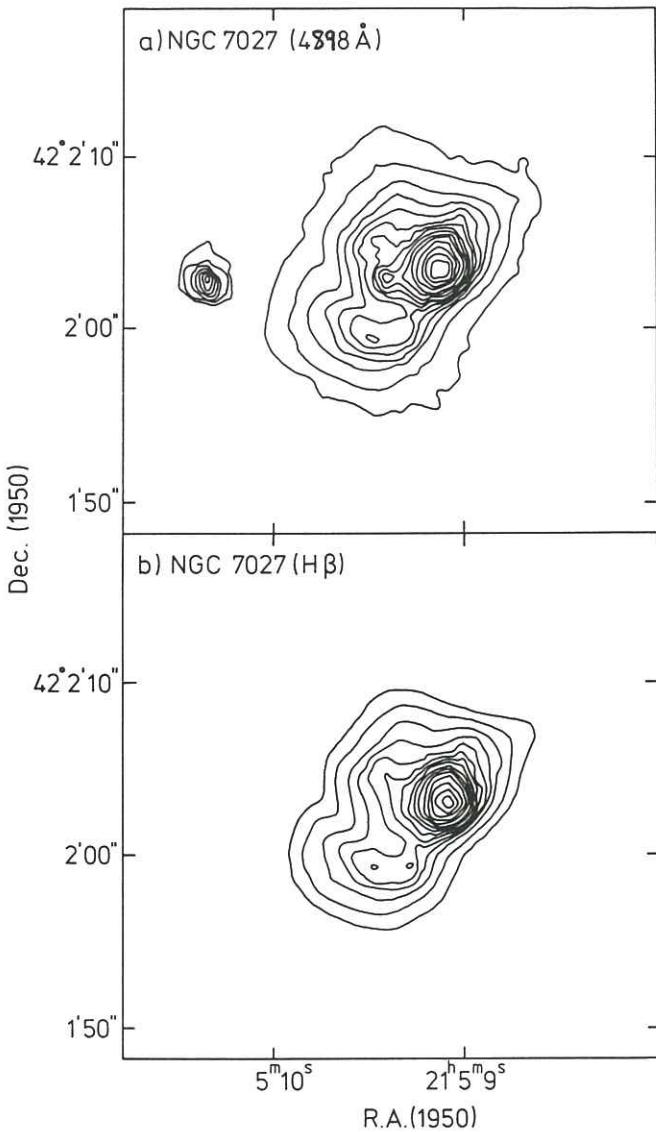


Fig. 3.4.1.

NGC 7027 seen through: (top) a 'continuum' filter and (bottom) a H β filter. The central star can be clearly seen in the top image.

3.4. NFRA related astronomy at the Kapteyn Laboratory, Groningen

Editors: J.W. Pel and R.F. Peletier

3.4.1. Stars, The Interstellar Medium, Galactic Structure

3.4.1.1. Planetary Nebulae

Central Stars

Work has continued on measuring the magnitudes of Planetary Nebulae (PN) with faint or previously undetected central stars. The program continued this year with observations with the Anglo-Australian telescope (AAT), various ESO telescopes and the La Palma 2.5 m telescope (INT). The program involved a cooperation between K. Reay (Imperial College London), R. Gathier, S.R. Pottasch and N.A. Walton. The measurements are important for the determination of the stellar temperature, and are not trivial because of the presence of strong nebular emission. It has been possible to measure at least 100 faint stars in the course of this program, and to show that previous measurements listed in the literature are often wrong, sometimes by as much as 5 magnitudes. This is because the techniques used by previous observers were not able to take proper account of the nebular radiation in small nebulae. The present technique uses a narrow band filter to eliminate nebular line emission, together with a sensitive CCD-detector. A catalogue of the stars together with well calibrated isophotal CCD images for each PN is now being prepared. A paper describing the ESO measurements (Gathier and Pottasch) has been submitted for publication.

As part of this program NGC 7027 was observed at the INT. This is the most widely studied PN but its central star has never been conclusively detected. Using our technique the central star is clearly seen, enabling the magnitude to be determined at $m_v = 17.2$ (see Fig. 3.4.1.). This implies that the star has a temperature of $T=250,000$ K, making it one of the hottest central stars known. It was impossible to find two other potentially hot stars down to the 21st magnitude.

Kinematics

TAURUS II was used during the commissioning phase of the William Herschel Telescope for the kinematic study by K.C. Sahu and Pottasch of 5 PN, namely NGC 6543, 6905, 7008, 7662 and A78. The two-dimensional IPCS detector was used for this purpose and the observations were taken both in the [OIII] 5007 Å and [OI] 6300 Å lines.

For A78, complementary high-resolution two-dimensional spectroscopy was carried out using the grating spectrometer and IPCS at the 2.5 m INT on La Palma. These data confirm the different structure of the nebula in different emission lines

(HeII 4886 Å, H β , [OIII] 4959, 5007 Å). The resulting velocity maps suggest different episodes in the history of the nebula, with an external hydrogen-rich layer expanding at low velocity (35 ± 10 km s $^{-1}$), showing little structure and extending from approximately 35 to 55". The [OIII] and also the HeII maps show, however, a velocity-structured inner shell with at least two different expansion velocities of 73 and 41 km s $^{-1}$. From these data, together with recent low-resolution optical data for the nebula (Manchado et al., 1987) K.C. Sahu and Pottasch derive masses and ages for the inner, intermediate and outer shells of $0.024 M_{\odot}$, $0.1 M_{\odot}$, $0.1 M_{\odot}$ and ~1800 y, ~3500 y, ~11900 y, respectively.

Halo's

Work is underway to search for faint outer halo's around PN. Optical data, narrow band H β and [OIII] emission line CCD images have been obtained at the AAT and the INT on La Palma by N.A. Walton and U.J. Schwarz. For NGC 7027, faint emission is found to extend to a diameter of ~60" in H β . Some progress was made in the attempt of Pottasch, Spoelstra (NFRA), Schwarz and Walton to observe halo's of PN's by observing 21 cm continuum radiation. Three nebulae were observed; only one (NGC 6826) has been fully reduced. The outer emission is observed, but doesn't extend as far as the optical image. A detailed comparison is in progress, to understand the origin of this extended optical radiation.

Long slit low resolution (3.4Å) spectra of NGC 6543 and 6826, obtained by Pottasch, A. Manchado and A. Mampaso (IAC, Tenerife) using the 2.5 m INT with the IPCS indicate physical conditions in the outer halo's differing from those in the central zone, with an outward increase of electron temperature. The estimated mass contained in these halo's is considerably larger than the values of the inner nebulae. The calculated chemical abundances seem lower in the halo's than in the central parts. From the above considerations it is clear that the emission of the halo's of these nebulae is thermal and not dust reflection.

Discovery of new PN near the galactic center

IRAS objects near (within 15°) the galactic center are being studied by Pottasch, R.P. Olling and A.A. Zijlstra. The ones with colours similar to those of known PN are selected as potential PN and radio measurements either with the VLA or the Westerbork telescope are made of these objects. Those with detected radio continuum at 6 cm or 2 cm are considered to be PN. The first results include an attempt to measure about 140 IRAS sources, of which about 40 turn out to be PN. An additional 400 objects have now been measured and are being reduced. These results will be used to better determine the formation rate of PN, which is badly known at present. The new nebulae are generally similar to known nebulae, but there are differences. The method of selection gives an emphasis to younger objects. A substantial number of the new

nebulae may be in the transition phase between OH/IR stars and PN. About half of the PN now known to have OH emission come from this selection.

Radio observations of PN

A.R. Taylor (Calgary) and S.R. Pottasch have made 21 cm HI observations of selected PN with the Westerbork SRT. One of these nebulae, IC 418, shows HI in emission as well as in absorption at the velocity of the nebula. There are only a few examples of nebulae which show the 21 cm absorption line, and this is the first example of it seen in emission. A Letter has been published in 1987 describing the results. VLA measurements of the line in this nebula have been made to study the details of the 21 cm emission and the structure of the neutral region, which, according to the present measurements contains as much mass as the ionized region. These measurements are now being reduced, together with 21 cm observations of other potential candidates.

3.4.1.2. HII regions

HI associated with HII regions

P.P. van der Werf continued his work on neutral hydrogen associated with HII regions. In 1987 important additional data on the peculiar HII complex BG2107+49 were obtained: the associated molecular cloud was mapped in CO using the Gornergrat 3 m millimetre telescope of the University of Cologne, and the H112 α radio recombination line was observed at various positions in the complex with the Effelsberg 100 m telescope, to elucidate the kinematics of the ionized gas. The results support the hypothesis that the peculiar morphology of the complex is due to sequential star formation and stellar wind activity.

Westerbork observations in the 21 cm line were made of four additional galactic HII complexes: W58, S125, S162 and S206. Reduction of the VLA HI data of Orion A is well underway. It appears that the HII region is enveloped by a complicated arrangement of HI layers, seen in absorption towards the bright thermal continuum of the HII region. Several new HI components have been detected. All of these are related to the HII region.

Radio recombination line observations

In 1987 the study of radio recombination line emission from HII regions, planetary nebulae and external galaxies was continued by W.M. Goss (NRAO) and P.R. Roelfsema. In October this work resulted in publication of the thesis by Roelfsema. This project clearly showed that radio recombination lines are powerful tools to study the properties of ionized material in these different types of sources. The physical properties of a number of HII regions in the complexes Sgr B2, DR 21, K3-50 and W3 could be determined in great detail. Furthermore the kinematics of the

planetary nebula NGC 7027 and of the galaxy M82 were studied. The results can be summarized as follows.

- Properties of HII regions

For the HII regions it was found that pressure broadening is often a major factor in determining the amplitude and width of hydrogen radio recombination lines. In several of the sources evidence was found for pressure broadening even at 4.9 GHz in H110 α . The observed high frequency ($v > 4.9$ GHz) recombination lines show no evidence for pressure broadening. In almost all cases H76 α was found to be emitted under conditions close to LTE. Therefore it can be concluded that the electron temperatures derived from these lines provide a good estimate of the true T_e in these regions. In several sources it was found that the amplitude of the radio recombination lines was decreased due to the influence of the continuum optical depth. In Sgr B2 this effect was found to be important even at a frequency as high as 14.7 GHz in H76 α .

DR 21 and K3-50 were also observed in the Brackett α infrared recombination line. The properties of the foreground neutral material could be studied by comparing the radio and infrared line intensities. From this comparison it was found that the extinction towards the sources can vary by many tens of magnitudes over very small scales of ~0.05 pc. The variations in extinction near K3-50 component C1 suggest the presence of a disk of molecular material surrounding the ionizing star.

- Properties of HeII regions

Towards many of the observed HII regions helium radio recombination lines were detected. For these regions the apparent abundance of singly ionized He (Y^+) could be determined. Several of the extended HII regions showed He line emission bright enough to allow determination of the distribution of HeII within the sources. Large variations were found in the properties of He recombination line emission. The apparent Y^+ was found to vary greatly from source to source. The lowest value was observed towards Sgr B2 component 3: $Y^+ = 2.6 \pm 0.9\%$. The highest value was found in the SE part of W3A: $Y^+ = 40 \pm 5\%$. In several HII regions significant variations of Y^+ within the sources were found. Regions with low Y^+ could be explained as regions in which He is partly ionized. This can occur if either the ionizing source is a star of type O7 or later, or if the He ionizing radiation is preferentially absorbed by dust inside the HII region.

Two explanations for the high Y^+ values were examined. Firstly, the local interstellar medium may be He-enriched by an evolved star. Evolutionary models for high mass stars predict that during the O-star and WR phases such stars eject large amounts (~10 M_\odot) of He-rich material. Secondly, the effect of a relatively hard radiation field was investigated. A radiation field consisting primarily of photons with $\lambda \leq 504$ Å could result in a region in which all He but not all H is ionized.

Thus with a true He abundance of Y_{true}^+ ~10% a value of $Y^+ = 40\%$ can be observed.

In order to detect the regions of both high and low values of Y^+ , high angular resolution is required. It was shown that regions with high Y^+ can remain undetected if they are observed with low resolution. The large variations found in Y^+ imply that He recombination lines do not provide a simple way to determine the true He abundance in HII regions. To obtain reliable abundances, high resolution observations combined with a good understanding of the ionization structure of the nebula are required.

- Properties of the partially ionized medium

The cool, partially ionized medium near the HII regions was studied in several different radio recombination lines. Emission from the partially ionized hydrogen (the H⁰ region) was observed towards DR 21, K3-50 (both in the H110 α (HI) line) and W3 (in the H166 α (HI) line). Previously there was only a definite detection of narrow hydrogen line emission towards NGC 2024 and a probable detection towards W3. Now there are four HII complexes with certain detections of narrow hydrogen lines. Towards DR 21 and W3 the narrow line emission could be mapped across several of the components of the HII complexes.

The radial velocities observed in the narrow hydrogen lines were found to be different from the velocities observed in carbon lines in almost all cases. Thus it may be concluded that the H⁰ and CII regions in these sources are not physically coexistent.

Carbon line emission was observed towards W3. Towards both W3A and W3B the C110 α emission could also be mapped. C166 α emission was detected only towards W3A. From the observed line intensities it can be concluded that the CII region is a very thin layer (~0.01 pc) at the near side of the HII regions. Stimulated emission is the main emission mechanism in both CII regions.

3.4.1.3. High velocity clouds

This year the northern survey of high velocity clouds (HVC's) that was done by A.N.M. Hulsbosch in Nijmegen was brought into its final form and submitted to Astron. & Astrophys. In the last part of the year work by B.P. Wakker and U.J. Schwarz started on the analysis of these data. By including the southern sky survey published in 1985 a complete whole-sky cloud catalogue was constructed. The catalogue will be used to make a statistical study of the high-velocity cloud phenomenon. Preliminary results are that the clouds seem to be concentrated towards the galactic plane and evenly distributed with galactic longitude, consistent with a local explanation (distances < 5 kpc) or a very large-scale phenomenon (clouds distributed across a flattened galactic halo).

This result is not consistent with a model in which the clouds form a population centered on the galactic centre with a radius of 10-20 kpc.

In the reduction of the Westerbork observations by Wakker and Schwarz of HVC's much progress was made. It was possible to accomplish this because of the fact that the Multi-Resolution Clean (MRC) method is now implemented in the GIPSY system, so that the extended objects can be deconvolved. A paper describing MRC was accepted by Astron. & Astrophys. The data reduction shows that the HVC's have very small cores ($<1'$) and filaments that are connected to a smoother medium. Large-scale velocity gradients are also present, but the cause of these is not yet clear. Further analysis of the line profiles across the fields shows that often there are several subclouds superposed on the sky, each of which has a line width of the order of 5 km s^{-1} (FWHM) at $1'$ resolution. The fitted line widths decrease with improving resolution, implying the existence of much turbulent energy. These properties will be used in an evaluation of models for the HVC's.

3.4.1.4 The Galactic Centre

The results of the Lunar Occultation of the Galactic Centre at $2.2 \mu\text{m}$ observed by Valentijn and co-workers with the Leicester Photometer on the 1 m telescope at La Palma have been analyzed, and a Letter has been submitted to the Astrophysical Journal (Adams, Becklin, Jameson, Longmore, Sandqvist, Valentijn). At the position of the galactic center, IRS 16, three unresolved ($<0.02''$) sources and one slightly extended ($0.3''$) source have been detected. The presence of the resolved source, most closely positioned to the dynamical centre of our galaxy, suggests the occurrence of a star cluster.

3.4.1.5. Galactic 327 MHz survey

P. Coleman, together with A.R. Taylor and W.M. Goss is continuing the long-term project of a WSRT 327 MHz survey of the Galactic plane begun in 1985. The chief aim of the survey is to provide a catalogue of discrete sources and an atlas of emission within the survey region. The sensitivity and resolving power of the survey will exceed any previous low-frequency survey of the plane by at least an order of magnitude. In 1985 and 1986 a total of 23 fields along the plane in the longitude interval $44^\circ \leq l \leq 90^\circ$ were observed. I, Q, U, and V maps are made in Groningen using DWARF (the Dwingeloo reduction system), CLEANed on the Convex computer at the VLA using AIPS, and finally analysed at the Kapteyn Laboratorium using GIPSY. At this stage a source list, including position, flux density and angular size of the discrete sources within each field is produced, using an automated source

finding and measuring routine. The reduction of these data is about 80% complete.

In 1987 a second epoch observation of all 23 fields was begun in order to check source variability and further improve source statistics. Any strongly variable or highly polarized sources will also be catalogued. The final products of the observing program will be a catalogue of discrete sources in I, Q, U and V to a level of ~ 10 mJy (before correction for the primary beam), an atlas of emission consisting of a smoothed version of the maps with a uniform, circular 5' beam, and variability information on the estimated 3000 to 4000 sources strong enough to be detected in each single epoch observation.

3.4.2 Structure of Galaxies

3.4.2.1. Structure and kinematics of galactic disks

Kinematics of spiral galaxies

In 1987 R. Bottema's work on the spiral galaxies NGC 3198 and 3938 continued. For NGC 3198 a mass-to-light ratio for the old disk of 7 ± 1.5 was derived under the assumption of constant $Q=1.7$. Translated to total mass-to-light ratios this gives $(M/L)_V = 4.7$, in good agreement with the values derived assuming the maximum disk hypothesis. For NGC 3938 a very low $(M/L)_V$ of 1.1 was found. A face-on galaxy like NGC 3938 does not permit us to derive the thickness of the stellar disk, so an average value was assumed. If this value were twice as small the M/L value would go up with a factor two. The velocity dispersions in the disks of about 6 spiral galaxies have now been determined. Plotting the dispersions as a function of absolute luminosity there seems to be a linear relation, in the sense that the brighter galaxies have a higher velocity dispersion (e.g. at a radius of one scalelength). If one accepts Freeman's law this implies that the more luminous galactic disks are thicker and hence less dense. An article describing these results has been accepted for publication.

Optical spectroscopy has been obtained for the bright spiral NGC 2613. Unfortunately no emission lines were found in the spectrum. For a proper interpretation of the data it is necessary to know the gas dynamics and so the Westerbork telescope was used to map the HI. The galaxy has a declination of -22° which resulted in a beam of $15'' \times 64''$. Such a large beam causes considerable beam smearing. In order to determine the rotation a model for the galaxy had to be made. In this way it proved possible to determine the rotation curve accurately to a few km/s.

The spectroscopic data of the inclined galaxy NGC 6503 and the almost face-on NGC 6340 have been reduced. Subsequently the observations of NGC 6503 have been modelled, leading to the conclusion that an exponentially decreasing velocity dispersion

with a scalelength twice the photometric scalelength and central dispersion of 55 km/s fits the data very well. Radial velocities and velocity dispersions have been determined for NGC 6340. The systemic velocity of this galaxy is around 1235 km/s. It should be noted that in the past two 12 hour periods Westerbork time were spent on this galaxy to detect HI around 1900 km/s (cf. thesis Wevers).

Kinematics of disturbed disks

P.S. Mulder's work on disturbed disks was in 1987 mainly devoted to software development and testing. Two of the three target galaxies were observed with the Westerbork telescope in early 1987: NGC 3310 and NGC 4736. The Roden TAURUS phase calibration software package for TAURUS observations was completed and extensively tested by Schoenmaker. The package is now in good working shape and available for use in Roden for everyone interested. In August observations were made of the velocity field of some nearby dwarf and spiral galaxies using TAURUS II on the William Herschel telescope at La Palma together with Valentijn: NGC 628, 1961, 7217, UGC 2259 and Pegasus I. A total of some 50 TAURUS data cubes have been sampled during this run for a variety of objects. For some 2/3 of these a "movie" was made, stepping through all frames in the cube in rapid succession, in order to get an impression of the quality and information content of the raw data cubes. The "movies" were stored on commercially available video tape. From this quick look at the data outstanding features could be easily identified.

Spiral structure in nearby galaxies

R.P.J. Tilanus spent most of 1987 at the Department of Astronomy of the University of Illinois to collaborate with his promotor R.J. Allen. They continued their research on the structure of spiral arms in nearby galaxies, concentrating their efforts on the famous Whirlpool galaxy M51.

Having analyzed high-resolution WSRT HI observations and TAURUS H α observations the previous year, they have now analyzed 6 and 20 cm VLA radio continuum observations of the same galaxy, collaborating with J.M. van der Hulst (NFRA), P.C. Crane (NRAO), and R.C. Kennicutt (Minnesota).

The observations at 6 and 20 cm were combined into two images, each with 8" resolution, which are estimates of the thermal and non-thermal emission in the galaxy. These images were compared with two optical tracers of spiral structure: the giant HII complexes and the dust lanes.

The thermal component accounts for about 5% of the total radio emission from M51 at 20 cm, and its distribution correlates well with that of the giant HII complexes. The nonthermal emission can be further separated into an extended "base disk", which contributes 65%, and the spiral arms which make up the remaining 35%. The "base disk" resembles the optical exponential disk. The

non-thermal spiral features correlate well with the dust lanes, indicating the regions of highest gas density, and are generally not coincident with the HII complexes.

The shape of the non-thermal spiral radio arms disagrees with that expected from a simple one-component fluid model of the interstellar gas flowing under the influence of a spiral density wave. One possible explanation for this discrepancy is that the interstellar medium in M51 consists of several components, and that near the spiral shocks there is a kinematical separation of the cool cloud component from the component in which the radio-synchrotron emission is embedded.

3.4.2.2. Rotation curves and mass distributions of spiral galaxies; dark matter

HI rotation curves and the distribution of dark and luminous matter in spiral galaxies

In 1987 K. Begeman completed his thesis "HI rotation curves of spiral galaxies". This dissertation investigates the neutral hydrogen content of a sample of four spiral galaxies with the Westerbork radio telescope. Also a re-evaluation and discussion of the material for four other galaxies previously observed with Westerbork and the VLA is given. The main aim of these observations is to measure the rotation curves of these galaxies with the highest possible precision to reveal possible variations with radius and to allow a detailed comparison with the rotation curves predicted from the distribution of light. The results obtained show that the observed rotation curves can not be explained by the potential of the luminous matter alone; an extra dark component is necessary. The conclusion from Begeman's thesis is that the amount of missing mass (dark matter) is at least three times the amount of the luminous mass, assuming that the mass-to-light ratio of the luminous disk is independent of radius.

T.S. van Albada has continued his research on dark halo's of spiral galaxies in collaboration with R. Sancisi. A code has been written that allows a full six-dimensional modelling of the space-velocity structure of HI gas in galaxies. It has been used to determine accurate rotation curves for the edge-on galaxies NGC 4565 and 5907. This code has been extended and implemented on the VAX-8600 by Broeils.

Search for spiral galaxies with extended HI disks

A.H. Broeils finished the reduction of the 21 cm WSRT observations of 50 spiral galaxies. These short (2 hours) observations were made to find galaxies with a regular velocity structure and with HI disks extending to 1.5 - 2 Holmberg radii. For five galaxies (NGC 801, 1560, 2998, 3359, UGC 6955) full synthesis observations have been obtained, but the data reduction still has to be done. For another two or three galaxies full

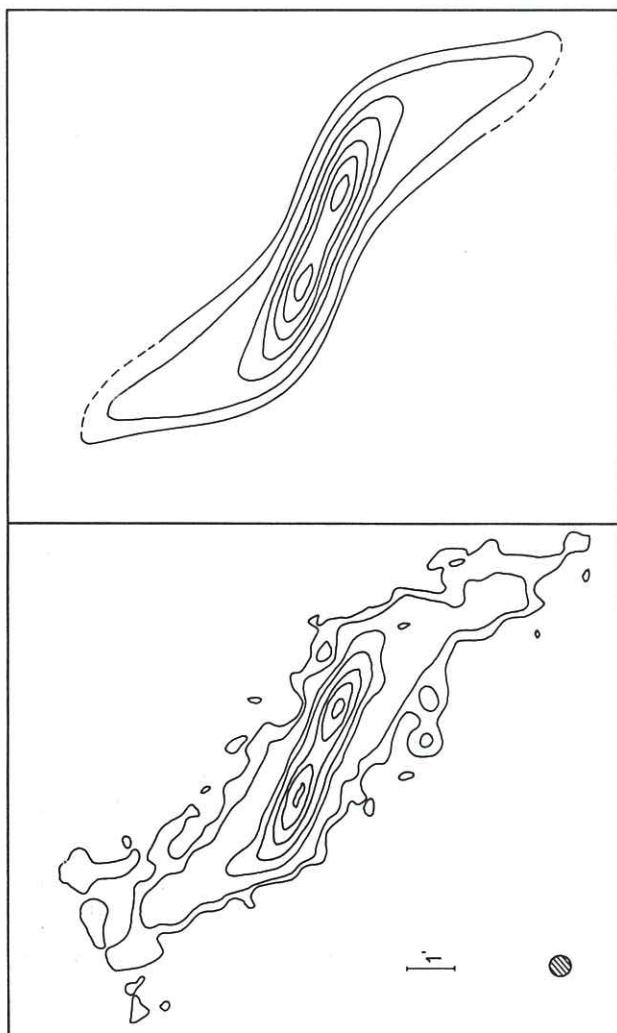


Fig. 3.4.2.

Model warp for NGC 4013. Left: contour map of the observed HI column density (from Bottema, Shostak and Van der Kruit, Nature 328, 401, 1987). Right: model map with the warp derived from a flattened halo (Sparke and Casertano, submitted to MNRAS).

synthesis observations are planned in 1988. The selected galaxies have a wide range in luminosities and morphological types to investigate the nature and amount of dark matter in relation to the properties of the underlying galaxies.

Warps in spiral galaxies

S. Casertano and L.S. Sparke have investigated a model for the warps observed in the discs of many spiral galaxies. They considered the bending modes of self-gravitating galactic discs. If the disc is subject to the potential of a flattened unseen halo, then discrete modes may exist which are not sensitive to details of the disc edge; the most important parameter is the core radius of the halo. In this case the disc can develop a long-lived warp. A variety of warp shapes was investigated which could arise in the presence of an oblate dark halo, and models were constructed for two observed warps; the model for NGC 4013 is shown in figure 3.4.2. If this model is confirmed by further testing, then the observed warps can be used to constrain the distribution of dark matter in galaxies.

A.H. Broeils and Sancisi have continued the study of the HI distribution in the edge-on spiral galaxy NGC 891. High resolution observations reveal gas far above the plane. From the detailed knowledge of the z-distribution of the HI it is possible to derive the three-dimensional mass-distribution and to put constraints on the shape of the dark halo. To derive the real z-distribution inclination, integration and beam-broadening effects had to be considered. Also the possible existence of a warp in the direction close to the line-of-sight makes the interpretation of the observations less straightforward. The thickness of the HI layer is therefore modelled taking all these effects into account. From the model calculations it was clear that a single gas layer with either a warp or increasing thickness with radius is not in agreement with the observations. A two-component HI structure, consisting of a narrow component confined to the disk and a broader component, is needed to explain the observations.

The super-massive spiral galaxy NGC 5635

R.P. Saglia (Pisa) and Sancisi have completed the analysis of the Westerbork 21 cm line observations of the spiral galaxy NGC 5635. They confirm the already known large values of its rotational velocities (up to 400 km/s), and a high M/L ratio ($28 M_{\odot}/L_{\odot}$, $H_0 = 75 \text{ km/s/Mpc}$). The galaxy shows strong asymmetries in the light and hydrogen distributions. NGC 5635 and other supermassive disk galaxies have been found to be displaced from the Tully-Fisher relation. They seem to have M/L ratios which are larger than those for less massive spirals, possibly indicating the presence of large amounts of dark matter inside the optical radius. Two small companion galaxies were also detected in HI. A paper is ready for publication.

The size of the dark halo of NGC 3198

Sancisi and Van Albada have collaborated with J.H. van Gorkom (NRAO/Columbia) on a deep 21 cm line study of the spiral galaxy NGC 3198. A 100-hours observation was obtained with the VLA with a factor 10 better sensitivity than existing WSRT observations (Begeman thesis). The main purpose was to trace the HI far out in radius and find out whether the rotation curve of NGC 3198 remains flat or begins to decline beyond the radius of 11 disk scalelengths reached with the WSRT observations. The result of the VLA measurement is that the HI layer seems to truncate suddenly at approximately the radius already reached with the WSRT data.

G. Lemson, Van Albada and Sancisi have begun the analysis of HI line observations at high angular and velocity resolutions of NGC 3198 with the WSRT to determine the shape of the dark halo.

3.4.2.3. Binary and interacting galaxies

Angular momentum in binary spiral galaxies

In 1987, the project of T.A. Oosterloo on angular momentum in binary spiral galaxies entered its final stages. A result that has been obtained in the last few years is that the orientations of the spin vectors of binary spiral galaxies are not correlated. Theoretical modelling suggested that if galaxies get their angular momentum through tidal interactions with their environment at the time of galaxy formation, the lack of any correlation between the orientations of the spin vectors is probably due to the fact that, even for binary galaxies, not only the interaction with the companion is important, but also the interaction with other nearby galaxies (see annual reports of 1984 and 1985).

In this year some observational evidence was found that the lack of any correlation is indeed due to the influence of other nearby galaxies. For most of the binary spiral galaxies for which the spatial orientation of the spin vectors could be determined, the angular momentum of the orbital motion of the pair was compared with the sum of the angular momenta of both galaxies. In comparing these two quantities projection effects have to be taken into account, but it is fairly straightforward to model these effects. The comparison shows that on average the orbital angular momentum is roughly a factor 3 larger than the sum of the spins of the two galaxies. If a pair of spiral galaxies was isolated at the time of formation, this ratio should be about one. One possible interpretation for the larger orbital angular momentum is that the pairs in the sample were not isolated when they got their angular momentum and that the tidal fields that gave rise to the orbital angular momentum are also important for the internal angular momentum of the galaxies.

Van Albada, Oosterloo and P.H. Graansma are making a study of redshift differences in double galaxies. A sample of about 90 pairs with 21 cm line velocities has been obtained. Evidence has

been found for a 'Keplerian' decline of the orbital velocities and a halo extent of about 5 optical radii. Modelling of selection effects is required before firm astronomical conclusions can be drawn.

Interacting galaxies

J.M. van der Hulst (NFRA), H. Olthof (ESA) and K. Hummel (MPIfR, Bonn) reduced and analyzed 21 cm line observations of the interacting galaxies NGC 2820/NGC 2814/Mrk 108 made with the WSRT. Van der Hulst and Hummel found a bridge of faint radio continuum emission between the edge-on galaxy NGC 2820 and its companion NGC 2814. The WSRT observation was undertaken to investigate the effects of the interaction and to look for faint HI in the area of the continuum bridge. The new radio observations reveal the presence of both gas high above the plane on the north-east side of NGC 2820 and faint emission between NGC 2814 and NGC 2820. These features are, however, very faint and additional, more sensitive observations are required to verify their existence and to determine their structure in detail. The HI in the disk of NGC 2820 shows the same asymmetry as the distribution of HII regions and the regions of highest column density coincide with the brightest HII regions. At the position of Mrk 108 there is very little HI, indicating that perhaps a large fraction of the neutral gas was consumed during the recent burst of star formation in this object. The gas with excess velocities found in earlier observations by Bosma et al. (1980) appears not to be associated with Mrk 108 but with the disk of NGC 2820 directly North and North-West of Mrk 108.

3.4.2.4. SO and Elliptical galaxies

W. van Driel finished his thesis on HI in SO galaxies. An extensive account of his results was already given in the Annual Report for 1986.

R.F. Peletier continued his work on radial stellar population variations in elliptical galaxies. In May the Leicester Photometer was used with the 1 m telescope at La Palma to calibrate two-dimensional infrared maps obtained earlier this year at Kitt Peak. In this period Peletier and Valentijn also used the spectrograph on the Isaac Newton Telescope to measure line-strength gradients for a number of elliptical galaxies in their sample. Most galaxies behave like NGC 7626, which shows a strong metallicity drop from the centre outwards, combined with a slight mean temperature falloff. The ratio of Fe to Mg line strength is very low compared with stars, galactic and extragalactic globular clusters.

During this same observing period, the excellent seeing of La Palma (0.9") allowed Peletier to see a sharp decrease of the

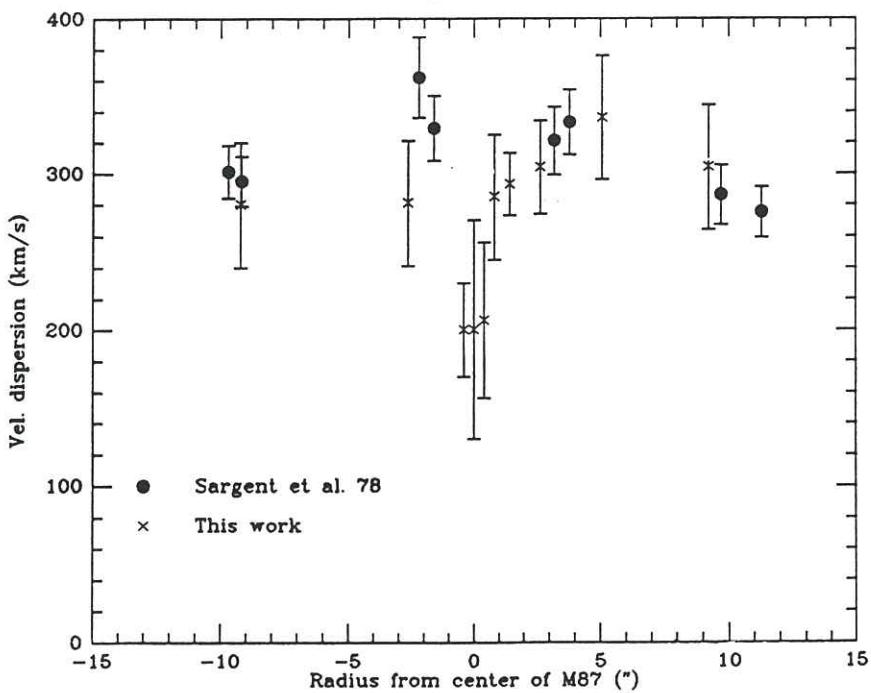


Fig. 3.4.3.

M87: Velocity dispersion profile of the giant elliptical galaxy M87 along the major axis, from data taken by Peletier at the INT on La Palma. A comparison is made with Sargent et al. (Ap. J. 221, 731), who observed with a pixelsize of $5.4''$.

projected velocity dispersion in the central arcseconds of the giant elliptical galaxy M87 (see Fig. 3.4.3).

The new high resolution data do not necessarily imply the presence of a black hole, however. The observations are consistent with those of Sargent et al. (1978, Ap. J. 221, 731), who predicted the presence of a black hole of $5 \times 10^9 M_{\odot}$ in the center of this galaxy. The observations could be explained with very anisotropic velocity distributions, but also with a much simpler model of a merger remnant of $5 \times 10^7 M_{\odot}$ with a very low velocity dispersion exactly in the position of the centre of the underlying galaxy. Extra observations will be done to look for non-Gaussian line-profiles in the core of M87, to discriminate between the various models.

3.4.2.5. High velocity clouds in external galaxies

Van der Hulst (NFRA) and Sancisi have started the analysis of their Westerbork 21 cm line observations of the nearby spiral galaxy M101 and discovered neutral hydrogen clouds moving at high speed in the direction perpendicular to the disk (see Figure 3.4.4.). Two large complexes of 2×10^7 and of $2 \times 10^8 M_{\odot}$ moving with velocities of up to 150 km/s with respect to the rotating disk of M101 have been found in two different locations: in the direction of pronounced kinematical disturbances and holes in the spiral structure. They seem connected in velocity with the "local" HI disk. The origin of these structures is not clear. It is unlikely that they are caused by supernova explosions in the disk of M101, but they could be the result of collisions of large extragalactic gas clouds with the disk of M101. These two high-velocity complexes, although quite massive, may be similar to the HVC's of our galaxy. A paper has been submitted to Astronomical Journal.

In June J. Kamphuis started his thesis work on the disk-corona connection of spiral galaxies. The first part of this work was to carry out the HI reduction and analysis of high resolution ($2 \times 4 \times 12''$, $23'' \times 29''$) observations of M101. The low ($80'' \times 80''$) resolution data of the same observations were reduced by Van der Hulst and Sancisi (see above). The high resolution data reveal a more complicated velocity structure. The position-velocity maps show a velocity structure which suggests a close connection with one of the spiral arms. Furthermore, the HI is somewhat displaced with respect to the underlying holes. The observations do not exclude to find more HVC's or intermediate velocity gas (IVC) in M101, because there are several irregularities in the velocities with respect to the disk.

The next step is to reduce and analyze the higher ($16 \times 12''^h$, $12'' \times 15''$) resolution observations with a better sensitivity. The goal is to search for more IVC's and HVC's and to learn more about the structure of the HVC-complexes. In the future, other face-on and edge-on galaxies are to be observed in order to obtain more

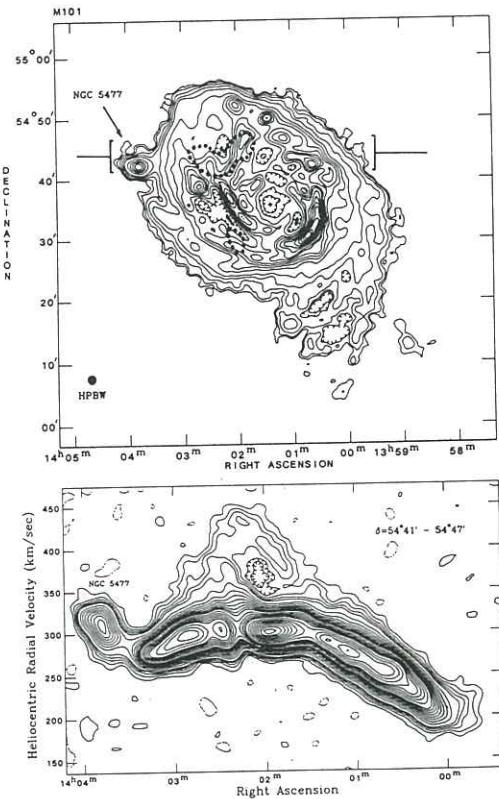


Fig. 3.4.4.

- (A): Contour map of the HI column density distribution in M101, with the high-velocity gas complexes A (north) and B (south) outlined. Contours are $1.4, 2.8, 5.6, 10.5$ and 17.5×10^{19} atoms/cm 2 followed by 35 to 280×10^{19} atoms/cm 2 in steps of 17.5×10^{19} atoms/cm 2 . Local minima are indicated with tick marks. A cross marks the position of the center of M101. The declination range for figure 3.4.4.B. is indicated. The $80'' \times 80''$ beam is shown at the bottom left.
- (B): Map showing the distribution of HI emission as a function of right ascension and radial velocity at constant declination in M101. The declination range is indicated in Fig. 3.4.4.A. The map is the result of an integration over the entire declination range of complex A. The contour levels are $-20, 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 \dots$ (steps of 200) ... 2800 mJy/beam area.

information about the spatial and velocity distribution of the HVC's. NGC 6946 and NGC 891 are possible candidates.

3.4.2.6. Cooling flows in galaxies

At the NATO Advanced Research Workshop on "Cooling Flows in Clusters of Galaxies", Cambridge UK, E.A. Valentijn presented an invited paper on the continuity of radio, X-ray and optical properties of active elliptical galaxies. The observed relations between these luminosities are now available for a large range of optical luminosities. Most interesting, it was found that the properties of normal elliptical galaxies form a continuous downscaling of the properties of cD galaxies, exactly in the way as was predicted several years ago by Valentijn, assuming a X-ray halo formation mechanism which is initiated by the gravitational pull of individual galaxies. Parallel to this work, Valentijn and Casertano showed for a sample of dumbbell galaxies, that the required mass to perform the gravitational attraction of X-ray gas is indeed present. The two new facts: i) the large scale dark matter in luminous galaxies, and ii) the continuous scaling of radio and X-ray luminosities, consistent with gravitational accretion, set the scene for a cosmological evolutionary scenario of active galaxies.

3.4.3. Clusters of galaxies; large-scale structure; cosmology

3.4.3.1. Clusters of galaxies

The Dumbbell project

Using the Isaac Newton Telescope on La Palma, Valentijn completed the last set of observations of redshifts of multiple component first ranked cluster galaxies. In total sixty new redshifts of these relatively faint objects have been measured. The data was analyzed using MIDAS on the Groningen VAX-8600 together with a newly developed cross correlation program.

Subsequently, Casertano and Valentijn investigated the dynamical implications of the distribution of relative velocities for a sample of 44 dumbbell systems. The features of the data with the most important dynamical implications are:

1. The rms velocity difference between dumbbell components is much smaller than for general cluster galaxies.
2. The velocity difference has a strong positive correlation with projected separation.

These properties are interpreted as indicating that dumbbells are physically associated, and in particular that they rotate in approximately circular orbits around a common centre. The rotation

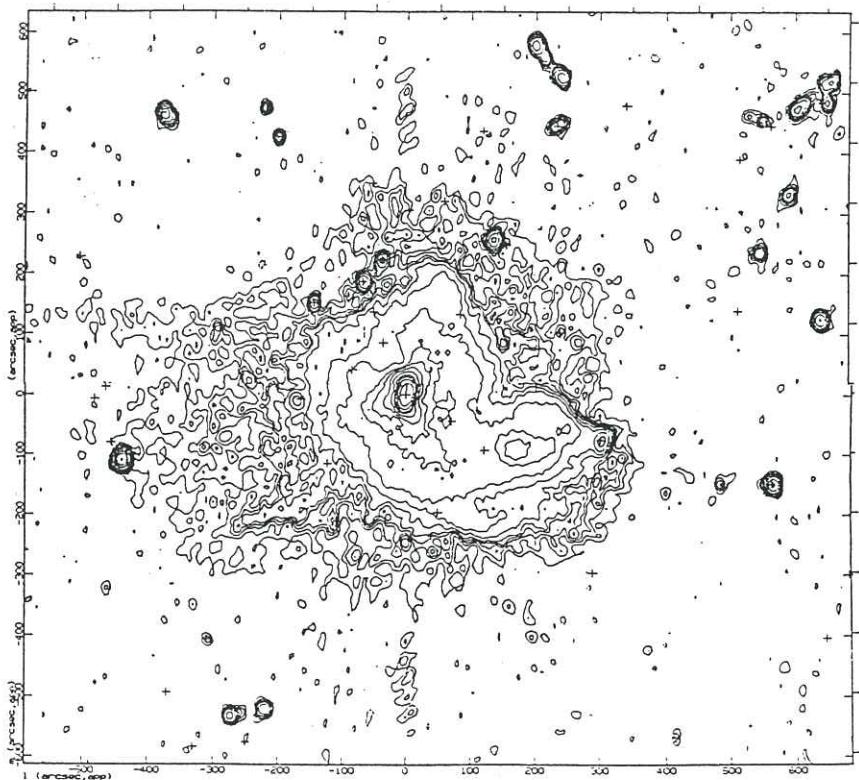


Figure 3.4.5.

21 cm continuum map of the central part of the Perseus cluster with at grid position (0,0), NGC 1275. Crosses indicate optically measured positions of cluster galaxies by Tifft. Contour levels are: .04, .08, .12, .16, .2, .3, .5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 W.U./beam (1 W.U.= 5 mJy)

curve associated with dumbbell components is probably rising in the range 20-50 kpc. A substantial amount of dark matter is indicated on this scale, and a M/L ratio of about 60 is determined.

A study of the Perseus cluster

L.G. Sijbring started his thesis project: a radio continuum and HI line study of the Perseus cluster. The objectives of the continuum study are: the structure and halo of NGC 1275, the trail of NGC 1265 and the radio luminosity function of the cluster radio sources. The HI line study is used to look for stripped gas in the X-ray halo region around NGC 1275, to look at the HI properties of individual cluster galaxies and to investigate the two velocity systems seen in the direction of NGC 1275. These studies require a high dynamic range ($\sim 10^5$), now obtainable using the redundancy package DWARF.

WSRT data of the Perseus cluster were collected for 21 cm continuum (DCB), 21 cm line (DLB) and at 49 cm. Together with A.G. de Bruyn (NFRA) the reduction of the 21 cm continuum observations are nearly completed and a dynamic range of about 5×10^5 was obtained. The continuum map (see Figure 3.4.5.) shows interesting new features in the halo of NGC 1275, like the long spur in SE direction, the "hook" in the southern region and the low flux extension in the eastern direction. The continuum observation was also used as a broadband HI line observation and some possible detections of hydrogen were made. These detections need further study.

A preliminary study using the HI line (DLB) observations confirmed the broad absorption line seen in front of the bright continuum source of NGC 1275 at 5250 km/s with an optical depth of 0.0028 and revealed that we see hydrogen moving both towards and away from NGC 1275. This observation shows that the picture of a cooling flow around NGC 1275, where one would expect to see only infalling matter, is probably too simple.

3.4.3.2. Large-scale structure in the universe

HI in Voids

J.E. Huizinga and R. Sancisi have carried out a pilot project (in collaboration with J. Ostriker, Princeton) with the Westerbork telescope to search for HI in a large void near the Coma cluster. No emission has been found in a preliminary analysis of these 21 cm observations. The 5σ upper limits are about 5×10^{19} atoms/cm² and 5×10^8 M_⊙ for sizes less than 50 kpc and velocity widths of a few hundred km/s. Galaxies with the size and gas content of the Small Magellanic Cloud could, therefore, be detected in such a survey. It is surprising that no such faint object has been found in the surveyed volume of space of about 60 Mpc³. This result seems to support the hypothesis that voids are indeed empty of

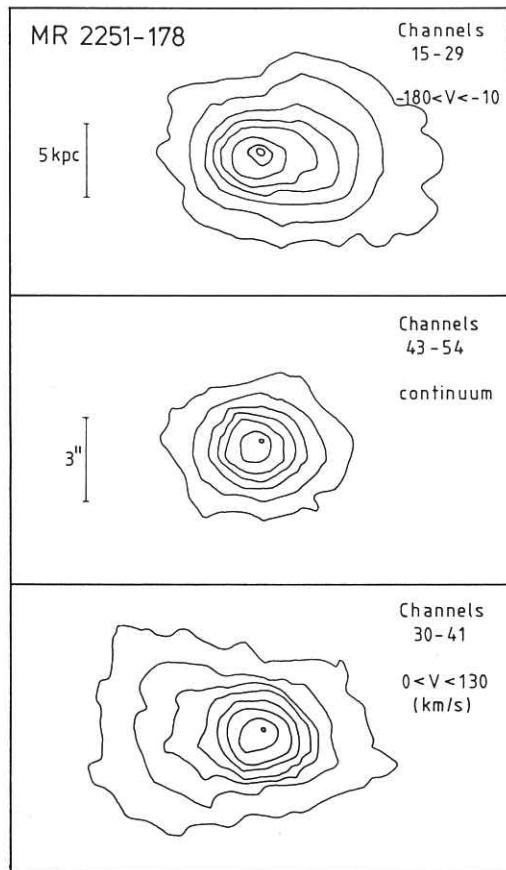


Fig. 3.4.6.

TAURUS II observation of the velocity structure of the extended ionized gas around the quasar MR2251-178 taken at the redshifted [OIII] emission line ($z = 0.064$) using the William Herschell telescope (Valentijn en Mulder, 1987). The different panels represent the summation of the signal at different radial velocity channels of the acquired three-dimensional data cube.

Top panel: gas at velocities between -180 and -10 km/s relative to quasar;

Central panel: an indication of the continuum emission of the quasar and some of the nebulosity;

Lower panel: gas at velocities between 0 and +130 km/s relative to the quasar. North to the top.

significant amounts of neutral gas and also of dwarf irregular galaxies.

Search for HI at high redshift

R. Sancisi has collaborated with A.G. de Bruyn (NFRA), M.H. Wieringa and P. Katgert (Leiden) on the analysis of a deep survey with the WSRT at 327 MHz to search for HI emission at $z = 3.35$. The observations have a resolution of 1 arcmin \times 150 km/s, a noise level (1σ) of about 1-2 mJy/beam area, and cover about 2000 km/s. The total area surveyed is about 10 square degrees. No evidence has been found for structures with masses exceeding $10^{14} M_{\odot}$ and sizes up to 5 Mpc.

3.4.4. Instrumentation and Software

3.4.4.1. The William Herschel Telescope

During the summer of this year the WHT detected its first photons. Soon after that the telescope was put into full operation. A Groningen team (Valentijn, Pickles, Mulder & Van der Kruit) was assigned by PATT a three week block observing time to carry out the first scientific observations. In August 16 clear nights were successfully employed with both the new TAURUS II and the prototype of the CCD-IPCS. Both the telescope and its new instrumentation functioned almost error-free and new very interesting data have been sampled of the rotation curves of some dwarf ellipticals and spiral galaxies. The velocity field of several planetary nebulae has been mapped as well as the ionized gas in and around several cooling flow cD galaxies, including NGC 1275. Most interesting are the results of the velocity field of the gas surrounding quasars. For the first time 3-dimensional data cubes have been acquired successfully for this kind of structures, with exciting evidence for a rotation pattern out to a radius of 20 kpc, with several anomalies, for the gas around the quasar MR 2259-17 (see Fig. 3.4.6.). A report "The William Herschel Telescope is Excellent" and a popular publication in the NRC Handelsblad was presented by Valentijn. The newly developed TAURUS II automated phase calibration software (Schoenmaker, Roden) was successfully applied to the new database and the phase calibration of the 50 target data cubes was started.

3.4.4.2. Optical Interferometry

For the SCASIS (Seeing Cell Aperture Synthesis Interferometer System) project U.J. Schwarz worked with J.D. Bregman (NFRA) and J. Noordam (IAC, Tenerife) on algorithms to process the interferometer data obtained in 1986 on La Palma. One of the crucial parameters is the quality of seeing, which determines the

signal-to-noise ratio. One of the methods is to analyze interferometers with baselines forming a triangle. In some respects this method resembles the triple-correlation method (Weigelt,Cornwell). Monte Carlo tests were made in order to simulate effects of the 'tilt' component of the seeing, which turned out to be more important than anticipated.

In November C.M. de Vos started his PhD work on this project. He used the photon counting TV camera with the PC-based data aquisition system from Dwingeloo to test the SCASIS interferometer with a filtered white light source. This is the same system as will be available in GHRIL (Ground-based High Resolution Imaging Laboratory) on the 4.2 m William Herschel telescope on La Palma.

Schwarz discussed the various options for future work in December during a few days with P. Rao (Bangalore), who will spend a year in Groningen, starting from August 1988.

3.4.5. NFRAs-related work by the Inter-university Working Group for Astronomical Instrumentation at Roden (KSW)

3.4.5.1. TAURUS II

The version of this imaging Fabry-Perot instrument made for the British-Dutch-Spanish observatory at the Roque de los Muchachos on La Palma was delivered to the island, and was the first instrument to be installed on the newly commissioned 4.2 m William Herschel telescope. Workgroup members De Jong and Slingerland accompanied the instrument to help with acceptance tests and integration of instrument, detector and telescope systems. The commissioning effort was very successful, and astronomical data was secured for several major projects during a two week run following instrument check-out.

3.4.5.2. TAURUS Data Calibration Facility

Processing the very substantial volumes of data resulting from imaging Fabry-Perot observations is a heavy computational burden, which has been eased for the Dutch astronomical community by setting up a dedicated workstation in Roden, connected to the workgroup's VAX 11/750 computer. It is now possible for TAURUS I and II users to deliver their data tapes to workgroup member A.A. Schoenmaker, who will organise to have the data cubes rectified and calibrated automatically. He also functions as a contact man, monitoring on a routine basis problems with the instrument and data quality. Users will be wise to talk with him before carrying out their observations, to ensure optimal data taking procedures are followed.

3.4.5.3. WHT Nasmyth A&G for UES

As reported last year, the workgroup has been assigned the task of producing an acquisition and guider unit for the Utrecht Echelle Spectrometer instrument on the William Herschel telescope. Toward years end, after many months of negotiations over the detailed specifications, a contract to proceed with this project was signed. A wooden model of the complex structure was fabricated and detailed design begun.

3.4.5.4. WHT common polarization module

J. Tinbergen was named project scientist to oversee development of a polarization analyzing unit for the William Herschel telescope. The goal is to produce a facility which may be inserted in the light path ahead of any of the major instruments on the telescope, thereby making polarimetrically resolved observations readily and regularly possible. Conceptual design studies were carried out in the report period. Construction will take place for the most part in the UK.

3.4.5.5. Ground-based High Resolution Laboratory (GHRIL)

This facility is located at one Nasmyth focus of the William Herschel telescope, and is dedicated to experimental projects aimed at obtaining the highest possible angular resolution from the ground. The plans reported last year were advanced during the year, and the KSW supplied optical table was installed. In addition, the Boller and Chivens spectrograph of the University of Amsterdam, which has been kept in Roden for use on the 60 cm telescope, was dismounted, packed, and shipped to La Palma for use with the GHRIL project.

3.5. NFRA related astronomical research at the Leiden Observatory

Editors: W.B. Burton, H.J. Habing, and P. Katgert

3.5.1. Circumstellar matter and small-scale aspects of the interstellar medium

Analysis tools

J. Roland and G. Pelletier calculated the spectral index of relativistic particles behind mixed magnetized shocks. The observed spectral index of the radio emission turns out to be a useful diagnostic for the physical conditions in the plasma. When applied to a supernova remnant with a flat spectrum (like the Crab Nebula) the prediction follows that such remnants contain a neutron star.

With A. Dumoulin, W. Jaffe is developing image deconvolution algorithms for radio interferometers alternative to CLEAN.

In collaboration with Ford, J. Noordam (Dwingeloo), and F. Pareschi, Jaffe is developing an image-sharpening spectroscope, based on a fiber optic image slicer, to obtain 3-D images (2 space and one spectral dimension) of relatively bright objects with a spatial resolution of 0.3-0.4 arcseconds from the GHRIL on the 4.2 m WHT at La Palma.

Interstellar matter

E. de Geus continued his study of stars and interstellar matter in nearby OB associations. The study utilizes optical data as well as radio material, partly from the Dwingeloo 25 m telescope. The early-type stars in the Scorpio-Centaurus OB association were observed using the VBLUW photometer on the Dutch 90 cm telescope at ESO, La Silla (Chile). Physical parameters were derived, including information on $\log T_{\text{eff}}$, $\log L$, and $\log g$. From these data the distances and visual extinctions to the stars were determined. These properties enabled de Geus to make a reasonable estimate of the radiation field at different locations close to the association. Comparison of the HR diagrams of the stars with theoretical isochrones yielded the ages of the three subgroups of Scorpio-Centaurus. Using the data on the Upper-Scorpius subgroup the distance to the Ophiuchus dark cloud complex was found to be 115 ± 30 pc. Furthermore it turns out that the molecular clouds are situated at the near side of the OB-association. A large number of the stars are situated behind the clouds.

In two observing runs during 1985 and 1986 de Geus made a full ^{12}CO survey of the Ophiuchus clouds using the Columbia University 1.2 m mm-wave telescope on Cerro Tololo in Chile. Several properties of the clouds, such as mass, degree of clumping, etc., were derived. The CO maps have been compared with the IRAS 100 μm Skyflux map as well as with the 21 cm material from Dwingeloo and from the NRAO 140-ft telescope. From these detailed

comparisons de Geus has been able to draw conclusions concerning the destruction of the molecules and dust by the early-type stars. The validity of such global parameters as the gas-to-dust ratio and the conversion factor to derive $N(H_2)$ from $W(CO)$ will be investigated on a local scale.

A characteristic feature of the Upper-Scorpius/Ophiuchus region is an HI loop surrounding the early-type stars. Detailed HI observations of this loop and related structures in Ophiuchus were made by de Geus and Burton using the NRAO 140-ft telescope. A model of the HI loop is being constructed in the hope of establishing its origin. The expansion velocity of the shell, of which the loop most likely is the limb, has been deduced from the velocity of an HI-feature which is probably part of its approaching edge. The position of the HI-shell with respect to the molecular clouds in Ophiuchus could be established by the presence of a shock seen in absorption lines towards early-type stars. From a model of the velocities of the gas involved in the shock it appears that the loop is most likely caused by the collision of the approaching edge of the HI-shell with the molecular cloud. The HI-shell then has to be behind the molecular cloud. The model of Castor, McCray and Weaver is compatible with the stellar winds of the early-type stars in the Upper-Scorpius association providing the observed momentum of the loop. Such a situation is consistent with de Geus's result from the photometry, that a large number of stars are situated behind the molecular cloud.

Circumstellar Matter

Research in this field was begun some fifteen years ago in the hope that stars with circumstellar shells could be detected in the inner parts of our Galaxy because their characteristic radio and infrared emission would not be extinguished by interstellar dust accessible along long lines-of-sight, unlike the situation for "normal" stars. The original Leiden program aimed for the detection of OH maser lines. Throughout the research program, it has heavily depended on Dwingeloo and Westerbork observations. The ultimate goal of the current circumstellar matter research has not changed, but the methods have changed because the IRAS survey has supplied a very large number of potentially useful objects: the infrared data have (practically) replaced the OH data.

Roughly two lines of approach can be distinguished. In the first, the intrinsic properties of cool stars with circumstellar shells are studied in order to derive their age, mass, and composition. In the second line of approach, the kinematics of the stars are studied on a galactic scale to gain insight in the evolution of the Galaxy.

Properties of cool stars with large mass-loss rates

Study of the properties of the stars with circumstellar shells is being made by W. van der Veen, F. Pijpers, F. Steeman, and A. Heske. In collaboration with Habing, van der Veen studied

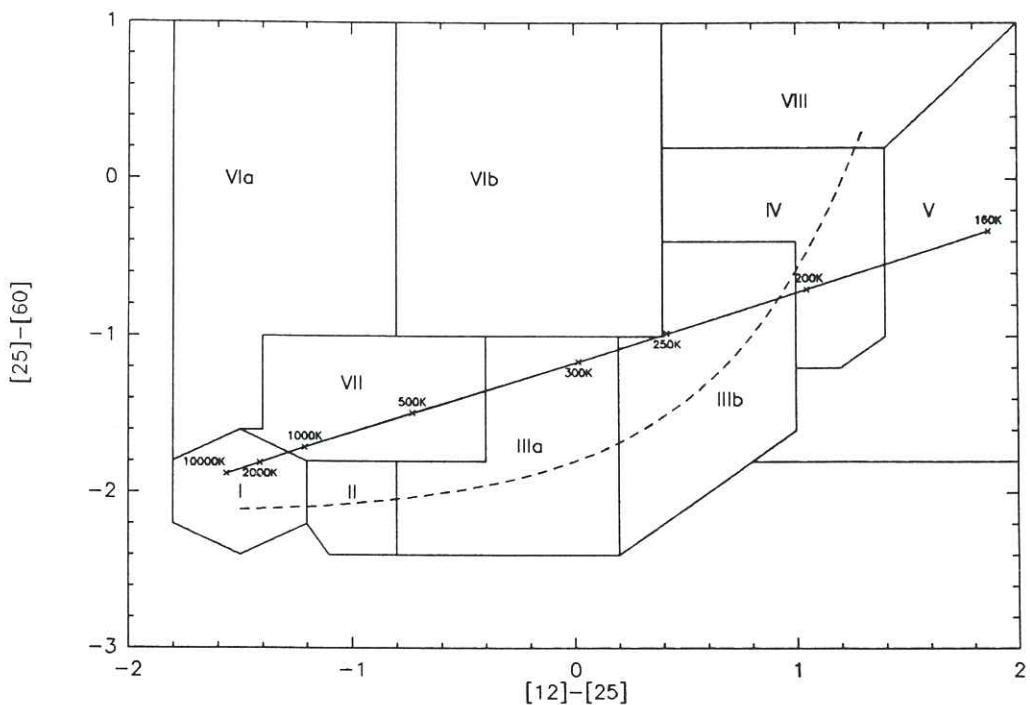


Figure 3.5.1.

Regions in the IRAS two-colour diagram that separate different sorts of DGE-stars. The evolution for AGB stars with oxygen-rich circumstellar shells is indicated by the dashed line. The black-body curve is indicated by the full line.

the distribution of IRAS sources in the IRAS two-colour diagram of the 12, 25 and 60 μm flux. They divided the two-colour diagram into 10 regions, as indicated in Figure 3.5.1. In each region the objects have their own characteristics. "Normal" stars are found in region I. Asymptotic Giant-branch (AGB) stars with oxygen-rich circumstellar shells and an increasing mass loss rate are found in regions II, IIIa and IIIb. Region IV contains possible transition objects between the AGB and the PN-stages; it is the "gate" towards region V, where most PN's are found. Carbon stars are found in regions VI and VII; the nature of these sources is still not clear. In addition there are small numbers of sources of different character in region VII, VI, IV: young stars or stars with thick "zodiacal" dust bands like Vega. Region VIII contains mainly HII regions and galaxies.

Based on this diagram, van der Veen made a quantitative analysis of the evolution of oxygen-rich stars from region II via regions IIIa and IIIb to region IV. An equation for the mass-loss rate of oxygen-rich AGB stars was found by combining mass-loss estimates from CO, OH, and infrared measurements for a small sample of well known Miras and OH/IR stars. Evidence for a mass-loss rate gradually increasing with time was found from the number densities along the "evolutionary sequence" in the IRAS two-colour diagram, yielding the quantitative picture that stars with main sequence masses between roughly 1 and $10 M_{\odot}$ evolve into AGB stars with luminosities ranging between $2,000$ and $50,000 L_{\odot}$.

M. Rutgers and van der Veen started a comparison of mass-loss rates estimated from OH, CO and IR measurements for a large sample of both oxygen-rich and carbon-rich stars. When the circumstellar shells are optically thin all three estimates agree within a factor of 2 to 5, but for stars with optically thick envelopes the CO mass loss estimates are systematically lower than the OH and infrared estimates. For this analysis some observations were used that had been made in collaboration with Omont and Forveille (both of Grenoble) and with Habing using the IRAM 30 m telescope on Pico Veleta, Spain. The OH data are partly from the literature and partly from a recent OH-survey made by te Lintel Hekkert and Caswell with the Parkes telescope in Australia. The IR data are mainly from IRAS; some additional ground-based, near-infrared observations were obtained using the 1.0 m and 3.6 m ESO telescopes at La Silla (Chili).

Van der Veen and Habing continued to study a sample of possible OH/IR stars in the bulge of the Galaxy. These stars provide an excellent test for the quantitative AGB evolution model described by van der Veen. By combining ground-based infrared observations from the 3.6 m ESO telescope with IRAS photometry, the bolometric flux of these stars was found. Assuming a galactocentric distance of 8.5 kpc, bolometric luminosities between 2000 and $7000 L_{\odot}$ were found. Bolometric amplitude variations of up to 2 magnitudes, with periods between 500 and 1000 days, were found by comparing observations made in 1985, 1986, and 1987. This

result was used to test van der Veen's period-luminosity relation. The observations are consistent with stars having initial main sequence masses between 1 and $1.5 M_{\odot}$.

Van der Veen, Habing, and Geballe continued an observing program on possible transition objects between the AGB and the PN-stages. Knowledge of this transition is important for understanding the physical processes that take place on the AGB, as well as for understanding the observed differences among various planetary nebulae. A basic assumption is that at the end of the AGB the pulsation stops and as a consequence the large AGB mass-loss drops several orders of magnitude. The left-over circumstellar shell will expand and become transparent for radiation from the central star (or core). This core increases in temperature and when it reaches a temperature of 20,000 - 30,000 K it ionizes the expanding circumstellar shell. A sample of candidate protoplanetary nebulae was selected from the IRAS point source catalogue. V,R,I photometry and Walraven photometry (0.3 - 0.55 μ m) were collected for those sources that have optical counterparts. From the total sample of 50 objects, 12 objects with the complete data were selected. OH 1612 MHz information was provided by te Lintel Hekkert; Knapp (Princeton) and Brand (MPIfR, Bonn) provided CO data. It was found that the objects form a sequence, ranging from cool central stars ($T_{\text{sh}} = 150$ K) to hot central stars ($T^* = 200,000$ K) surrounded by a relatively cold separated circumstellar shell ($T_{\text{sh}} = 80$ K). This is clearly an evolutionary sequence from the AGB to the planetary-nebula stages.

One of the observed sources is worth mentioning separately, namely the cool IRAS source 17516-2525. In the near infrared emission lines were found indicative of a hot star inside a cold circumstellar shell. An OH maser detected in the same direction was proven to be not associated via a VLA measurement. Probably one is witnessing here the birth of a PN.

H. Rottgering and van der Veen continued their study of the efficiency of OH masers. The efficiency of the masers is about a factor of 10 lower than previously thought. This suggests that the 35 μ m pump line is optically thin. There is a need for confirming photometry at 35 μ m.

F. Steeman reduced and analysed maps of OH 1612 MHz line observations taken with the English MERLIN array in collaboration with N. Chapman and J. Cohen (Jodrell Bank) and J. Herman (ESO). The radius of a uniformly expanding shell could be derived for 10 OH/IR stars. Using this information together with linear stellar radii found earlier by Herman and Habing, the distance and luminosity for each star could be derived. The maps also gave information on the thickness of the shells and on the degree of clumpiness of the masering regions. There are indications that a uniformly expanding shell is not always sufficient to explain all observed features. Continuing observations being made on the Dwingeloo radio telescope will make it possible to determine new and more accurate linear radii for several of the objects.

Large-scale distribution of cool giants with large mass loss

P. te Lintel Hekkert continued his search for OH maser emission at 1612 MHz from point sources selected from the IRAS catalogue. Observing runs were made at the CSIRO Parkes 64 meter telescope in N.S.W., Australia, and at the Nançay 90 meter telescope in France. Data continue to be gathered in Dwingeloo. The observations in Australia were carried out in collaboration with a group from the CSIRO Division of Radiophysics in Epping, comprised of J.L. Caswell, R.P. Norrris, and R.F. Haynes. Rottgering helped during the observations. The Southern Hemisphere observations cover 95% of the selected IRAS point sources, with a flux limit of 4 Jy at the 25 μ m band. A few special sources and sources not spatially resolved will be observed in the coming year by the Australian group. The collaboration is now concentrating on the interpretation. A collaboration was established with the group of Dr. A. M. Le Squeren at the observatory in Meudon.

Te Lintel Hekkert, van Langevelde, and Wever observed for 7 week-long sessions on the Nançay telescope. They hope to complete the survey with 3 or 4 additional weeks. Nearly 7000 measurements of about 5000 positions have been carried out in total, using the telescopes in Dwingeloo (2000 observations), Bonn (600), Parkes (3500), and Nançay (900). Nearly 1400 OH/IR stars were found, increasing the total known by almost a factor of five. A "round up" observing run at the 140-ft NRAO telescope in Green Bank is planned in order to solve some confusion problems and for repeating observations spoiled by interference.

Interpretation of the OH survey data is complicated by the IRAS confusion limits near the Galactic plane and in the Bulge. In order to get a rough estimate of the nature of the problem te Lintel Hekkert and Versteege finished a first draft of the catalogue of OH/IR stars known before the IRAS mission. A total of 398 sources were found after consulting some 400 references used in the catalogue. Comparison of the distribution of the published group and the newly surveyed group revealed that IRAS missed about 60% to 70% of the sources at latitudes below 2.5 degrees and with 25 μ m fluxes between 1.5 Jy (the flux limit for the IR sources found outside the plane and Bulge) and 6 Jy.

A first attempt was made to find the Galactic plane distribution ($|l|>10^\circ$) of OH/IR stars. A model with two components could be fit:

	z-height	radial scale-length
component I	450 pc	4.5 kpc
component II	1100 pc	6.5 kpc

The errors for the second component are considerable, although a second component was necessary to account for the sources found in the outer part of the Galaxy. The second component may be identified with Gilmore's "thick disk". In 1988 te Lintel Hekkert hopes to include the kinematical data in this model as well.

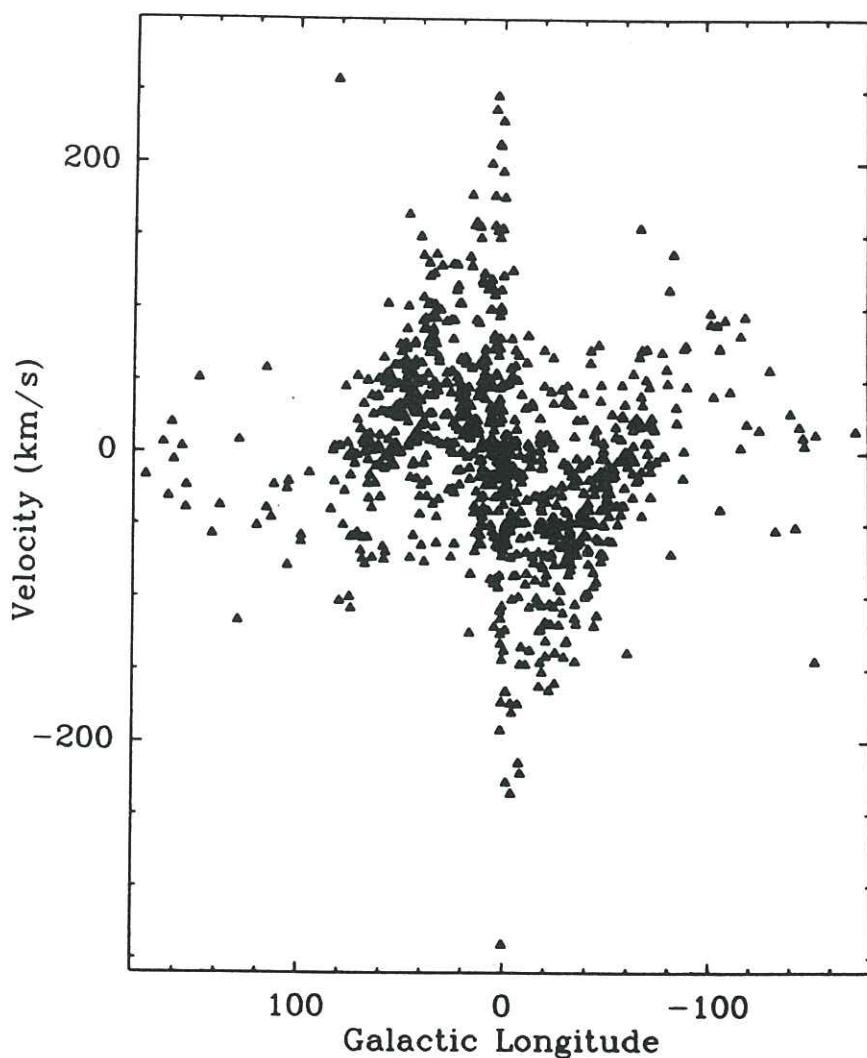


Figure 3.5.2.

Radial velocities of OH/IR stars as a function of galactic longitude.

An initial inspection of the OH data showed that most spectra looked very similar, accept for about 20. These spectra exhibit more than two maser peaks, sometimes located on top of a "continuum" of maser lines. The maser emission of two sources have extreme velocity extents of about 200 km/s. This is the largest velocity coverage ever measured from an OH maser line. These 20 sources have presumably all a bipolar geometry including a thick disk. Most likely the maser emission originates from the disk.

The unbiased selection in the IRAS color-color manner included some planetary nebulae as well, for example Vy2-2 (Nr. 4552 in the survey catalogue). In collaboration with S.R. Pottasch and A. Zijlstra (both of Groningen), te Lintel Hekkert and Habing observed a number of suspected planetary nebulae as well as sources found during a 2 cm continuum search of IRAS point sources at the VLA, for 1612 MHz emission. Six of the 11 sources were detected. These objects are tentatively identified with very young planetary nebulae, which still are surrounded by a remnant oxygen-rich shell produced during the OH/IR star phase. The first VLA observations of these objects show that the maser originates from a disk.

Habing completed a pilot study of the Galactic distribution of stars with very thick circumstellar shells that show up so clearly in the IRAS data. His main conclusion is that the Galactic disk, as seen in this sample of objects (which is probably representative of stars with main sequence mass between 1 and $2 M_{\odot}$), stops abruptly at a distance of 9 to 10 kpc from the Galactic center: there are very few objects seen farther out. A second conclusion is that the luminosities of the stars range from 4000 to $8000 L_{\odot}$, as is expected for extreme AGB stars in the 1 to $2 M_{\odot}$ mass range.

Studies of supernova remnants, planetary nebulae and other probably related objects

Vermeulen, Schilizzi (Dwingeloo), and Icke organised an observing campaign aimed at investigating the twin beams associated with the binary star SS433. Both radio and optical measurements were made.

Vermeulen, Rutgers, and Smiers have correlated the largest-ever VLBI dataset. They have now produced a preliminary set of hybrid maps. The discrete nature of the radio structure of the beams reported earlier by Vermeulen, is once again quite evident. It is also clear that brightening and fading phenomena again result in an apparently non-constant speed of flow in the beams. There is evidence for blobs associated with the flare in the total radio flux density. However, further interpretation is seriously hampered by the, as yet unknown, effects the evolving radio flare has had on the synthesis maps. Vermeulen, Rutgers, and Smiers, are presently developing methods to obtain hybrid maps of time-variable sources.

SS433 Monitoring Campaign May/June 1987.

Date JD - 2440000	VLBI (1)	MERLIN (2)	Optical Spectroscopy						Optical Photometry		Radio Flux Density Monitoring					X-ray (19)	
			(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
Earlier																	
6933.0 - 6933.9											*	*	*	*	*	*	*
6934			*	*							*	*	*	*	*	*	*
6935			*	*							*	*	*	*	*	*	*
6936 May 20/21			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6937			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6938	5+1	4	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6939			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6940	5	4	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6941 May 25/26			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6942	5	5	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6943			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6944	5	5	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6945			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6946	5+1	5	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6947			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6948 Jun 01/02	5+1	5	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6949			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
6950			*	*							*	*	*	*	*	*	*
Later																	

(1) European VLBI Network + Greenbank 5 GHz; Vermeulen et al.
(2) MERLIN (number of stations indicated) 5 GHz; Spencer et al.
(3) 6.0m USSR; Fabrika et al.
(4) 1.2m Color Alto; van den Heuvel et al.
(5) 2.2m Color Alto; van den Heuvel et al.
(6) 2.5m La Palma; Vermeulen et al.
(7) 1.5m La Silla; Vermeulen et al.
(8) 1.8m Flagstaff; Wagner et al.
(9) various; coordinated by Margon.
(10) ? Dominion; Hutchings et al.

(11) Crimea USSR; Cherepachuk et al.
(12) 0.9m La Silla; Vermeulen et al.
(13) Bologna 408 MHz; Focardi et al.
(14) MOST, Flores 843, 1415 MHz; McAdam et al.
(15) VLA 1.5, 2.7, 4.9, 8.4, 15, 22 GHz; Johnston et al.
(16) Greenbank Interferometer 2.7, 8.1 GHz; Fiedler et al.
(17) Westerbork 5 GHz; Vermeulen et al.
(18) RATAN-600 1.0, 2.3, 3.9, 7.7 GHz; Trushkin et al.
(19) GINGA; Watson et al.

Table 3.5.1 indicates the different groups that have participated in the very successful campaign, and the amount of observing material gathered. A analysis workshop for all the participants is planned for June, 1988. By chance, the observing campaign coincided with a large flare of SS433; both the rise and the fall of the flux density were followed. By the end of 1987, most observers were still engaged in the reduction of their data, but some preliminary results are very promising.

Optical spectra of SS433 gathered at La Palma, ESO, and Calar Alto as part of a Leiden/Amsterdam study are now reduced, and will be merged in early 1988. A preliminary inspection shows fascinating examples of "moving" H α lines which, after remaining nearly constant in strength and position for several days, then evolve very rapidly. Their behavior will be described in terms of hour-timescales. Because the spectra cover such a wide (4000 - 9500 Å) wavelength range, many emission lines will be incorporated into the study of SS433. Completely convincing correlations between thermal and non-thermal emission have not yet been found.

Obviously, a confirmed lack of correlation during a radio flare holds equally important information about the conditions in the beams of SS433 as would a proven correlation.

IRAS 20024+3320: A slow and unrecognised galactic supernova?

An intriguing IRAS galactic source (20024+3330) caught the attention of M. de Muison because of the strength of the 11.3 μm feature in its LRS spectrum. This source, only known before as a radio source (G70.7+1.2), has a poorly defined radio spectral index and was thought previously to be a very young supernova remnant (Reich et al.), or a compact HII region (Green). Minkowsky noted some 40 years ago that it is visible on the POSS plates. The optical images are reproduced in Figure 3.5.3. The red image is brighter and extended (about 1 arcmin); the blue image consists of several patches, 10 to 15 arcsec in diameter. Together with Strom (Dwingeloo), Braun (NRAO), Oort Jr. and Claas, de Muison has obtained new data on G70.7+1.2 at radio, infrared, optical and X-ray wavelengths. The data resolve some of the uncertainties about its nature, and pose new interesting questions.

The new observational material comprises:

1. A 1515 MHz, 3 minute snapshot map obtained with the VLA in January 1985 and a 4874 MHz map, 12-hour full-synthesis map obtained with the WSRT in November 1985. Both maps reveal a shell morphology; weak polarization was detected at 6 cm.
2. Optical spectra (5100-6800 Å) of G70.7+1.2 obtained in the service mode at the INT in July 1986. Two perpendicular scans, each about 4.5 arcmin long, were taken across the nebula, and individual spectra were measured along each scan in pixels of 0.66 arcsec. An important result from these optical spectra is the extreme strength of the [OI] 6300, 6363 and [SII] 6717, 6731 lines relative to HI at certain positions in the nebula, thus giving evidence for the presence of an interstellar shock.
3. X-ray observations obtained with EXOSAT in October 1985. No detection was found; an upper limit to the X-ray flux was derived.
4. Infrared data consisting of the IRAS PSCAT and LRS data, and near-infrared photometry and spectrophotometry obtained at UKIRT in September 1985. The infrared spectra give information on the chemical composition of the dust in the nebula; photometry reveals the presence of a strong compact near-IR source, and far-IR extended emission.

The main results of the investigation of the source are the following:

1. The radio 20 and 6 cm maps show a shell structure, about 20 arcsec in diameter, with a radio spectral index of about 0.6 at high frequencies (> 1 GHz), as also observed for several well-known supernova remnants.

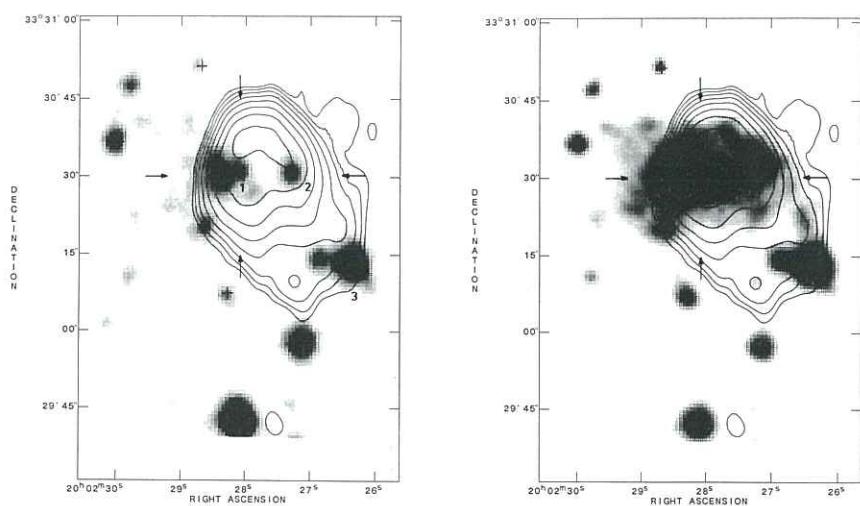


Figure 3.5.3.
Blue (left) and red (right) images of the region around G70.7+1.2, from the POSS O and E plates. Superimposed are contours of the 6 cm WSRT map.

2. The optical spectra along two perpendicular scans (N-S and E-W) across the region clearly show the existence of shock-excited gas (some 16" in extent), and an adjacent HII region extending east and north, over a distance of at least 15" in both directions.
3. The optical spectra show the presence of a continuum point source coinciding with a very strong peak of H α emission and the emission of numerous optical lines, most of them due to iron and a few possibly to nitrogen.
4. The infrared emission accounts for at least two components. The far-infrared emission is due to an extended molecular cloud / HII region system; the near-infrared continuum and emission features come from the immediate surroundings of the optical continuum source and suggest the presence of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon molecules.
5. The diagnostic criterion for identification of supernova remnants requiring the presence of [SII] lines strong relative to H α and coinciding with radio emission is a necessary but not sufficient condition. Some galactic objects, identified as SNR's on the basis of this criterion, may have been misclassified.
6. In the light of these new observations, it seems that G70.7+1.2 is an object undergoing events not as violent as in classical SNR's, but more unusual than those in an HII region. The source could be either a very young compact supernova remnant, expanding in a high density medium which absorbs part of the non-thermal radiation; a supergiant violently ejecting its last layer of circumstellar matter into a molecular cloud; or the remnant of a nova.

In any case, G70.7+1.2 is a peculiar object, probably in a short-lived phase of its evolutionary status. Additional observations are necessary to allow discrimination among the various scenarios.

3.5.2. Galactic and extragalactic structure and dynamics

Studies of infrared cirrus

Deul continued his investigation of the galactic distribution of gas and dust by finishing the manipulation of the HI data covering the whole sky. This hybrid HI datacube, containing observations obtained with a variety of single-dish telescopes (including the Dwingeloo 25 m) operating at widely differing resolution parameters, is now available as a large set of channel maps of resolution ($0.25 \text{ deg} \times 0.25 \text{ deg} \times 2.0 \text{ km/s} = 1 \times b \times v$). To present this whole set of data in a comprehensive form, a film recording was made depicting in sequence (b,v) maps with 1 running in time. A description of the film was given in the contribution "Radio Mapping" presented at the IAU Symposium No. 133.

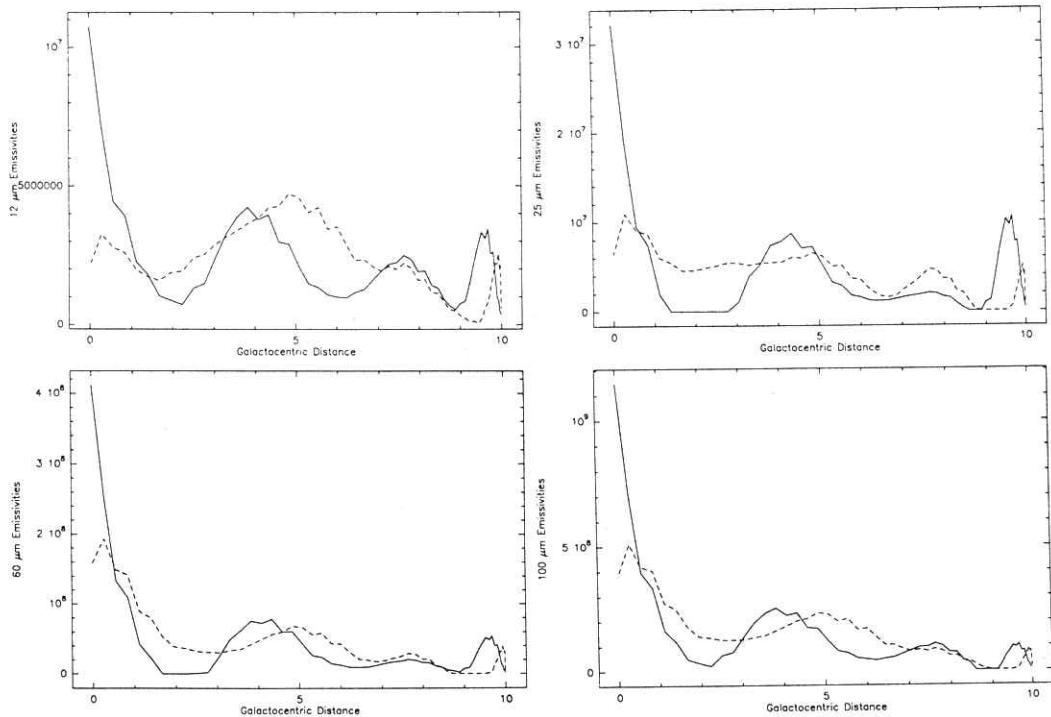


Figure 3.5.4.

Radial profiles of the 12, 25, 60 and 100 μm emissivities from the all-sky maps with zodiacal emission removed, using a radial unfolding technique appropriate for continuum data. The dashed line represents the profile for the fourth quadrant; the full drawn line that for the first quadrant. Note the close correspondence among the profiles. The molecular ring around $4 < R < 8$ kpc can be seen, as well as a steep increase of emissivities toward the galactic center.

The zodiacal emission model of Deul and Wolstencroft was used to determine the zodiacal contribution in the IRAS infrared data for each observed datapoint. The parameters of this model were determined on the basis of a subset of the data included in the IRAS all-sky maps. Assuming that the subset is statistically identical to the large dataset these parameters were used to create infrared all-sky maps that contain only negligible zodiacal emission. These maps at 12, 25, 60, and 100 μm smoothed to 0.25 x 0.25 deg resolution in galactic coordinates are being used in the further analysis of the distribution of galactic gas and dust.

By means of the radial unfolding technique commonly used on continuum data, radial profiles were derived that describe the distribution of the infrared emissivities in the four IRAS passbands. Figure 3.5.4 shows these profiles for both the first and fourth quadrants. At first inspection these profiles are strikingly similar in appearance, even though they represent the distribution of totally different material. At 12 μm the galactic radiation is predominantly from small ($< 0.01 \mu\text{m}$) particles; at 100 μm large (about 1 μm) particles are responsible for the majority of the galactic radiation. The profiles show two distinct features: i) a steep gradient at the galactic bulge region $R < 2$ kpc and ii) a hump of emissivity near the molecular ring $4 < R < 8$ kpc. The unfolding algorithm has larger errors near $R = 10$ kpc so that structures seen in the profiles in this region are not real.

On closer inspection of the profiles there is a significant difference between these two profiles in that with respect to 100 μm the 12 μm emissivity drops considerably towards the galactic center ($R < 2$ kpc). Assuming identical heating sources for both types of particles, this can be understood in terms of a drop in the number density of the small particles near the galactic center. Such a situation is not unreasonable because the larger radiation pressure in the galactic bulge is capable of destructing the small particles, presumably polycyclic aromatic hydrocarbons. For the larger particles, the ratio of 60/100 μm emissivities, which (although influenced somewhat by small particles) is a very rough estimate of the effective temperature, results in a rather constant value.

The infrared emission seen near the galactic plane is the line-of-sight integration of material identical to that observed as isolated features of infrared cirrus at the higher galactic latitudes ($b > 10$ deg). In order to study the physical and kinematic properties of the dust responsible for the infrared radiation, Deul and Burton obtained detailed HI observations of 9 cirrus regions using the 140-ft NRAO telescope. The regions are typically 10 x 10 deg in size; they were sampled at least at one point per beam (20') with a velocity separation of 0.5 km/s. The regions were selected at 100 μm because they show well-defined cirrus structures on a smooth background.

The infrared observations that are used for comparison with the HI data were the Skyflux products; all three HCON's were used

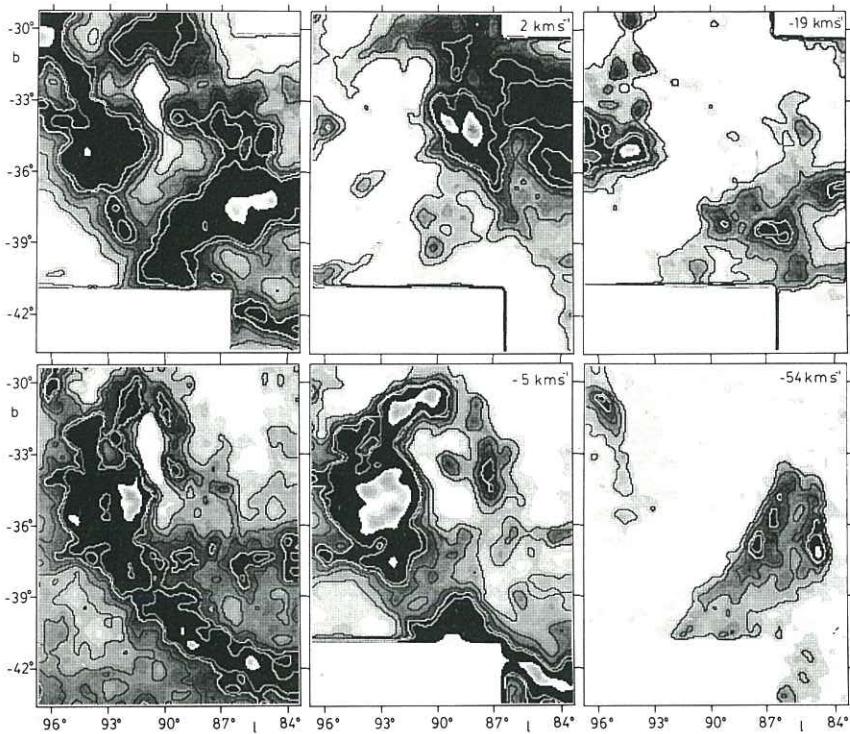


Figure 3.5.5.

Gray-scale plot of a well-defined cirrus structure on a smooth, low intensity background. The top left-hand corner panel shows the 100 μm emission. The total column density of neutral atomic hydrogen is presented in the bottom left-hand corner. Four channel maps of the 21 cm line emission integrated over 2 km/s centered at the indicated velocities are depicted in the remaining pannels. This feature contains a cloud of HI emission at extreme negative velocities. The cloud is associated with infrared dust that show different properties than those of the surrounding material.

when available. They were smoothed, regridded, and corrected for zodiacal emission to create infrared maps with identical resolution and sampling as the HI material. The HI observations were calibrated and reduced to create a three dimensional datacube for each field.

As an aid to the analysis and for the comprehensive display of the data a film recording was made for each field. The film shows three different sequences: (i) the 100 μ m and HI total column density maps blinked, (ii) HI channel maps with velocity running in time, and (iii) an overlay of the 100 μ m emission in red and the HI channel map sequence as in (ii) in green.

Comparing the infrared maps with the HI data reveals that many of the cirrus features appearing on the sky as single coherent structures are in fact composed of kinematically distinct structures. A separation in velocity is presumably a separation in depth. Figure 3.5.5 shows a comparison of the infrared 100 μ m data with the HI column densities and four HI channel maps for one of the fields. The cirrus features generally have HI counterparts, but these are at anomalous velocities. The associated HI material also shows considerably wider profiles than those shown by HI material at normal, allowed velocities. There is some indication that the 60/100 μ m emission ratio for dust material associated with HI material at anomalous velocities is different from that of dust material associated with HI at normal velocities.

In a number of cases, the HI observations reveal kinematic structure of coherent cirrus features. There is evidence for rigid rotation, expanding shells, and an expanding or contracting cloud. In one case the infrared emission is particularly strong at 12 and 25 μ m with at the same location an increase of the profile width in the HI observations.

The galactic distribution of OH/IR stars

Van Langevelde finished his work on the galactic distribution of candidate OH/IR stars, some found with the Dwingeloo telescope, using the Bahcall-Soneira code. In spite of the local nature of the model, it was clear that the distribution of these IRAS pointsources can not be modelled with just a simple flat, thin disk.

Van Langevelde undertook a study of OH/IR stars within one VLA beam from the galactic centre. By monitoring the "phase lags" of these sources an estimate of their physical sizes can be obtained. Some research was done on how to measure this effect, using data from a more local sample obtained with the Dwingeloo telescope. The goal of the project is to resolve the sources and thus to measure the distance to the galactic centre.

The shape of the outer-Galaxy gas layer

Kwee and Burton continued their investigation of the warped outer part of the Galactic gas layer. They used an improved

criterium for the z-position of the gas layer to provide a quantitative description of the gas layer. The scalloping in the outerparts of the Galaxy can be easily traced. There are some 8 or 10 scalloping waves evident at a galactocentric distance of about 25 kpc. A remarkable and well-known feature of the warped gas layer is that it seems to be asymmetric with respect to the line of nodes. For $0^\circ < l < 180^\circ$ the slope of the warp increases practically monotonically to $z = +2.0$ kpc at a distance of about 25 kpc. For $180^\circ < l < 360^\circ$, however, the z-value of the gas layer first increases to about 1.0 kpc at a distance of about 17 kpc, at larger distances it decreases, returning nearly to the galactic plane ($z = 0$) at 25 kpc.

The nearby galaxy M33

P.R. Bakker, E.R. Deul and J.M. van der Hulst (Dwingeloo) continued their work on the Westerbork 92 cm continuum survey of M33. The total flux of M33 at this frequency was determined to be 5.8 ± 0.3 Jy. A number of background sources, including 25 HII regions and 3 supernova remnants, could be indentified. By comparison with other radiocontinuum surveys of M33 spectral indices of these sources were obtained. Some HII regions seem to have surprisingly steep spectra, which can be explained by the presence of non-thermal components in or nearby the regions.

The radiospectrum of M33 itself was found to be less steep ($\alpha \approx -0.62$) than found in some earlier work. An attempt to separate the thermal and non-thermal emission using the 92 cm and 21 cm surveys was not succesful. The 49 cm radio continuum observations of M33 observed several years ago with the WSRT contained irreparable calibration errors in two of the four baselines. These baselines were reobserved and are now being calibrated. After combination of the old and new observations a 49 cm radio map will be available early in 1988. This map will then be the middle frequency in a set of three (21, 49 and 92 cm) radio continuum maps. The thermal and non-thermal contributions will then be separated using the three wave-length material. The percentage of the non-thermal radiation is estimated to be at least 47% at 92 cm.

The analysis of the small scale HI structure in M33 has focussed on the problem of the HI shells and holes. Deul and den Hartog have determined the location, size, and classification of some 400 holes/shells in the WSRT HI observations. The selection criteria for the hole structure are based on the presence in 3 or more channel maps, the contrast between hole and surroundings, and the presence of an elliptical shape. The process of identification involved administration software written by den Hartog; it was eased by the extended capabiltilities of the new IVAS/IIS image display. The final parameter determination is being done on the basis of enlarged gray scale and contour plots. Roughly 1/4 of the original identified holes will remain in the final list.

A number of IRAS Additional Observations have been compiled to create maps of the infrared emission of M33, intended for comparison with Westerbork data. Deul has taken the original observations, assembled them to maps in equatorial coordinates, corrected these maps for instrumental effects such as striping and antenna pattern, and subtracted out the zodiacal contribution. The resulting maps show the infrared emission of M33 at 12, 25, 60, and 100 μm . They will be compared with a smoothed version of the WSRT HI observations and the radio continuum observation, to illustrate the similarities and differences between the large-scale gas-to-dust correlations in M33 and in our Galaxy.

Dwarf irregular galaxies

Blue Compact Irregular Galaxies are a subgroup of irregular dwarf galaxies characterized by a recent strong burst of star formation. They are thus a group of galaxies eminently suited to study large-scale star formation processes, in particular because the small size and (often) isolated nature of these galaxies rule out star formation processes triggered by galaxy encounters, spiral density waves, etc. One of the most extreme examples of a blue compact dwarf irregular is NGC 1569.

F.P. Israël used UV data obtained with the Astronomical Netherlands Satellite (ANS) together with published material and new infrared observations to derive the global properties of this galaxy. Because of its low Galactic latitude ($b = 11^\circ$), NGC 1569 suffers considerable foreground extinction ($E[B-V] = 0.56$ mag as derived from its UV colours). Combined with an apparent distance modulus of 29.0 mag this yields a distance of 2.2 ± 0.6 Mpc. Not only does this place the galaxy closer to us than previously estimated, it also opens up the possibility (also in view of its negative radial velocity!) that it is in fact an outlying member of the Local Group. The size of the galaxy is small: about 1×2 kpc. The total luminosity of NGC 1569 is only $1.2 \times 10^9 L_\odot$; its total mass is $3 \times 10^8 M_\odot$. Almost half of this mass resides in interstellar gas, a very high proportion. The galaxy appears to have a very low dust-to-gas ratio, in keeping with its low metallicity. Although its CO emission is very weak, the presence of significant amounts of H_2 cannot be ruled out. Molecular hydrogen will, however, not be a major constituent of the interstellar medium. The UV and the UBVK colours of NGC 1569 show it to have suffered a strong burst of star formation about 15 million years ago. If stars were formed according to the standard initial mass function, star formation rates during the burst were of order $0.3 M_\odot$ per year, which is very high for such a small galaxy. The time-averaged star formation rate of NGC 1569, assuming a cosmic age, is only five per cent of the burst star formation rate.

An interesting result on NGC 1569 was obtained by Israel and de Bruyn (Dwingeloo). They used accurate flux density determinations from the WSRT, in conjunction with published data, to obtain

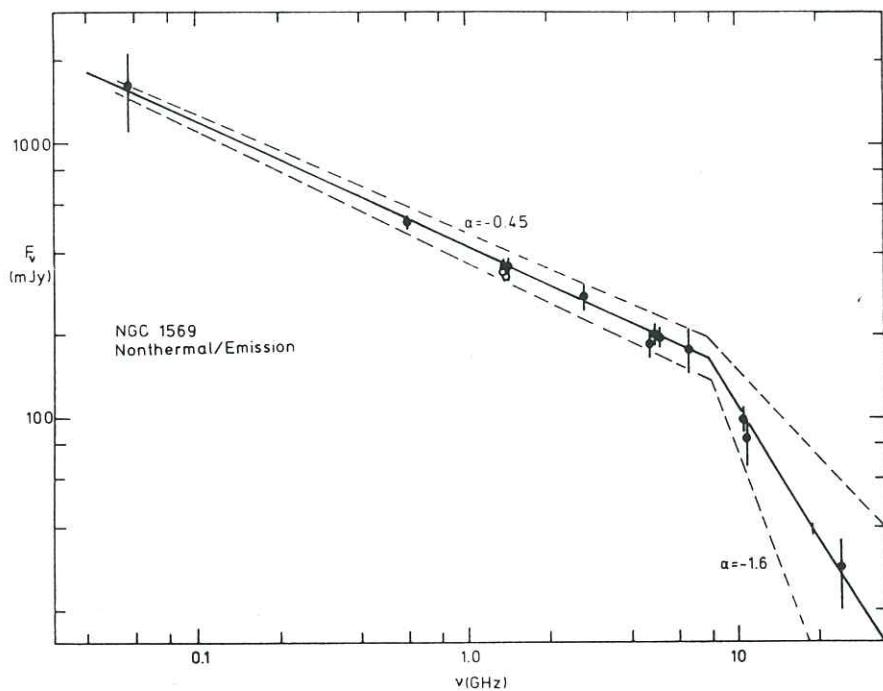


Figure 3.5.6.
Spectrum of nonthermal emission from NGC 1569, showing the pronounced spectral break at 8 GHz.

the total radio continuum spectrum from 57.5 MHz to 23 GHz. They then subtracted the thermal emission from the total emission to obtain the intrinsic non-thermal radio continuum spectrum. This non-thermal spectrum is found to contain a sharp spectral break at about 8 GHz. The steep decline of radio emission at higher frequencies effectively rules out steady-state models. Israël and de Bruyn argue that the best explanation for this spectrum is an abrupt decrease in relativistic electron injection rates about 5 million years ago, for a mean magnetic field strength of 12 μ m Gauss as indicated by equipartition arguments. Since that time, synchrotron losses have dominated, selectively removing relativistic electrons at the high-energy end of the distribution, and leading to a high frequency cutoff in the non-thermal spectrum at steadily decreasing frequencies. The time scale of the injection rate decrease is consistent with a decrease in supernova rate following the end of the starburst phase. Extrapolating to the future, Israel and De Bruyn expect the nonthermal spectral break to move to lower frequencies, passing below 1 GHz in another 10 million years, and leading to the virtual disappearance of NGC 1569 as a significant radio source. Thus the galaxy is presently in a post starburst phase, fading into quiescence.

With this interpretation, NGC 1569 becomes a textbook example of "one-shot" relativistic electron injection, predicted theoretically decades ago, but so far only seen in lobes of radio galaxies. Galaxies more massive than NGC 1569 are not expected to show this behaviour, because in massive galaxies a single burst of star formation is unlikely to dominate the whole galaxy. In other dwarf galaxies, as in NGC 1569, the frequency of starbursts, as compared to burst duration, is low, so that only a few per cent of all dwarfs are expected to show the same behaviour. In order to recognize this behaviour, accurate determinations, currently few in number, of the radio continuum spectrum at high frequencies are needed.

The case of NGC 1569 strongly suggests that significant radio continuum emission is only a transient phase in the life of starbursting dwarf irregular galaxies. In contrast, optical luminosities will also vary, but to a much smaller extent. Hence, the ratio of radio to optical luminosity is expected to be a sensitive indicator of the time elapsed since the last starburst. Indeed, in a sample of 45 gas-rich blue dwarf galaxies only 7 (15%) have a radio to blue luminosity ratio comparable to that of NGC 1569, whereas this percentage is much higher for dwarf galaxies in the Markarian lists. A further study of the detailed properties of NGC 1569 is in progress based on WSRT, VLA, IUE and optical data.

Caspers in collaboration with Israël continued his work on dwarf galaxies. The reduction of 21 cm WSRT observations of five nearby irregular galaxies made good progress. An additional galaxy was observed. The distribution of hydrogen in these systems is irregular and clumped on a 5 - 10 kpc scale but shows systematic

overall rotation. The data for a sample of 83 nearby galaxies outside of the Local Group was extracted from the Leiden IRAS CRDD data base: 23 systems were detected. These show a large range in the ratios of blue luminosities to far-infrared fluxes as well as a large range of dust temperatures as derived from the 60 to 100 μm flux-density ratios.

Diffuse ionized gas in extragalactic systems

Radio continuum spectra of galaxies contain information on the global properties of the interstellar medium in these galaxies. In order to study properties of the nonthermal content, Israel and Mahoney (Maryland) used the Clark Lake Radio Observatory TPT array to observe a large sample of galaxies at the very low frequency of 57.5 MHz (and also some at 30.9 MHz). In addition to the 46 targeted galaxies, another 22 were detected in the observed fields. In general, the observed flux densities were significantly lower than those extrapolated from Westerbork and other observations at higher frequencies. A subsample of 18 galaxies with almost pure disk emission was selected; the ratio of observed to extrapolated flux density was found to correlate well with galaxy tilt. The best explanation for the "missing" flux is free-free absorption of the non-thermal emission by a thermal plasma. Israël and Mahoney show that discrete HII regions cannot be responsible for this absorption, because their filling factor is too small. Instead, simple model considerations show that the absorption must arise in a diffuse ionized gas, filling most ($>60\%$) of the non-thermal volume. By comparing the amount of low-frequency absorption (proportional to $T_e^{-1.5}$) with the maximum permissible amount of thermal emission at high frequencies (proportional to $T_e^{-0.35}$), limits on the electron temperature T_e as well as the emission measure EM of the diffuse gas could be established. The absorbing gas is characterized by very low electron temperatures $T_e < 1500 \text{ K}$ and emission measures $\text{EM} < 1000 \text{ pc cm}^{-6}$. The low emission measures indicate low densities of order 0.1 to 1.0 cm^{-3} . There are indications that the Galaxy likewise contains such a pervading, low T_e , low EM, ionized gas. Such a component of the interstellar medium thus appears to be a general constituent of the disks of galaxies. Although the origin of this gas is not yet clear, a reasonable explanation is given by models of the time-averaged properties of the intercloud gas in galactic disks with reasonable star formation activity. A paper has been submitted to the Astrophysical Journal, and further studies aimed at elucidating the nature of the gas are planned.

Cooling flows

Together with A.G. de Bruyn and C. O'Dea (both at Dwingeloo), and W.B. Burton, W.J. Jaffe is studying cooling flows in nearby clusters of galaxies. This work includes taking HI spectra with the WSRT, making 327 MHz maps with the WSRT to look for radio

haloes in the cooling flows, and taking CO spectra with the JCMT to look for absorption or emission.

Interacting Galaxies

W. Keel continued studies, with various collaborators, into how interactions between galaxies effect their star-formation and nuclear-activity properties. Continuing the collaboration with Kennicutt (Minnesota), van der Hulst (Dwingeloo), and Hummel (Bonn), a study was completed comparing star-formation rates in samples of interacting and non-interacting spirals, using H α emission and IRAS fluxes as measures of global star-formation rates. Clear excesses of star formation are present in all classes of interacting systems, particularly among very close pairs and in the inner few kiloparsecs. Further work is in progress together with K. Grundeken to examine the spatial and luminosity distribution of star-formation, which will allow closer confrontation of models incorporating various assumptions about the mechanism for this excess. The initial stages of a comparison of the nuclear properties of these same galaxy samples observed in the radio continuum at Westerbork and elsewhere were completed, which in conjunction with previously published optical spectra are being used for an unbiased look at events on small scales near the nuclei.

Keel finished a program to measure optical continuum shapes in the jets of Westerbork and other radio galaxies, involving material from ESO, KPNO, CTIO, and La Palma. A knot in NGC 6251 was detected for the first time, and new observations of the jets in M87, PKS 0521-36, Coma A, 3C 66B, 3C 273, and 3C 303 were obtained. In all cases, except part of the 3C 273 jet, the data are well fit by synchrotron spectra arising in electrons having truncated power-law energy spectra, with turnover frequencies in the range 5×10^{14} to 3×10^{15} Hz. Image restoration allowed study of the subarcsecond structure of the M87 jet, as well as close comparison with the radio structure. The individual knots have similar spectra, but differing cutoff frequencies, varying in a systematic trend along the jet. The similarity of optical and radio structure, together with the relevant synchrotron lifetimes, suggests a dominant role for magnetic-field geometry in shaping the observed jets. These results suggest that near-IR observations of hitherto undetected, radio bright jets might be fruitful.

3.5.3. Active galaxies; large-scale structure of the Universe; cosmology

IRAS active galaxies

G.K. Miley (on leave of absence during 1987 at the Space Telescope Science Institute) continued his infrared studies of Seyfert galaxies, Westerbork radio galaxies and quasars. Together

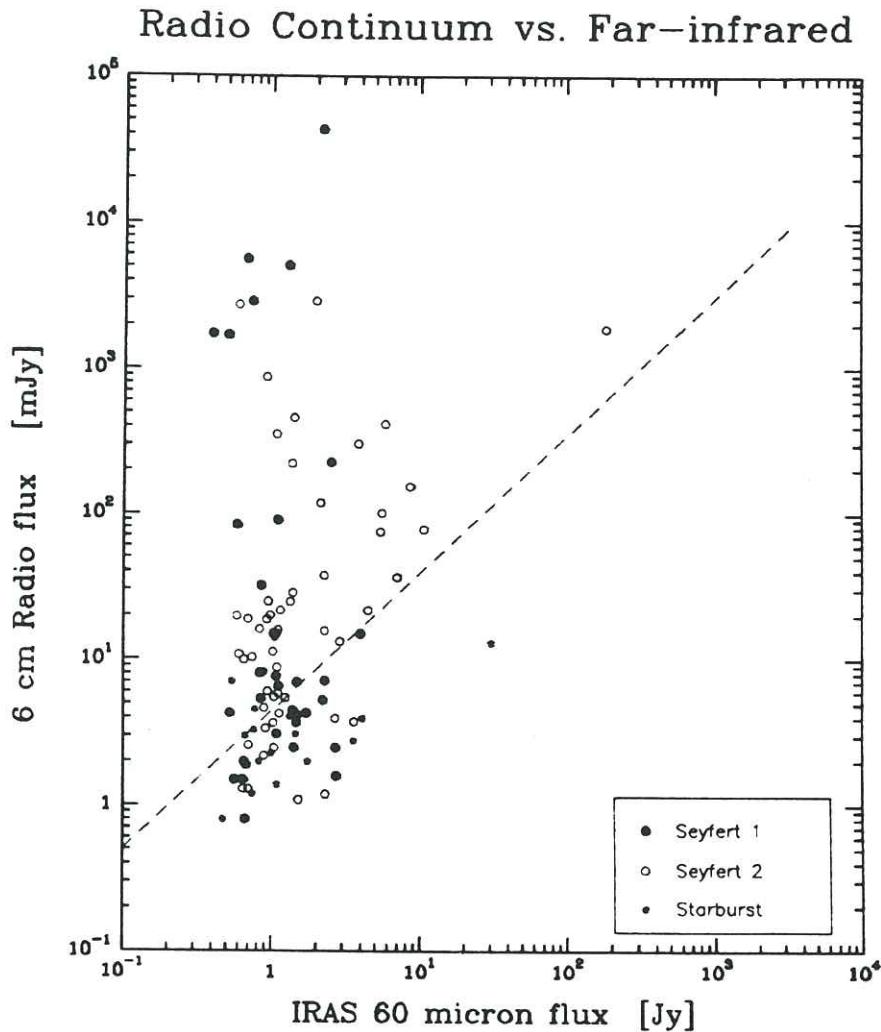


Figure 3.5.7.
Radio vs. infrared correlation for Seyfert I (filled circles), Seyfert II (open circles) and starburst galaxies (stars). The dashed line indicates the relation for starburst galaxies found by de Jong et al.

with members of the IRAS Science Team, he has examined IRAS observations of previously known AGNs. The most important conclusion from this work is that mid-IR components, peaking at about 30 μm , are widespread in AGN and are probably produced by re-radiation of dust located at the inner part of the narrow-line regions.

Keel, De Grijp, and Miley are extending work on the "strong-source" catalogue to the more sensitive co-added and directed IRAS observations. The increased sensitivity (up to an order of magnitude) should enable IR galaxies to be detected beyond a redshift of $z=1$.

Work began last year to sift through all serendipitous sources of these pointed observations, and a list of about 140 candidates has been compiled. Spectroscopy has been carried out for the 40 brightest ones of this sample. Experience shows that confusion is a major problem in the optical identification of these faint IRAS sources. VLA observations at 6 cm have been carried out to "zoom in" on the correct identification. Reduction of these data is now under way, and an additional 50 are expected to be identified this way. Follow-up on this will consist of imaging and spectroscopy, to ascertain the nature of the objects and to provide redshifts for the luminosity function.

A multispectral study of an IR-defined sample of AGNs consisting of 563 objects, carried out as the subject of de Grijp's thesis, combines radio (6 cm), infrared (IRAS bands), optical (spectroscopy) and X-ray (Einstein) observations to study the behaviour of these objects.

6 cm detections of IRAS-AGNs.

Both the VLA and the Westerbork SRT were employed to search for radio emission from IRAS-AGNs. As could be expected, the majority of sources is unresolved, even with the VLA A-configuration at 6 cm (resolution typically 300 pc at the redshifts involved).

Comparison with a sample of starburst galaxies (de Jong et al. 1985 A. & Ap. 147, L6) shows that the tight relation between IR and radio flux observed by de Jong et al. is not observed in the current sample, which contains more radio-loud AGN, but the lower limit to the radio IR ratio coincides for the two samples, arguing for a similar generating mechanism in radio quiet AGNs and starburst galaxies. A useful spin-off of these observations appeared to be the high detection rate (95%); combined with the low source counts of unrelated objects at this wavelength (about 100 per square degree) this results in a very powerful identification method.

Together with Chambers (Johns Hopkins) and van Breugel (Berkeley), Miley has continued a multispectral study of radio sources having ultra-steep spectra at centimeter wavelengths. These ultra-steep spectrum sources are predominantly associated with high-luminosity radio galaxies beyond the Palomar Sky Survey

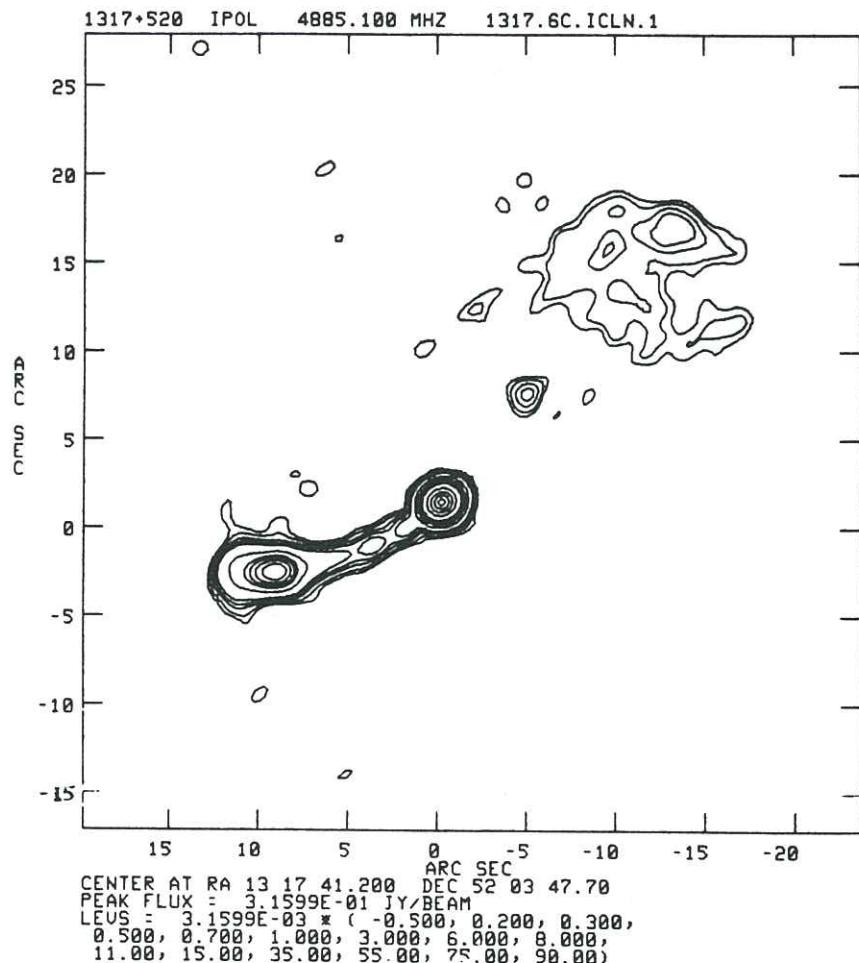


Figure 3.5.8.

6 cm VLA map of the quasar 1317+520. The feature about 7 arcseconds northwest of the nucleus is probably part of a counter-jet.

limit. During the past year, considerable observing time has been allocated both with the VLA and the CCD on the Kitt Peak 2 m telescope to pursue this project. The main aims are the following:

1. Comparison of the details of spectral index and polarization distributions of the ultra-steep spectrum sources with those of normal spectrum sources, allowing study of the particle acceleration processes.
2. Finding the most extreme examples of high-luminosity radiogalaxies, to allow study of their properties and, in particular, their morphologies with the Space Telescope.

Several high-redshift radio galaxies have now been found in carrying out this program. One of the most surprising results has been the discovery that the optical images of these high-redshift radio galaxies are almost exclusively aligned with the radio axis.

Radio studies of active galaxies

Superluminal expansion has been observed in the cores of a substantial number of bright quasars, with apparent transverse velocities of up to 50 c. The most popular explanation of this phenomenon is given by the relativistic beaming model, in which the orientation with respect to the line of sight of a relativistically moving, radiating plasma is supposed to be the main factor determining the observed radio morphology. A critical test of this type of model is provided by the search for structural variations in the cores of lobe-dominated objects. In a complete sample of sources selected on the basis of the existence of extended radio structure, the orientation bias is supposed to be minimal, and the superluminal effect should be comparatively rare.

In his 1984 Leiden Ph.D. thesis, Barthel described a project to study the milli-arcsecond-scale structure of a sample of 30 bright lobe-dominated quasars. A VLBI pilot survey indicated the presence of resolved structure in twelve quasar cores. This year Hooimeyer, Barthel (Caltech), and Schilizzi (Dwingeloo) completed the first epoch VLBI mapping of these objects. Further VLBI monitoring is in progress. Complementary snapshot VLA observations of the associated large-scale structures were made in 1986 and reduced this year by Hooimeyer and Blommaert. By comparing the VLBI and VLA data, and determining parameters such as the core/lobe flux ratio, jet-counterjet ratios and the misalignment between inner and outer structure, constraints could be put on the relativistic beaming model for these sources.

The extended morphology of the quasars generally consists of a symmetrical lobe structure and a one-sided kpc-scale jet (jet/counterjet ratio > 10), as is commonly observed in bright lobe-dominated sources. An exception to this is given by the quasar 1317+520, which appears to have a counterjet (see Figure 3.5.8).

In the context of beaming models, the asymmetry of the kpc-scale jets cannot easily be reconciled with the large projected sizes of these objects. On pc-scales, the radio structures are

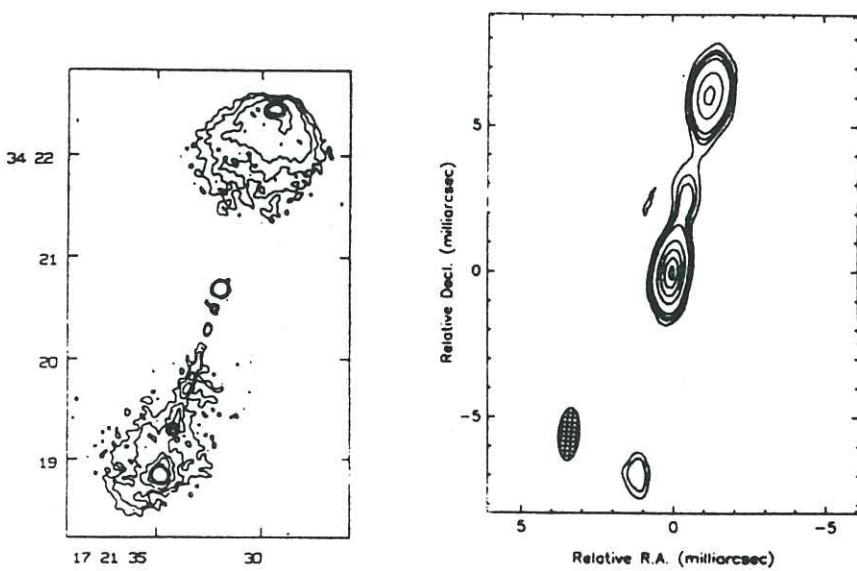


Figure 3.5.9.

Large and small-scale structure of the giant quasar $1721+343$. The northern most component in the VLBI map is the most probable location of the radio core.

either of the core-jet type or elongated along the source axis, joining smoothly with the large scale morphology (generally aligned to within 10 degrees). Complex nuclear morphologies, such as found in steep spectrum compact quasars, are not observed. The sources with the greatest amount of misalignment between pc and kpc-scale structures are smaller than average, and have a higher core/lobe flux density ratio R . For the sample as a whole, the overall source curvature, measured from lobe to lobe, is highly correlated with core flux density and R , and, less strongly, inversely correlated with the overall projected size. The behaviour of misalignment and curvature thus is in agreement with what is expected in the relativistic beaming model. In contrast with model predictions, however, the overall projected size of the quasars is not significantly correlated with core flux density or R ; this was also observed in core-dominated quasars by Lonsdale (1986 Can.J.Ph. 64, 410).

For several quasars, multi-epoch VLBI observations have been obtained at 5 and 10.7 GHz. This has led to the confirmation of superluminal expansion in the core of the giant quasar 1721+343 (4C34.47). The central regions of this largest known quasar (with a projected size of 650/h kpc; $H = 100h$, $q_0 = 0.05$) show a multi-component linear structure, aligned to within 5 degrees of the kpc-scale jet (see Figure 3.5.9). The spectra of the individual core components indicate the northern most component A to be the most probable location of the core. Components B and C move away from A with apparent velocities of 3.1/h c. In the beaming model this implies that 1721+343 lies within 36 degrees of the line of sight, and thus has a deprojected linear size of at least 1.5 Mpc. The long, straight and narrow kpc-scale jet, and the huge dimensions of the radio source, are features which one does not expect to find in superluminal, relativistically beamed sources.

Superluminal expansion has now been detected in at least 7 lobe-dominated objects. In four of the six sources of the sample of Barthel and Hooimeyer for which multi-epoch VLBI observations are available, apparent velocities faster than that of light have been found. This high detection rate, and the large projected sizes of the sources in which it is found, offer a strong statistical argument against simple one-parameter beaming models. More sophisticated models, involving a decoupling of small and large-scale structure (e.g. by precession of the jet axis), or a decoupling of fluid flow and pattern velocities (using screen mechanisms or oblique shocks), will have to be invoked to account for the presently available observations (on pc and kpc-scales) of superluminal sources.

Miley, together with Barthel (Caltech) and Lonsdale (Pennsylvania State University), is continuing work on the radio morphology of high-redshift quasars. High- z quasars are significantly more bent than low- z quasars. An obvious explanation is that the circumgalactic medium is denser and clumpier at early epochs. The radio sources would then be probes of clumpy

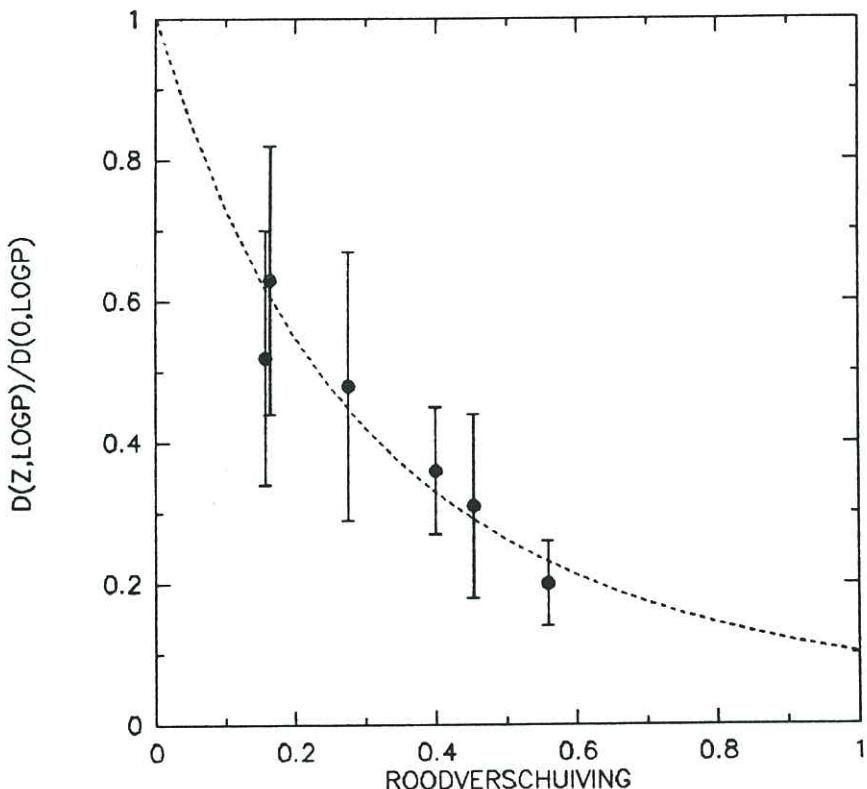


Figure 3.5.10.

Run of median linear size of elliptical radio galaxies with redshift. In each redshift interval, the median size is expressed as a fraction of the corresponding median size at $z=0$, for the same radio-luminosity for which the value at a given z was determined, thus freeing the result from redshift luminosity correlations.

protogalactic disks. The spectra and deep optical images of the field are being searched for other evidence for such interactions (with Heckman and Macchett), and carrying out absorption line studies (with Tytler) are being carried out.

Together with de Bruyn (Dwingeloo), Miley has continued work on 327 MHz WSRT data of the Perseus cluster, which shows very interesting low-level structures not resembling conventional radio trails.

Roland and Pelletier have continued their work on magnetized mixed shocks, and in particular the distribution of the relativistic particles behind such shocks, and have applied their results to synchrotron radio sources. They show that the knowledge of the observed radio "spectral" index provides a valuable diagnostic of the physical conditions in the plasma, and apply this technique to nuclei of galaxies with a flat radio spectral index ($\alpha = 0.25$), to the hot spots in Cygnus A and finally to hot spots with a very steep spectral index ($\alpha = 1.3$).

Population studies of radio galaxies

M. Oort completed his Ph.D. thesis work on the structure and spatial distribution of the radio galaxies at low flux densities (<50 mJy). In contrast to optically selected galaxies, the population of radio sources has not shown any clustering in its projected distribution. Only in extreme cases would such anisotropies be expected. The new, deep 21 cm WSRT radio surveys show evidence in some cases for a non-uniform radio source distribution. This deviation from uniformity, however, is only apparent if the source population below 1 mJy is included. Above this flux, the distribution seems to be uniform. It is difficult to quantize these deviations from uniformity, and the physical interpretation is not at all clear. In one case (the fields in Lynx) there seems to be an excess of sources with $z < 0.1$, which could explain part of the effect. More work needs to be done.

When the evolution of activity in radio sources is determined empirically, there are two important observational constraints, namely the radio source counts and the median angular size of radio sources. Knowledge of the run of both these parameters with flux density has been substantially improved: the presence of an upturn in the source counts, reported by Windhorst et al. (1984), is now firmly established, although its onset is at somewhat lower flux densities than was seen by Windhorst et al. The flux range for the source counts has been extended down to 0.1 mJy. The shape of the median angular size has changed radically at low fluxes. High resolution observations of weak radio sources have shown that the median size has consistently been overestimated below 50 mJy. In contrast to what was thought earlier, the median size continues to decrease below 100 mJy to a value below the best resolution available at 21 cm at the VLA (1") at ~ 1 mJy. This fast decrease is caused by a much steeper dependence of linear size with redshift of the red radio galaxy population than was previously

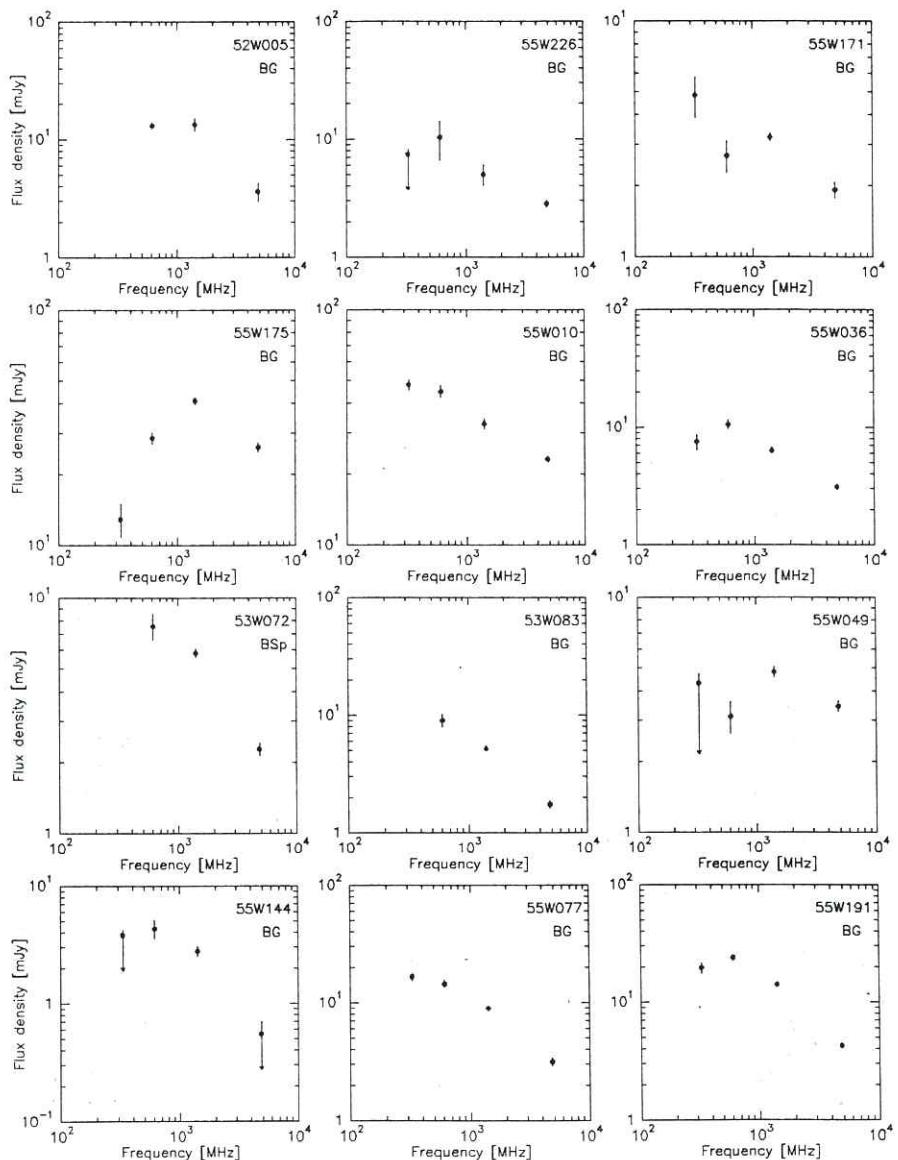


Figure 3.5.11.
Radio spectra of a few blue radio galaxies.

thought, and by the blue radio galaxy population which seems to exhibit very small intrinsic sizes.

With high resolution VLA observations it has now been possible to directly determine the redshift and radio luminosity-dependences of the linear size of elliptical radio galaxies, using both spectroscopic and photometric redshifts (see Figure 3.5.10).

The results show a much steeper dependence of size with redshift than was previously thought:

$$D(z, \log P) \propto P^{0.24} \exp\left(-4.0 \frac{z}{1+z}\right), \text{ for } \log P > 24.5$$
$$H_0 = 50$$
$$q_0 = 0$$

A large fraction (about 2/3) of the blue radio galaxy population is unresolved even with the 1" VLA A-array beam. There are several indications that the intrinsic size of these unresolved sources is of the order of only a few parsec: some show variability on timescales of a year, and many have a turnover in their radio spectrum between 49 and 92 cm (see Figure 3.5.11). If synchrotron self-absorption is the relevant mechanism, a size of only some few pc is indicated.

The aim of the observations summarized above is to provide more insight into the origin and the evolution on cosmological time-scales of the radio galaxy phenomenon. Windhorst gave a first description of the radio luminosity-dependent evolution of activity in radio galaxies in his 1984 Leiden thesis. The work described here has further refined Windhorst's conclusions, but it has still not been possible to give a physical interpretation. The addition of information on the evolution of sizes of radio galaxies has complicated the picture even further. The observational results do not agree with any of the existing theoretical models for the change of size of an individual radio galaxy with redshift. It seems that a model that incorporates both the changes in size due to the surrounding medium and the change in its luminosity with time is required. Unfortunately, the observed change in size of radio galaxies with redshift and radio power does not help very much in constraining the possible empirical relations which describe the evolution of activity. The run of median size at low flux densities appears to be more sensitive to the z-dependence of the intrinsic sizes beyond the measured redshift, than to the possible existence of a maximum redshift, and the value of such a cutt-off redshift if it exists.

Katgert and Kalter are continuing work on the redshift and radio luminosity dependence of the sizes of radio ellipticals. To this end they observed some 90 ellipticals from previous WSRT surveys (at 21 cm) with the VLA A-array at 20 cm. These ellipticals populate a rather narrow flux density range, between 15 and 200 mJy, and should therefore allow a check on the intriguing separability of redshift and luminosity-dependences of linear sizes of ellipticals described above. About one third of the

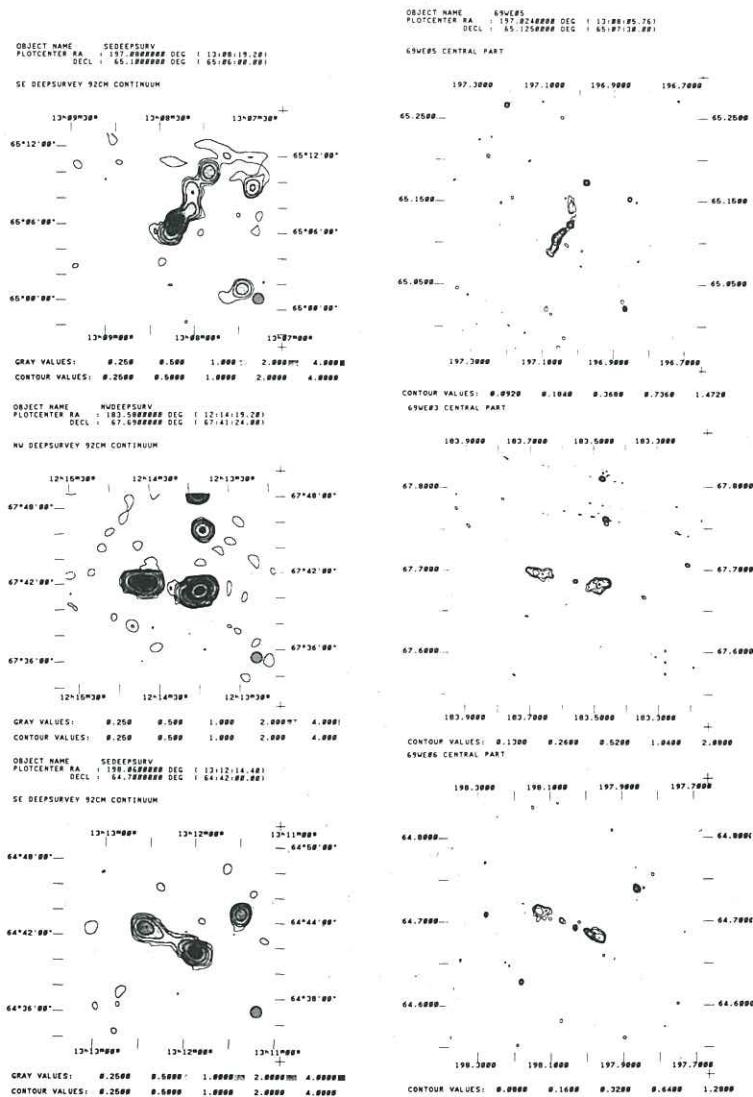


Figure 3.5.12.

Maps at 92 cm of 3 extended sources in Draco. Left: 92 cm maps, with contours at multiples of 1.25 mJy. Right: 21 cm maps, with contours at 0.46, 0.65, and 0.4 mJy for the top, middle, and bottom maps, respectively.

sources were completely resolved out at 1."5 resolution; these will be reobserved with the VLA B-array.

Katgert and Windhorst completed the analysis of the near-infrared UKIRT observations of 80 faint radio galaxies. The data show rather unexpected changes of the colours at redshifts of about 0.3; the possible reasons for this effect are being investigated.

Radio Quasars

Katgert, de Ruiter (Bologna), and Wanders continued work on the sample of some 200 radio quasars from which they hope to obtain a much improved estimate of the optical and radio-luminosity functions of radio quasars, and of the redshift dependence of these luminosity functions. The analysis of the optical spectra obtained so far (with the FOS and the IPC on the INT at La Palma) has progressed. Accurate two-color (B&V) photometry was obtained, for about two thirds of the sample, with a CCD-camera on the JKT at La Palma.

Wieringa, de Bruyn and Katgert, continued work on 327 MHz WSRT observations of several survey areas. In the areas in Draco, Wieringa this year obtained observations at 21 and 49 cm to study the extended sources (at 21 cm) and the spectral index distribution. These data will be used in a search for very steep spectrum sources, supposed to be inevitable as a final stage in radiogalaxy evolution. Reduction of the 21 cm data has been completed (see Figure 3.5.12). Analysis of the extended structure of 8-10 sources and the positions of 100 more is being carried out by R. Swart. He will also work on the reduction of the 49 cm observations. Reduction of two $6 \times 12''$ observations in Lynx and Ursa Minor (observed in 1986 at 92 cm) using the Dwarf reduction package is nearing completion. For these fields observations at 21 cm and 49 cm are already available.

Analysis of a deep WSRT observation at 21 cm of an area in Triangulum, carried out in early 1987, was continued by M. Oort and Geuze. The projected distribution of the sources in this area is rather unusual.

Optical observations of the radio sources identified in the very deep 21 cm Lynx WSRT survey have been made by Oort and Katgert with the CCD-camera on the INT at La Palma, and have been analyzed by Oort, Vervelde, and Katgert. They have yielded optical identifications of 40% of the radio sources, and fairly accurate V and R photometry for the identifications.

The "Voronoi" universe

Icke and van de Weijgaert continued work on the large-scale structure of the Universe, resulting in the publication of an article on Voronoi tessellations. The work is based on the notion that underdense regions in a selfgravitating medium will evolve as "Superbubble bubbles", i.e. voids that expand a little faster than the background and that tend to become more spherical as time goes on. Assuming that all the bubbles started expanding at the same

MULTIDIMENSIONAL BINARY TREE

Number of points in sample: 100
Correlationparameter: 10.00
Bucketsize: 8
Angles: 60.0, 30.0

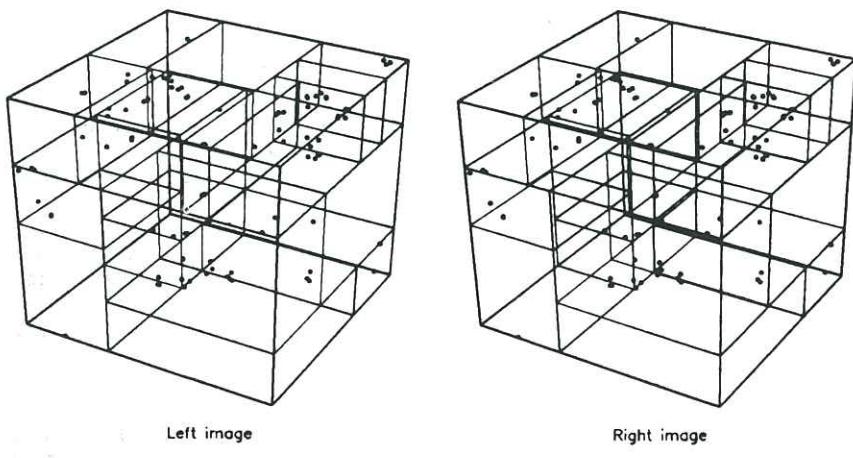


Figure 3.5.13.

Stereoscopic picture illustrating the division of space by a three dimensional tree. The point-sample contains 100 points; the bucketsize is 8 points.

epoch and with the same rate, the result of this type of locally inhomogeneous expansion is a "Voronoi foam", which can be considered as the skeleton of the baryon distribution in the Universe.

Van de Weijgaert is developing an efficient computer code for calculating three-dimensional Voronoi tessellations. The expected speed of the code is due to the use of a very efficient multidimensional datastructure, the "k-d tree", and on an efficient "administration" part of the code. Each vertex and wall in the tessellation is calculated only once (instead of several times in more primitive codes. In addition to using the 3-D Voronoi tessellations as a decription of the structure of the Universe, applications of the Voronoi tessellation (in 2-D and 3-D) are also planned in the statistical description of multidimensional point processes, which forms an important problem in the study of the large-scale structure of the Universe. The inhomogeneity of the distribution of galaxies has been described mainly by the two-point correlation function, neglecting the much more intriguing topological structures such as filaments, pancakes, and voids. Because Voronoi tessellations are a tiling of space uniquely defined by the point process, it is expected that from the geometrical properties of the tessellation discriminating topological information (such as the presence of voids) can be extracted, relating to the underlying point process.

The collaboration of Icke, van de Weijgaert, and van der Valk (Utrecht) was concluded when the latter produced his report on the Monte-Carlo study of properties of absorption lines caused by a Voronoi partition of space. Suppose that our Galaxy and a distant quasar are members of widely separated Voronoi walls. Then the quasar light is expected to give information about matter in the intervening walls, through its absorption spectrum. Van der Valk produced Monte-Carlo samples of the number of expected absorption systems, for various values of the (anti-)correlation parameters in van de Weijgaert's Voronoi simulation program (see Figure 3.5.14). Also, a study was made of the expected correlation between the absorption spectra of quasars that are close together in the sky (about one degree). The theoretical expectations are encouraging. Icke has obtained observing time on the Isaac Newton Telescope, to try and observe this correlation effect at high signal-to-noise.

HI at z = 3.3

Wieringa, de Bruyn (Dwingeloo), and Katgert continued reduction and analysis of two $6 \times 12''$ WSRT observations of fields in Draco at 92 cm. After much data-editing, and using an improved model of the continuum sources, 12 new line channel maps (0.15 MHz bandwidth) have been made which now reach the thermal noise limit and that enable constraints to be put on the amount of neutral hydrogen at $z=3.3$. Maps were made at resolutions ranging from $1'$ to $4'$; in the low-resolution maps, data from all short baselines

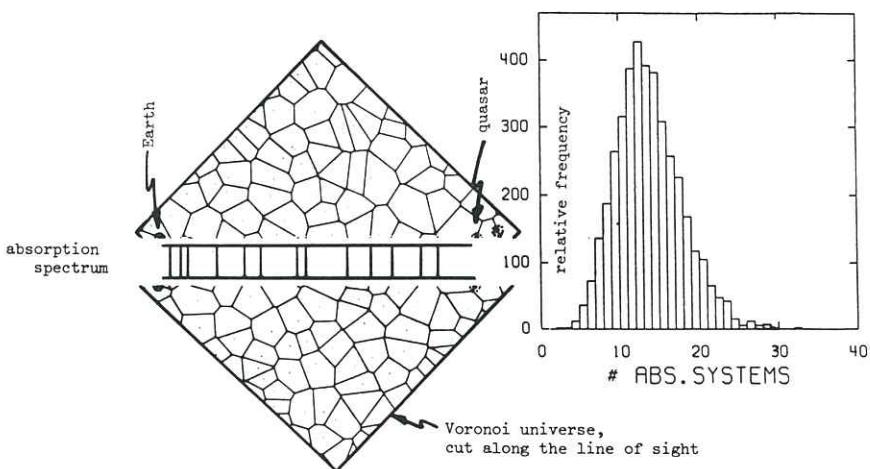


Figure 3.5.14.

Quasar absorption lines in a Voronoi universe. The figure shows part of a Voronoi foam, cut in half along the line of sight to a quasar. Each intersection with a Voronoi wall produces an absorption line. The histogram shows the expected frequency distribution of the mean number of absorption lines, averaged over many different quasars in different directions.

(up to 700 m), including the non-standard (or redundant) baselines, were used to reach maximum sensitivity. Analysis of the final maps was done in Groningen, in collaboration with R. Sancisi, using GIPSY. Maps were combined in groups to increase sensitivity for 600-1200 km/s structures. At none of the spatial and velocity resolutions investigated, were signals stronger than 4-5 times the noise-level detected. Upper limits range from 9 mJy at 50 and 150 km/s to 6 mJy at 250 and 1200 km/s.

Using these results, upper limits to spherical HI masses ranging from $5 \cdot 10^{13} M_{\odot}$ to $3 \cdot 10^{14} M_{\odot}$ were derived on scales from $1' \text{-} 4'$ and velocity resolutions from 150-1200 km/s (for $\Omega=1$, $H_0 = 50$). These masses are about an order of magnitude lower than present-day cluster masses, from which it appears that large-scale ionization or galaxy formation is required to make the protoclusters at $z=3.3$ invisible.

As a follow up on this project observations were started in December of a field containing the quasar OH 471 (at $z=3.4$). Because the main limitation in the previous observations was the limited velocity range (2000 km/s in total), the new observations are being made with two overlapping frequency bands, giving a total usable bandwidth of 4 MHz. This effectively doubles the survey depth to 8 Mpc; in addition these observations are 8x12h syntheses, making the fields almost free from grating rings due to strong sources outside the field.

Abell clusters

Rhee and Katgert have continued their observational study of Abell clusters and the large-scale structure of the universe. The largest structures known to date are superclusters. Typical length scales are several tens of Mpc ($H_0 = 50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$) and typical masses are of order 10^{15} or $10^{18} M_{\odot}$ (see e.g. Oort 1983). These superclusters provide evidence for correlation in the mass distribution over large distances. These correlations are most likely the result of early fluctuations. The general characteristics of the mass distribution on such large scales are not known.

Binggeli had earlier studied the shape and orientation of clusters of galaxies taken from Abell's catalogue. He found that out to distances of $15 \text{-} 20 h^{-1} \text{ Mpc}$ neighbouring clusters appear to point to each other; i.e. that cluster major axes are not distributed randomly with respect to the direction towards their nearest neighbours. Struble and Peebles did not find such a directional correlation and concluded that Binggeli's result was a statistical mishap. In 1985-86 Rhee and Katgert developed objective methods (using the ASTROSCAN automatic plate measuring machine) for finding galaxies on Palomar Sky Survey plates. They applied these methods to a sample of 37 clusters which had been studied earlier by Binggeli and Struble and Peebles. Using this sample they confirmed that first-ranked galaxies tend to be very well aligned with the cluster in which they lie. They found that

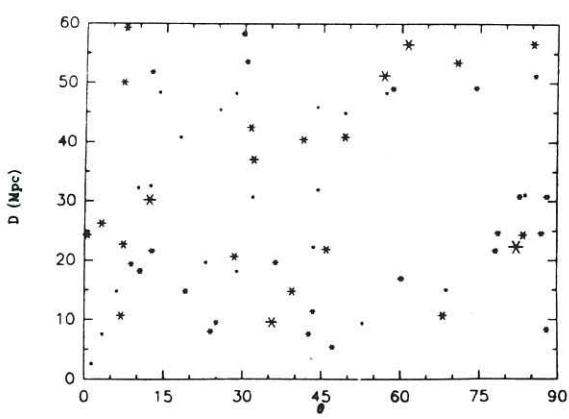


Figure 3.5.15.

Δ_0 vs. D for 95 clusters in the complete sample. The size of the symbols is proportional to the signal strength. Along the vertical axis the distance is plotted for $H_0 = 50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. Roughly twice as many points lie to the left of the $\theta = 45^\circ$ line than to the right, for distances less than 30 Mpc.

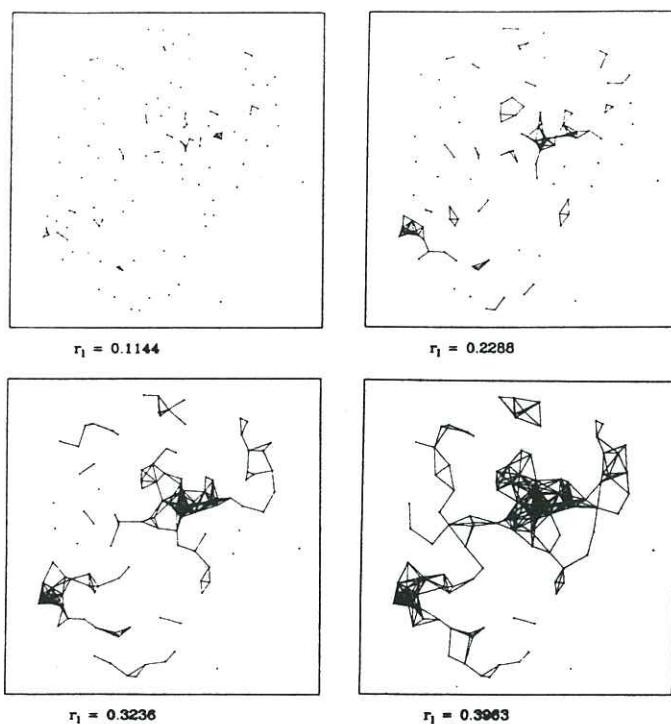


Figure 3.5.16.

Illustration of how groups form for different radii. First for a small value of r_1 only pairs and triples form. As r_1 is increased the number of points in a group increases. The different subgroups merge quite late on. The value of r_m for this cluster is 0.16, however percolation does not occur until a value of $r_1 = 0.35$ has been reached.

strongly elongated clusters in this sample are well aligned with their nearest neighbour.

Van Haarlem and Rhee finished the scanning and reduction, and a preliminary analysis of a sample of 108 clusters complete out to a redshift of 0.1. The completeness was ensured using radial velocities of 31 Abell cluster measured with the IDS plus IPCS on the Isaac Newton Telescope at La Palma. They now have redshifts for all clusters in this sample with a tenth-ranked galaxy magnitude less than 16.9. Twelve "empty" (randomly chosen) areas on the Palomar Sky Survey have been scanned to study the field contamination of the lists of galaxies in clusters.

Van Haarlem and Rhee studied the alignments of first-ranked galaxies with the clusters in which they lie, the Binggeli effect, and searched for substructure in cluster of galaxies. The preliminary results are that the Binggeli effect is present but at a weaker level than that found by Binggeli (see Figure 3.5.15); there is a 10% chance of a random distribution producing a similar effect. The first-ranked galaxy cluster alignment is strongly present in the sample. No evidence appears for large amounts of substructure.

The existence of substructure in galaxy clusters continues to be a controversial issue. Five tests were run on each of the clusters in the sample. These tests are i) the Lee statistic, ii) cluster analysis (see Figure 3.5.16), iii) a symmetry test, iv) an angular separations test, and v) a density contrast test. None of the tests reveals substructure to be strongly present (i.e. at the 30 or 40% level as has been suggested by Geller and Beers).

Van Kampen and Rhee searched for alignments of galaxies using the 20 brightest galaxies in each cluster sampled. Digitized images of each galaxy were used to calculate galaxy position angles and ellipticities. No evidence was found for alignments of the brightest galaxies in clusters with each other or with the cluster position angle calculated from the 100 brightest galaxies within 2 Mpc of the cluster centre. The prediction of the adiabatic theory of galaxy formation is that elliptical galaxies should be aligned perpendicular to the cluster major axis. It is thus crucial to separate the galaxy types in the sample.

Latour and Rhee measured cluster elongations using 39 clusters observed with the Image Proportional Counter on the Einstein satellite. Evidence was sought for cluster alignments based on the X-ray galaxy distribution. The motivation for this is that the X-ray gas in clusters could be a better tracer of the potential and hence the total mass in the cluster than the visible galaxy distribution.

3.6. NFRA related astronomical research at the Astronomical Institute at Nijmegen

Editor: W.W. Shane

Van der Burg completed and defended his dissertation entitled "Mass in and around galaxies as inferred from observations of neutral hydrogen". Most of the results on individual objects have been included in previous reports. He investigated the distribution of mass, much of which must be in the form of dark matter, in regions extending from the inner halo to well beyond the optical and radio limits. In the inner regions the distribution of mass between the disk and the halo is of critical importance. Van der Burg and Shane used the properties of the spiral pattern to estimate the disk mass and then the rotation curve to find the halo mass in the Sombrero galaxy (NGC 4594). In the region investigated the mass-to-light ratio (M/L_b) increases slightly from 5 at $r=10\text{ kpc}$ to 6 at $r=20\text{ kpc}$. The disk of the Sombrero resembles that of later type galaxies, but the halo is more massive and much more luminous. An attempt, with van Maarseveen, to apply the same method to two other galaxies which resemble the Sombrero optically, was frustrated by insufficient signal.

In order to study the distribution of mass to larger radii, galaxies were selected which are accompanied by several much less luminous companions. The distribution of their radial velocities (which for gas-rich companions can be determined from HI observations) with respect to that of the dominant galaxy provides an estimate of the mass within their orbits, in these cases about 6 Holmberg radii. Two such groups were studied, around NGC 2859 (with Hoevers and Shane) and NGC 4111. The M/L_b -ratios were 60 and 100 respectively, about the values which would be required for flat rotation curves. Both primary galaxies are lenticular and, although neither was detected in HI, captures by either of one its gas-rich companions would turn it into a typical gas-rich lenticular. In a third group, around NGC 5899, only one companion was detected in HI. In this case there was some evidence of tidal interaction.

Wauben is extending the work of van der Burg and Shane, by attempting to apply the method of disk-halo separation to other galaxies than the Sombrero. He has encountered difficulties in determining the required observational parameters, suggesting that the Sombrero may have been an exceptionally favourable case.

Shane continued working on the morphology of isolated galaxies and on galaxies which appear to have experienced recent accretion events. In one of these, NGC 2655, there appears to be evidence for a recent passage by a gas-rich companion.

Hulsbosch published the results of his search for HI in cosmic voids. He confirmed and extended previous results which

indicate that these regions can contain no cosmologically significant mass in the form of proto-galaxies. He concluded from his pilot survey that the 25 m Dwingeloo telescope is well suited for this type of investigation but that, in view of the presence of much low-level interference, a drift-scan observing mode is to be preferred over a pointing mode. Hulsbosch also completed preparing his very large nothern-sky survey of high-velocity HI clouds for publication. The last stages were done with the cooperation of the Kapteyn Laboratory in Groningen, where detailed investigations of some of the clouds and complexes are well underway.

3.7. Radio astronomical research at the Utrecht Observatory

Editor: J. van Nieuwkoop

1. Solar work

In 1986 radio spectrographic records, obtained at the radio observatory Dwingeloo with a 2×36 channel radiospectrograph, which operates in the frequency band 4-8 GHz with a time resolution of 1 ms in two polarizations, were compressed onto computer compatible tape and put on film. In 1987 M. Allaart and J. van Nieuwkoop made a beginning with a more detailed study of some short living structures, selected on films which presented the material with only 50 scans per second. As other projects had a higher priority this study did not yet leave the preliminary status.

2. Flare stars

R. Scheurwater and J.M.E. Kuijpers have completed a theoretical investigation on wave-generation by subalfvénic infall of matter in stellar magnetospheres. It turns out that the wave excitation occurs in a frequency interval $0 < \omega < 4 v/r$, where v is the infall velocity of the cloud and r its radius. The efficiency of wave generation, defined as the ratio of the total radiated wave energy and the available kinetic infall energy, is $0.1 (\rho/\rho_0)(v/v_a)^3$ for the Alfvén mode and $1.8 ((\rho/\rho_0)(v/v_a)^7$ for the Fast mode (ρ is the cloud density, ρ_0 is the ambient density, v_a is the ambient Alfvén velocity). Therefore, in view of the subalfvénic speed, Alfvén waves are generated much more efficiently than Fast waves. Whenever the flux of Alfvén waves is large enough the pressure exerted by the outward propagating waves can be so large that the Eddington limit is modified. This modification (the Alfvén-Eddington limit) is relevant not only for protostellar magnetospheres (T Tauri stars) but also for the magnetospheres of accretion disks.

3. Equivalent electric circuits in the description of magnetoplasmas.

R. Scheurwater, M. Kuperus and J. van Nieuwkoop have developed a formalism which can be used to describe wave phenomena in magnetoplasmas in terms of equivalent electric circuits. The importance of looking for such an approach is that macroscopic wave properties (such as average stored magnetic and electric energies, dissipative and radiative losses, resonances and anti-resonances, transient behavior, global instabilities, etc.) are

naturally contained in the equivalent circuit. As a particular example it can be shown that weakly damped Alfvén waves propagating through a plasmaslab of thickness l may be represented by a series LRC-circuit near resonance, whereas they can be described by a parallel LRC-circuit near anti-resonance. Outside these frequency regions the plasmaslab may be represented by the circuit of a terminated low-loss transmission line. Thus a transition from one type of circuit to the other is possible since all these equivalent circuits are graphical representations of one and the same input impedance function, characterizing the magnetoplasma. A conflict about this problem which lasted for over five years is hereby solved. It should be possible to generalize this formalism to other magnetohydrodynamic phenomena to have a framework which can be used for a proper description of their macroscopic behaviour.

4. Particle acceleration in and near shocks in magnetic field structures.

A. Achterberg completed an investigation into the acceleration of relativistic particles near shocks propagating through a disordered magnetic field. Both in supernova remnants and in the jets and lobes of extragalactic radiosources one expects the magnetic field to be highly turbulent. This means that there are many "fluxloops" at a wide range of scales, many of which are nested within each other. Relativistic particles will be trapped in such a loop if their gyro-radius in the magnetic field is larger than the scale l of the fluxloop. This limits the efficiency of the acceleration process, since particles can only interact with the shock during the time it takes the shock to cross a given loop. Earlier calculations of the shock-acceleration proces have often assumed that the magnetic field was ordered at very large scales, so that a particle could (in principle) interact arbitrarily long with a shock.

Using a Monte-Carlo technique A. Achterberg calculated the distribution of shock-accelerated particles assuming that these particles were trapped in a collection of fluxloops with a wide range of scales. The distribution chosen for the sizes of the loops was that of a self-similar set of nested loops, where a fraction β of the volume l^3 of a given loop is filled with loops of scale $1/2$, $1/4$ etc. at each l . This assumption is the equivalent of the Novikov-Stewart model for intermittent turbulence. The resultant volume-averaged mean distribution $F(p)$ for different values of the volume filling-factor β is shown in figure 1. It was assumed that all particles were injected into the acceleration process with a momentum p_0 . For a small value of β , most of the volume is taken up by loops with a large scale, and shock acceleration is efficient. When β increases, more and more of the volume is pervaded by small-scale fluxloops. Consequently

the efficiency of the acceleration decreases, and the cut-off in the distribution migrates to lower and lower momenta.

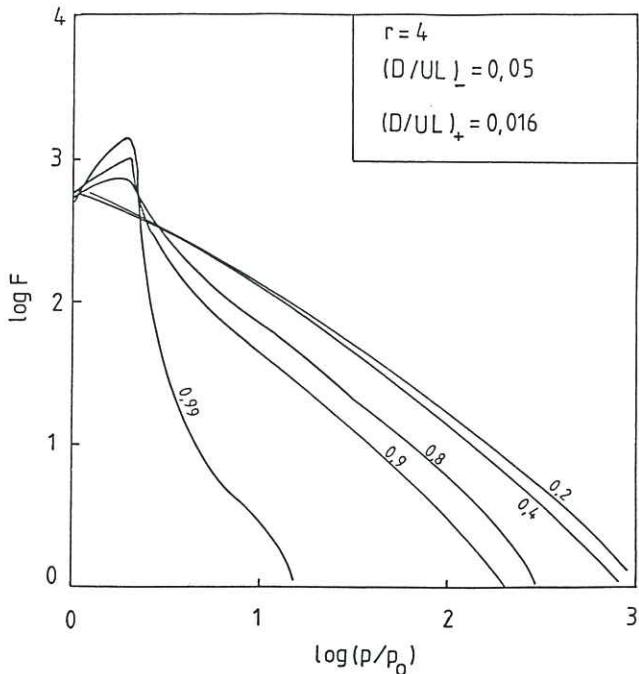


Figure 3.7.1. The momentum distribution $F(p)$ resulting from shock acceleration in a plasma containing turbulent magnetic loops in a wide range of scales. The loops form a self-similar set, with loops of scale $l = L/2^n$ occupying a fraction $\Delta V = (1-\beta)\beta^n$ of the total volume L^3 . The distribution is the average of the acceleration in each of the loops: $F(p) = \sum \Delta V F_n(p)$, where $F_n(p)$ is the distribution produced in a loop of scale l . The different curves are labeled by the filling factor β . For small β , most of the volume is occupied by larger loops, and the distribution $F(p)$ closely resembles a power-law in momentum. When β becomes larger, more and more of the volume is occupied by smaller loops, in which shock acceleration is not very efficient. This produces a cut-off in the distribution, which migrates to lower momenta when β increases.

5. Radio pulsars

A.D. Fokker completed his article on the luminosity decay of radio pulsars.

4. ENGLISH SUMMARY

4.1. Reports of the Board and the Program Committee

4.1.1 Report of the Board

The Netherlands Foundation for Radio Astronomy is often characterized as a dynamic organization. Reading through the Annual Reports supports this, showing the changing attitude of the NFRA in response to its basic role as a service organization for Dutch university astronomy.

From a solely radio astronomically oriented organization the NFRA has developed into an institute that plays an important part in the European VLBI Network (EVN), and that has become the focal point for all Dutch activities related to the British/Dutch collaboration on the optical observatory at La Palma and the sub-millimetre telescope on Hawaii. This has been done within a more or less constant budget, and with the same people.

Before discussing a few of this year's special events, a general comment on the role of the astronomers within the Foundation. Modern astronomical instruments produce a wealth of data. Analysing these data to obtain both the best possible answer to an astronomical question, and optimum information from it requires interactive processing with capable software and hardware. The limited possibilities at the universities have created a new task for the NFRA astronomers. In addition to their own research, and their liaison function with the Dutch universities, they are helping to develop the astronomical-technical knowledge necessary for good data reduction, and they further assist, more and more through the use of Foundation computer hardware, their university colleagues.

On January 1, 1988 Prof. H. van der Laan became Director-General of the European Southern Observatory (ESO), having left the NFRA Board on October 1, 1987. He was succeeded by Prof. P.C. van der Kruit. Van der Laan joined the Board on September 1, 1969, and became its Chairman in August 1975. It was truly through his enthusiasm that the British/Dutch collaboration came about. The Board thanks him for all he has done for the NFRA, and wishes him success in his new position.

Prof. H.C. van de Hulst and Ir. F.R. Neubauer were reappointed as Board members for the periode 1987-1990. New members appointed were Prof. P.C. van der Kruit and Prof. R. Sancisi.

Prof. Brouw was appointed EVN director, replacing Prof. H. van der Laan.

Dr. F.P. Israel was appointed Chairman of the Programme Committee, succeeding van der Kruit. In the P.C. Dr. A. Pedlar replaced Dr. P.A. Shaver as foreign member on October 1, 1987.

Prof. Brouw became Chairman of the NFRA management on October 1, 1987, replacing Dr. E. Raimond who became Head of the Computer group. On the same date Dr. C. Slottje became Head of the Central Technical Services, replacing Ir. J.F. van der Brugge, who retired.

In 1987 Canada joined the British/Dutch collaboration on Hawaii as a 25% partner. The James Clerk Maxwell Telescope on Hawaii was officially opened on April 27, 1987. The Dutch members of the JCMT Board are Prof. W.N. Brouw and Prof. W.B. Burton. Prof. W.N. Brouw and Prof. P.C. van der Kruit were appointed to the Joint Steering Committee for the British/Dutch collaboration on La Palma.

The manpower needs of the British/Dutch/Canadian cooperative ventures are difficult to fill, which is partly due to the inflexibility of the personnel structure at the universities. The NFRA has reached its limit in what it can do to help the universities, and discussions with the ASTRON Foundation on how to solve this problem have begun.

From 7-9 October 1987 the Foreign Advisors, lead by Prof. Sir Francis Graham Smith visited Dwingeloo and Westerbork to evaluate the organization. In their report they positively support the work of the Foundation. They conclude that the WSRT is still a world class instrument, and stress the importance of adequate investment in it. They further expressed their concern about developments in the university departments, whose stringent financial boundaries will be ultimately detrimental to astronomical research.

Just before the end of the year the impending change of Z.W.O. into NWO on February 1, 1988 was announced. The Board hopes that the fruitful cooperation with Z.W.O. will continue in the NWO period.

J. van Nieuwkoop.

4.1.2. Report from the Program Committee

J.M. van der Hulst, secretary

The Dwingeloo-Westerbork Program Committee (PC) has the task of critically evaluating proposals for observing time, of allocating observing time on the basis of these evaluations and to monitor the scientific output of the NFRA telescopes.

Appendix A.3 of this report gives the members of the PC as of January 1, 1988. F.P. Israel has succeeded P.C. van der Kruit as chairman after van der Kruit became chairman of the NFRA board. The new foreign PC member is A. Pedlar from Jodrell Bank who replaces P.A. Shaver from ESO. Two new members from Leiden are P. Katgert and G.K. Miley.

The PC had two regular meetings in 1987, one in June to discuss 6 and 49 cm proposals and one in November to discuss 92 cm proposals. The total amount of observing time requested at 92 cm was quite large and a clear trend towards large projects becomes apparent. The reasons depend on wavelength: at 21 cm the motivation for requesting a large amount of observing time often is to increase the sensitivity while at 92 cm 6 or 12x12 hour observations are requested to minimize confusion by using a 6 or 9 m spacing increment. The result is that the last few years the WSRT has had longer (> 3 months) observing periods at 21 and 92 cm and only short observing periods (< 2 months) at 6 and 49 cm.

In 1987 the telescope group has paid increased attention to the pointing of the dishes. This was motivated by the need for increased dynamic range in complex fields which will be limited by pointing instabilities. Some of the pointing errors found are not yet understood, but accurate pointing measurements have already led to an improved performance.

4.2. Reports of the divisions

4.2.1. Telescope Group Westerbork

Compared to the year before the overall schedule has been less hectic, resulting in a higher efficiency of the system. The actual situation is best represented in the graphs and the tables on telescope usage.

On March, 2 an ice-rain, started early that morning, made the dishes so heavy (= 6000 kg of ice was added to each dish), that we had to decide to stop observing at about 11 o'clock. It took a week to get the dishes back into operation, luckily without any mechanical damage.

Unexpectedly high temperatures in the receiver cabin, forced additional maintenance on the airconditioning system.

The experiments to diminish backlash in the mechanical drives of the telescopes required pointing tests. These tests, indicating that the pointing of several telescopes was not optimal, made us adapt the pointing procedures.

The IF band synthesizers of the DCB have been replaced by a series with a much better phase stability, improving the VLBI tied-array performance.

4.2.2. Telescope Group Dwingeloo

Table 2.2.1. shows the observing programs run on the 25 m telescope. Telescope availability was less than usual due to an increasing number of technical troubles which necessitated a thorough overhaul (see Fig. 2.2.1.).

The planned installation of the 1000-channel digital correlator spectrograph could not take place during 1987 but had to be postponed several months. Also the overhaul was more time consuming, partly due to replacement parts which needed more thorough testing, partly due to unsufficient documentation.

4.2.3. Computer Group

4.2.3.1. Summary

The purchase of an Alliant FX/8, thereby increasing the computing power of NFRA by more than a factor 15, was one of the highlights of 1987. Another is the development of a pulsar mapping system vor the WSRT. The software for archiving and de-archiving La Palma data was completed.

The productivity of the computergroup still suffers severely from the absence or managerial engagement of a relatively large fraction of its members: three seconded to La Palma, Hawaii and RGO/Tenerife and one chairman of the NFRA management. In the fall

Raimond took over from Brow as head of the group and Foley replaced Slottje as leader of the data reduction group. By the end of the year one member of the group retired.

The distribution of the available manpower over the computer group's various activities is presented in Table 2.3.1.

4.2.3.2. Westerbork software development

Support of the WSRT observations was an important part of the activities. A search for subtle difficulties with the 2-bit mode of the 40000 channel spectral line correlator required special software. A more efficient way to do pointing tests was developed and used extensively during the summermonths. Software to analyse the results was modified and partly rewritten.

Real-time as well as off-line software was developed to map pulsars with known periods between 0.058 and 1.25 seconds at different phases of their period and to have a quick look at the results.

As part of the ongoing maintenance activity many programs were rewritten, standardizing and optimizing them and in many cases coding them in Fortran 77 rather than assembler. The dependency on the currently used HP-computer is diminished thereby.

4.2.3.3. Dwingeloo computer hardware and software

As a first step to relieve the pressure on the overloaded VAX 780 and VAX 750 (cf. figures 2.3.1 and 2.3.2) an Alliant FX/8 mini-supercomputer with three parallel processors, 16 Mb memory, 1 Gb diskspace and one dual density tapeunit was purchased. In doing so we changed operating systems from VMS to UNIX. This had implications for the DWARF infrastructure running on the VAXes. Replacement of the 780 and the 750 by one or more more modern VAX systems is planned for 1988.

Making an operating-system independant version of DWARF was a major activity during the second half of 1987. This work gets complicated by the fact that it induced a major revision of the system.

AIPS is now running on the Alliant as well as on the VAX and is being used intensively. The ESO MIDAS software is available on the VAX and gets used occasionally.

The WSRT redundancy and selfcalibration package was improved and extended with further options to analyse the behaviour of individual telescopes and receivers. The software for the standard WSRT data reduction was merely maintained, although some preparations for a major revision were carried out in the process.

On-line and off-line software for the Dwingeloo 25-metre telescope was modified to cope with a new drive system for the telescope and with a new 1024-channel autocorrelator to be installed in 1988.

4.2.3.4. WSRT standard data-processing

Archiving and calibrating the observations gets done routinely within four weeks of observation. A tape-copy of the processed data is provided whenever it is requested at a later date. This year 269 such requests were processed.

4.2.3.5. British-Dutch projects

Software for archiving the data from the La Palma Observatory was complemented with an option to read the observatory FITS tapes directly, rather than after conversion to packettapes. The software to query the Observations Catalogue and the Archive Index and to retrieve data from the archive was completed and delivered to the RGO. As a third stage of the contract some additional options and interfaces with dataprocessing systems have been proposed. The entire contract is due to be completed in 1988. By the end of 1987 some 10000 observations had been archived.

The Groundbased High Resolution Imaging Laboratory (GHRIL) became an officially recognized project for the 4.2-metre Herschel telescope. A formal collaboration contract between the RGO, the NFRA and the Instituto de Astrofysica de Canarias (IAC) gave it a solid backing. The IAC provided some astronomers and engineers. It also hosts the headquarters. The first phase of the facility is expected to be ready to be used routinely in the fall of 1988.

4.2.3.6. Secondment to the La Palma en Hawaii operations

Support of the observations and maintenance of the on-line software is the main task of the NFRA software person at the La Palma Observatory. The William Herschel Telescope becoming operational and getting a VAX8300 as a general data processing facility had their impact on the software work of the observatory. With three years experience our man is now one of the old hands of the observatory. He gets scheduled to be "duty officer" very regularly.

The software developer seconded to the JCMT operations got involved in an attempt to convert the ADAM infrastructure from a toolbox into at least a rudimentary software system. In collaboration with colleagues from Cambridge and RAL he developed a protocol for the communication between the D-tasks, the programs controlling the various instruments. This entails defining a generalized model of the hardware, a number of instrument-independant observing primitives, the contents of the messages exchanged by the different D-tasks and a general way to reduce the data in a preliminary way. By the end of the year the essential part of this "Control Data Interface" was nearing completion as a set of common subroutines for all D-tasks. It is to be expected that maintenance of the system will become a lighter task after full implementation of this standardization effort.

4.2.3.6. Miscellaneous activities

Some progress is being made with plans to do optical interferometry from space. Both NASA and ESA showed interest recently. A Dutch/British proposal (OASIS) to utilize selfcalibration techniques similar to those used in radio aperture synthesis helped to promote the concepts.

Remote use of overseas telescopes is discussed a few times a year in a steering committee. Through lack of funds and manpower, but more through reluctance on the part of the "classical" observers, progress is extremely slow.

Members of the computergroup take part in international workshops organized by the ST-ECF on astronomical data processing and in a working group that is trying to define a generalized way to access large astronomical databases remotely.

4.2.4. Laboratory and Central Technical Services

General

The pie diagram shown in paragraph 2.4.7. yields the global distribution in 1987, in percent, of the manpower of the Laboratory and Central Technical Services. One notices that 38.2% of the manpower has been invested in projects related to the UK/NL cooperation on La Palma and Hawaii. In practice this percentage is even higher since the technical infrastructure (18.2%) and the overheads (22.6% including holidays and illnesses) also include UK/NL support. The remaining manpower was used for projects related to the WSRT (10.8%) and smaller tasks (10.2%).

Holidays and illnesses have used up to 12.5% and 5%, respectively. The total manpower for the two departments together was on the average 50 employees of various qualifications.

WSRT projects

Most of the WSRT projects concerned improvements to the frontend receivers. At 327 MHz, for instance, an investigation was carried out to double the bandwidth from 2.5 MHz to 5 MHz. One modified frontend was tested on the telescope and, in spite of an abnormally high interference level, it behaved satisfactorily. In parallel, lower noise preamplifiers for 327 MHz have been manufactured following an NRAO design. The amplifiers have a noise temperature of about 25 K. They were tested on the telescope and showed good stability.

At 21 cm and 6 cm wavelength low noise amplifiers are being designed. They will replace old equipment and in particular the ten years old uncooled parametric amplifiers.

In the second half of 1987 a project was started which will lead to a new generation frontend receivers for the WSRT. These new receivers will, according to plans, all be cryogenically cooled and operate at all frequencies currently available with the WSRT. For VLBI purposes one considers to add a 3.6 cm capability.

Research is currently also done into wideband feed studies for the 327 MHz and the 21 cm bands.

The current WSRT backend receivers have behaved satisfactorily during 1987 except for a few occasions when small problems occurred which required the assistance of the laboratory. All A/D converters of the DXB, for instance, had to be readjusted.

VLBI projects

At the beginning of 1987 the hardware for the phase and amplitude calibration of the Mark III terminal (1 MHz rail injection) got ready and was installed. The new calibration is operational since March. The control software for the Mark III interface is still being worked on.

The phase stability of the DCB synthesizers, which are used to convert the IF bands to video in the Mark III mode, was known to be marginal and to be a limit to the accuracy of the observations. Hence a new set of synthesizers has been designed, built and installed. The system stability was as a result greatly improved and is now adequate.

The high density upgrade for the Mark III system necessitates the construction of a series of modules. The required tasks have been divided between the European VLBI Network (EVN) institutes. Following the agreement, NFRA produced in the summer of 1987 the analogue boards for the whole community.

In April '87 the agreement between IKI (Space Research Institute of the USSR Academy of Science) and EVN concerning the 6 cm receiver for the soviet satellite "Radioastron", was formally signed. NFRA has agreed to build the IF module, while MPIfR takes care of the 6 cm hardware. At the end of 1987 the IF module had been defined in detail. Most of the hardware is now in house. Work on the total power detector submodule was at the end of the year nearly completed.

JCMT 345 GHz frontend receiver (receiver B)

This receiver was installed on the JCMT in the course of November 1986 and used subsequently for test purposes. Probably as a result of mains problems on the mountain, the signal mixer warmed up a number of times and deteriorated. Early in 1987 the construction of a spare mixer had been started. In spite of this precaution the commissioning of the 345 GHz receiver had to wait until the Fall of 1987, essentially as a result of the failure of mixers. The origin of the problem was finally attributed to static discharges during manipulation of the mixer. A protection circuit has now been implemented. Woestenberg spent two periods of about one month each on the island: in June, in order to solve a number of problems and in November to commission the receiver. The commissioning ended successfully at the beginning of December when the PATT observing period started.

The commissioning period has also shown a discrepancy between noise temperatures measured in the laboratory and on the telescope. More R&D work is necessary to identify the causes for the discrepancy as well as the differences in performances between the first mixer and the spare mixer. To answer these questions it was decided to build a third signal mixer and to analyse it in great detail.

In parallel with the construction of the spare mixer a number of other critical items have been manufactured and delivered to Hawaii.

The contract for the procurement of the hardware and software for the automation of the High Voltage Supply (HVS) for the carcinotron of receiver B has been signed at the beginning of 1987. The problems with the 345 GHz signal mixer have slowed down this project somewhat.

The 470 GHz prototype signal mixer which was built under an R&D contract was tested for the first time in the Fall of 1987. The mixer (uncooled) showed a minimum noise temperature (DSB) of 1100 K at 450 GHz. Further optimisation is necessary to shift the response to higher frequencies.

JCMT Digital Autocorrelation Spectrometer (DAS)

The contract for the procurement of a 2000 channel, 2 GHz digital spectrometer was received and signed at the beginning of 1987.

The DAS consists of the following subsystems: the IF system for the conversion from IF to video, the A/D converters and the correlator proper.

The IF system is matched to the standard JCMT IF system built by NFRA in 1986. It consists of a bank of filters to split the input signals from 1 to 2 GHz to 2x8 bands of 125 MHz width each. These bands are then converted to video using VCO's. At the end of 1987 the design phase ended and the components were ordered.

The 16 video signals are converted to digital signals in two-bit converters which operate at a clock frequency of 320 MHz (in practice, parallel converters with shifted 160 MHz clocks). A prototype A/D converter was ready at the end of 1987.

The 16 digital signals feed, via a crossbar, the correlator system, which consists of 16 correlator cards plus an integrator section. The design of the correlator card which houses 64 NFRA correlator chips took much longer than anticipated. The first board was delivered in the summer of 1987.

In the course of December A. Bos, the project manager, visited the JCMT to discuss the correlator plans with the local staff and to identify potential problems.

For the testing of the correlator and the software (control and D-tasks) a Microvax which will be stationed in Dwingeloo until delivery in 1989 will be made available to the project team.

JCMT multibeam project

Phase one of this project involves the design of an SIS mixer using lead junctions manufactured at Kent University. The project has suffered serious delays due to problems with, in the first place, cryostats and later with the quality of the junctions. A complete cryostat with mixer and FET preamplifier is presently ready for testing (see figure 2.4.1.) and awaits the delivery of good junctions.

For the design of the SIS mixer a scaled model (at 7 GHz) has been used. Measurements on the model have yielded the embedding and the signal impedances. A lumped element model of the junctions plus IF structure has been constructed using the Touchstone CAD software.

Developments have taken place to reduce the heat dissipation of the second stage GaAs FET amplifier without deteriorating the noise performance. Good results have been achieved at 1.5 GHz. At the end of 1987 it was decided to turn to HEMT's in an attempt to optimize the system further.

A 3-beam detector has in the meantime been manufactured which can be seen in figure 2.4.2. The design is based on a 350 GHz cross-guide coupler for which a prototype had been built and tested separately. The coupler yields a coupling of 15 to 20 dB between 310 and 375 GHz. The directivity measures more than 20 dB over the same band.

Figure 2.4.3. shows the detailed construction of the 3 beam imaging detector. The LO channel uses a tapered rectangular waveguide. The coupling irises (not shown) consist of small crosses (320x45 μm lines) etched on a 7.8 micron thick copper foil.

In answer to the 1987 Announcement of Opportunity for the JCMT receivers a proposal was submitted to ROE for the design and construction of a 4x8 beam detector for the 470 GHz band. The proposal which has been accepted will cover the 350 GHz band instead of the proposed 470 GHz band.

CCD controller project

At the end of 1986 the system architecture for the integrated CCD controllers for the WHT was definitively frozen and the production phase started. Most of 1987 was used for the design and manufacture of the PCB's for the controllers. Ten multilayer boards (some with 10 layers) have been designed on the MICAD system in Dwingeloo. As the Micad System had to be shared with developments for other programs serious delays resulted.

The prototype model (still incomplete as the driver board was not ready) could only be demonstrated for the first time at the end of November.

The tests showed that the system was functionally sound. The multiplexing of signals on the analog bus with the 16 bit A/D converters was demonstrated. Using the correlated Double Sampler board, a readout noise of 1.1 unit was achieved. The measurements

with a cryogenically cooled CCD showed too high a noise level, which resulted from interference pickup in the preamplifier. Back in Dwingeloo this problem was solved by improving the grounding of the preamplifier yielding a readout noise between 5 and 7 electrons. The preamplifier proved however more critical than expected.

A number of alternatives has been investigated for the design of a low power driver. A 10 layer clock driver board was delivered at the beginning of December. This driver has a rise time variable between 0.2 to 5 μ s with a 100 μ F capacitive load (e.g. for the large Tektronix chip). The tests showed unwanted parasitic oscillations on the clock waveform requiring a number of modifications to the board.

SCASIS project

The SCASIS project (Seeing Cell Aperture Synthesis Imaging Spectrometer) did not progress much in 1987 as a result of the pressure caused by the GHRIL (Groundbased High Resolution Imaging Laboratory for the WHT) project which accelerated as a result of the IAC (Instituto de Astrofisica de Canarias) participation.

The project, however, received reinforcement from M. de Vos who started some experimental work in Dwingeloo. White light fringes have been recorded using an image intensifier and SATSI (Segmented Aperture Tilted Shearing Interferometer).

GHRIL project

In January an agreement was signed between the IAC, RGO and NFRA for the development of GHRIL. The detector development which had been part of the SCASIS proposal to the La Palma User's committee is now part of the GHRIL package.

In the course of 1987 a number of IAC staff came to Dwingeloo for a number of weeks to get acquainted with the ideas developed in the laboratory. They participated in the development of a formatter unit for a video cassette recorder and a photon counting intensified CCD camera. A data interface was also developed for the PC-based data acquisition system.

The evaluation of the MXII camera of High Technology Holland took place in the second half of 1987. The evaluation was done using a standard software package for the frame grabber, running on a IBM PC/AT.

In November, resolution and efficiency measurements have been conducted at the RGO. Measurement of the Modulation Transfer Function (MTF) yielded values of 50% for about 75 line pairs per field of 512 lines. The recorded photon events have in first approximation a Gaussian profile with a standard deviation of 11 μ m matching the effective CCD pixel size ($12 \times 15 \mu\text{m}^2$).

Using a low gain setting of the Micro Channel Plate intensifier (first stage) an effective quantum efficiency of 8.5 to 4.5% for the S25 cathode in the range 500 nm to 750 nm was measured. In this mode tens of photons per pixel can be integrated

by the CCD in a field-time of 20 ms without saturating the MCP. In high gain setting, one can operate in the photon counting mode with a resolution, after event centring, of 500 x 1000 pixels.

Dwingeloo telescope system

The long overdue revision of the elevation drive system of the telescope started in the summer. The revision involved the replacement of the old drive motors, the brake and the encoder systems. Of these tasks, only the last one could not be concluded in 1987. Most of the encoder system hardware is however ready for installation.

End 1986 the decision was taken to replace the 15 years old 256 channel digital spectrometer by a new 1024 channel system based on the chip developed by NFRA for a number of purposes. This new correlator system will serve the astronomers using the Dwingeloo telescope while, at the same time, it gives the laboratory the opportunity to test extensively the principles used for the planned JCMT spectrometer discussed elsewhere in this report.

Some delays, particularly with the correlator board development, have occurred. Most of the control and test software was ready at the end of the year.

4.2.5. Astronomy Group

General

The composition of the six-person group changed considerably in 1987 with the departure of one member, Tony Foley, in April to join the Computer group and the arrival of two new postdocs, Chris O'Dea and Stefi Baum, in September and October.

A substantial number of papers were prepared for publication by the astronomers in Dwingeloo in 1987; 17 appeared in print and 40 (including 19 conference papers) were submitted for publication. Eleven colloquia were given by NFRA astronomers at other institutes during the year, and an additional 23, more informal, talks (lunch talks, astro-teas, etc.) were given at Dutch institutes.

Astronomers in the group continued their contacts with their university colleagues by means of regular visits, colloquia, and supervision of students.

De Bruyn is a member of the EVN Programme Committee; Strom is a member of PATT for UKIRT proposals.

The number of visitors to Dwingeloo increased again in 1987. We were pleased to welcome P.N. Appleton, B.F. Burke, L.I. Gurvits, D.L. Jauncey, U. Klein, N. Odegaard, S. Pogrebenko, R.A. Preston, C. Schalinski, G. Swarup, J. Usowicz, and K.J. Wellington to the institute for periods of a few days to a month. We bid farewell to Nan Rendong in May after 18 months in Dwingeloo; he returned to Beijing.

Service Tasks

a) Preprints and reprints

De Bruyn remains responsible for the administration and circulation of preprints and reprints. In 1987, 15 preprints were distributed.

b) VLBI activities

Foley continues to coordinate the VLBI observing sessions at Westerbork and calls on members of the Astronomy Group to assist with the "grave yard" shifts on occasion.

Schilizzi invested considerable time in the long-term planning of European VLBI activities. Not much progress can be reported concerning the proposal to the EEC for a European VLBI Data Processing Facility, partly due to uncertainties in the budget process in Brussels. The QUASAT space VLBI proposal entered phase A in Europe in May; Schilizzi is a member of the Science Team in Europe.

c) WSRT data reduction

De Bruyn aided in the investigation of the pointing behaviour of the WSRT. He proposed a new procedure for flux density monitoring programmes. De Bruyn, Strom and van der Hulst were often called on for advice on DWARF by visiting astronomers.

d) Summer Student Programma

For the third successive summer, Foundation astronomers supervised a number of young astronomers in research projects. This year, the students hailed from the USA, Spain and The Netherlands.

e) Other activities

De Bruyn organised a Workshop on HI in the Early Universe in Dwingeloo. Skillman and van der Hulst maintained the AIPS package in working order in Dwingeloo.

4.2.6. Administration

The main tasks of the Administration department are: rendering secretarial services to the Board, the management-team and the other departments of the Foundation; personnel management; financial management; all work involved in sending staff abroad in the UK/Canadian/NL co-operation; the supervision of the Dwingeloo Observatory. The Administration has been involved in part of the organization of the meeting with the foreign advisers of the Foundation in October 1987; the review of the function and the work evaluation of each personnel member; in accomodating visiting astronomers, technicians, students, summerstudents at the Observatory in Dwingeloo - we booked 1280 overnight stays during 1987 -.

The budget (see Appendix C) is divided into an operating budget and an investment budget. The finances for 1987 were at a less restricting level, enabling us to do our work easier than in previous years.

One of the traditional duties of the Foundation is furnishing information about astronomy and its techniques to the public, particularly numerous interested tourists and schoolgroups visiting the observatories in Dwingeloo and Westerbork.

Appendix A. ORGANISATIE (per 31 december 1987)

A.1. Bestuur van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg

	Einde termijn
* Prof. Dr. P.C. van der Kruit, voorzitter	31-12-1990
* Prof. Dr. H. van Woerden, vice voorzitter/secretaris	31-12-1991
* Prof. Dr. W.B. Burton	31-12-1989
Prof. Dr. A. Dymanus	31-12-1988
Prof. Dr. H.C. van de Hulst,	31-12-1990
* Ir. C. Kramer	31-12-1990
Ir. F.R. Neubauer	31-12-1990
* Dr. Ir. J. van Nieuwkoop	31-12-1991
Drs. B. de Raad	31-12-1991
Prof. Dr. R. Sancisi	31-12-1990
Prof. Dr. C. Zwaan	31-12-1991

* Deze bestuursleden vormen het Dagelijks Bestuur.

Uitvoerend secretaris:

Prof. Dr. W.N. Brouw
Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg
Postbus 2
7990 AA DWINGELOO
tel. 05219-7244
telex: 42043 srzm nl
telefax: 05219-7332

De directeur van de Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek (NWO) wordt uitgenodigd de bestuursvergaderingen bij te wonen.

A.2. Direktie

Dr. W.N. Brouw, voorzitter
A.H. Schöller, secretaris, Hoofd Bureau
Ir. J.L. Casse, Hoofd Laboratorium
Ir. H.C. Kahlmann, Hoofd Telescoopgroep
Dr. E. Raimond, Hoofd Computergroep
Dr. R.T. Schilizzi, Hoofd Astronomengroep
Dr. Ir. C. Slottje, Hoofd Centrale Technische Dienst

A.3. Commissies

Programma Commissie

Dr. F.P. Israël, voorzitter
* Dr. J.M. van der Hulst, secretaris
* Prof. Dr. W.N. Brouw
* Dr. C.P. O'Dea
* Dr. A.R. Foley
Dr. P. Katgert
* Ir. H.C. Kahlmann
Dr. G.K. Miley
Dr. A. Pedlar
Prof. Dr. R. Sancisi
Dr. U.J. Schwarz

* leden qualitate qua

Buitenlandse Adviseurs

Dr. J.M. Beckers	Nat.Opt.Astr.Obs.	USA
Dr. D. Downes	IRAM	Frankrijk
Dr. R.D. Ekers	NRAO	USA
Prof. V.R. Radhakrishnan	Raman Institute	India
Prof. Sir Francis Graham Smith	Jodrell Bank	Engeland

Quality Monitoring Committee

Dr. R.G. Strom, voorzitter
Dr. A.G. de Bruyn
Dr. A.R. Foley
Dr. J.M. van der Hulst
Dr. E. Raimond
Dr. U.J. Schwarz
Drs. H.W. van Someren Greve

De voorzitter van het Bestuur van de Stichting wordt voor de vergaderingen van de Commissies uitgenodigd.

A.4. Ondernemingsraad

Y.W. Kroodsma, voorzitter
G.N.J. van Diepen, secretaris
J.S. Dekker
P.H. Riemers
S. Sijtsma
H.J. Stiepel
Ir. E.E.M. Woestenburg

A.5. Magazijncommissie

J.F.N. Roosjen - voorzitter
P.H. Riemers - secretaris
P.C. Jager
R. Kiers
N. Schonewille
H.J. Stiepel
P.A. Wesdorp

A.6. Meetinstrumentencommissie

Dr. Ir. C. Slottje - voorzitter
H.J. Borkhuis - secretaris
Ir. A. van Ardenne
A.C. Hin
Ing. R.P. Millenaar
J.F.N. Roosjen
B.A.P. Schipper

A.7. Stuurgroep UK/NL Samenwerking

Prof. Dr. P.C. van der Kruit, voorzitter
Dr. J.K. Katgert-Merkelijn, secretaris
Drs. J.A. de Boer
Prof. Dr. W.N. Brouw
Prof. Dr. W.B. Burton
Prof. Dr. H.R. Butcher
Ir. J.L. Casse
Dr. J.A. van Paradijs
Prof. Dr. C. Zwaan

A.8. Algemene kontakten voor popularisering

Dr. Ir. C. Slottje
D. Hoogenraad

A.9. (Inter)nationale commissies

ESA Quasat Science Team	Ir. A. van Ardenne
EVN VLBI Technical Working Group	Ir. A. van Ardenne
Microgolf Problematiek Groep	Ir. A. van Ardenne
Technical Advisory Panel JCMT	Ir. A. van Ardenne
European VLBI Network Consortium board of directors	Dr. W.N. Brouw
ESO - council	Dr. W.N. Brouw
ESO Contact Commissie (voorzitter)	Dr. W.N. Brouw
Foreign Advisory Committee - Australia Telescope	Dr. W.N. Brouw
IAU Commissie 8	Dr. W.N. Brouw
IAU Commissie 40	Dr. W.N. Brouw
James Clerk Maxwell Telescope Board	Dr. W.N. Brouw
Jan Hendrik Oort fonds	Dr. W.N. Brouw
Joint Steering Committee Isaac Newton Group of telescopes	Dr. W.N. Brouw
Leids Sterrewacht Fonds	Dr. W.N. Brouw
Leids Kerkhoven Bosscha Fonds	Dr. W.N. Brouw
Nederlands Comité Astronomie	Dr. W.N. Brouw
Rijkscommissie voor Geodesie	Dr. W.N. Brouw
Steering Committee FAST Hipparcos reduction consortium	Dr. W.N. Brouw
European VLBI Program Committee (member)	Dr. A.G. de Bruyn
IAU Commissie 40	Dr. A.G. de Bruyn
Commissie Landelijke Werkgemeenschap Sterrenstelsels	Dr. A.G. de Bruyn
Projekt coordinator UK/NL samenwerking	Ir. J.L. Casse
Stuurgroep UK/NL	Ir. J.L. Casse
WSRT Programma Commissie	Dr. A.R. Foley
Secretaris EVN Technical Working Group	Dr. A.R. Foley
Redactiecommissie DECUS Holland Bulletin	Drs. J.P. Hamaker
Nederlandse Astronomen Club	A.C. Hin
IAU Commissie 40	J.M. van der Hulst
IAU Commissie 28	J.M. van der Hulst
Commissie Landelijke Werkgemeenschap Sterrenstelsels (secretaris)	J.M. van der Hulst
WSRT Programma Commissie (secretaris)	J.M. van der Hulst
Inter Union Commission for the Allocation of Frequencies (IUCAF)	Ir. H.C. Kahlmann (correspondent)
Nationale CCIR-Schaduw Commissie II	Ir. H.C. Kahlmann (waarnemer)
Nationaal URSI comite	Ir. H.C. Kahlmann

WSRT Programma Commissie	Ir. H.C. Kahlmann
ESA Space Interferometry Study Team	Ir. J.E. Noordam
ADAM Steering Committee	Dr. E. Raimond
Commissie Landelijke Werkgemeenschap Sterrenstelsels	Dr. E. Raimond
Working group on the coordination of Astronomical software	Dr. E. Raimond
IAU Commissie 8	Dr. E. Raimond
IAU Commissie 33	Dr. E. Raimond
IAU Commissie 40	Dr. E. Raimond
Steering Committee on the Remote Use of Overseas Telescopes	Dr. E. Raimond
Stuurgroep wetenschappelijke samenwerking India-Nederland	Dr. E. Raimond
ST-ECF working group on astronomical databases	Dr. E. Raimond
Isaac Newton Group Programme and Coordination Committee	Dr. E. Raimond
European FITS Committee	Dr. E. Raimond
COSPAR Commission E on Research in Astro- physics form Space (Executive member)	Dr. R.T. Schilizzi
European Consortium for VLBI (Project manager)	Dr. R.T. Schilizzi
Radio Astronomy Panel, Inter Agency Coordination Group (IACG)	Dr. R.T. Schilizzi
ESA QUASAT Science Team	Dr. R.T. Schilizzi
Inter Union Commission for the Allocation of Frequencies (IUCAF) (IAU representative)	Dr. R.T. Schilizzi
International Association of Geodesy: - Subcommission on International Radio Interferometric Surveying (IRIS)	Dr. R.T. Schilizzi
- Special Study Group 2.109 on Applications of Space VLBI in the Field of Astronomy and Geodynamics	Dr. R.T. Schilizzi
IAU Commissie 40	Dr. R.T. Schilizzi
IAU Commissie 50	Dr. R.T. Schilizzi
Committee of European Solar Radio Astronomers (CESRA)	Dr. Ir. C. Slottje
European Physical Society: Solar Physics Section, Astronomy and Astrophysics Division	Dr. Ir. C. Slottje
Quality Monitoring Committee	Drs. H.W. van Someren Greve
Nederlandse Astronomen Club (secretaris)	Dr. T.A.Th. Spoelstra
International Association of Geodesy, Special Study Group 2.84	Dr. T.A.Th. Spoelstra
International Association of Geodesy, Special Study Group 4.93	Dr. T.A.Th. Spoelstra
IAU Commissie 8 - WGAR	Dr. T.A.Th. Spoelstra
European Committee on Radio Frequencies i.o.	Dr. T.A.Th. Spoelstra

Commissie Landelijke Werkgemeenschap
Interstellaire Materie
IAU Commissie 28 - Galaxies
IAU Commissie 34 - Interstellar Material
Organizing Committee - IAU Commissie 40
Nederlandse Microgolf contactgroep

Dr. R.G. Strom
Dr. R.G. Strom
Dr. R.G. Strom
Dr. R.G. Strom
Ir. E.E.M.Woestenburg

Appendix B. PERSONEEL (stand per 31 december 1987)

Voorzitter van de Directie Prof. Dr. W.N. Brouw

B.1. Bureau van de Stichting.

1. Hoofd Bureau	A.H. Schöller
2. Medewerker algemene- en personele zaken	N.B.B. de Vries
3. Medewerker financiële zaken/inkoopadministratie	P. Hellinga
4. Administratief medewerker financiële zaken/inkoopadm.	¹⁾ A. Koster, J.R. Peeks ²⁾
5. Hoofd Secretariaat	Mevr. K.A.A. Oving
6. Secretaresses/adm. medewerkster	Mevr. I. Greveling
7. Administratief medewerkster	¹⁾ Mevr. L. Flokstra
8. Telefoniste/receptioniste/adm. medewerkster	Mevr. R. Kremers
9. Conciërge/onderhoudsman	J. Pit
10. Medewerkster kantine- en huishoudelijke dienst (tot 1-1-'88)	¹⁾ Mevr. A. Meijering
11. Medewerkster kantine- en huishoudelijke dienst	¹⁾ Mevr. G. Sterk
12. Medew. huishoudelijke dienst	¹⁾ Mevr. H. Eising-Zoer
13. Medew. huishoudelijke dienst	¹⁾ Mevr. I. Hoek-de Weerd
14. Medew. huishoudelijke dienst	¹⁾ Mevr. R. Kiers-Fledderus
15. Medew. huishoudelijke dienst	¹⁾ Mevr. E. Oosterloo-Scheffer
16. Medewerker algemene zaken	W.H.J. Beerekamp

¹⁾ deeltijd

²⁾ tijdelijk

B.2. Teleskoopgroep

1. Hoofd Teleskoopgroep	Ir. H.C. Kahlmann
2. Hoofd waarnembedrijf	Dr. J.M. van der Hulst
3. Ontvanger ingenieur	A.C. Hin
4. Mechanisch ingenieur	A. Wolfers
5. Radioastronomisch waarnemer	¹⁾ P. van den Akker
6. Radioastronomisch waarnemer	G. Kuper
7. Radioastronomisch waarnemer	S. Sijtsma
8. Radioastronomisch waarnemer	J. Tenkink
9. Systeem technicus analoge techn.	H.J. Stiepel
10. Systeem technicus digitale techn.	J. Weggemans
11. Mechanisch technicus	J. Stolt
12. Mechanisch technicus	A. ter Wiel, H.J. Beren-schot ²⁾
13. Elektro technicus	K. Jansen

14. Adm. medewerkster/Telefoniste 1) Mevr. I. Bos-Prakken
15. Medew. bewakings-/onderhoudsdienst D.J. Haanstra
16. Medew. bewakings-/onderhoudsdienst K. Kreeft
17. Medew. bewakings-/onderhoudsdienst H. Oostenbrink
18. Medew. huishoudelijke dienst 1) Mevr. K.R. van Wijk-Smits
19. Stagiair

1) deeltijd

2) tijdelijk

B.3. Centrale Technische Dienst

1. Hoofd Centrale Technische Dienst	Dr. Ir. C. Slottje
2. Hoofd Bedrijfsdienst	B.A.P. Schipper
3. Ontwikkel electronicus/ Medewerker publieksvoortichting	D. Hoogenraad
4. Projectleider bijzondere projecten	R.J.H. van 't Land
5. Technisch documentalist	G.B.B. van der Toorn
6. Instrumentatie technicus/ Ontwikkel technicus	H.J. Borkhuis
7. Instrumentatie technicus/ Ontwikkel technicus	P.A. Wesdorp
8. Ontwikkel electronicus	K. Brouwer
9. Ontwikkel electronicus	Y.J. Koopman
10. Ontwikkel electronicus	L. Nieuwenhuis
11. Ontwikkel electronicus	P.H. Riemers
12. Ontwikkel electronicus	S.Th. Zwier
13. Ontwikkel electronicus	J.P. Berkhout 1)
14. Electronisch project technicus	J. Buiter
15. Electronisch project technicus	N. Schonewille
16. Electronisch monteur	A.M. Koster
17. Techn. Algemene Steunende Dienst	H. Snijder
18. Fotograaf	H.W.H. Meijer
19. Technisch Magazijnmeester	P.C. Jager
20. Medewerker Algemene Dienst	J. Grit
21. Stagiair	
22. Stagiair	
23. Stagiair	
24. Stagiair	
25. Stagiair	
26. Stagiair	
27. Stagiair	
28. Chef instrumentmakerij en Tekenkamer	I. Starre
29. Plaatsvervangend chef instrumentmakerij	M. Pauw
30. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	J. Bakker
31. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	M. Bakker
32. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	J.S. Dekker
33. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	J. Idserda

34. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	T.J. de Jong
35. Mechanisch ontwikkelingstechnicus	G.J.M. Koenderink
36. Technisch tekenaar	R. van Dalen
37. Technisch tekenaar	J. Slagter
38. Medewerker	Ir. J.F. van der Brugge

¹⁾ tijdelijk

B.4. Laboratorium

1. Hoofd van het Laboratorium	Ir. J.L. Casse
2. Wetenschappelijk projectleider	Ir. A. van Ardenne
3. Wetenschappelijk projectleider	Dr. Ir. A. Bos
4. Wetenschappelijk projectleider	Ir. J.D. Bregman
5. Wetenschappelijk projectleider	Ir. L.H. Sondaar
6. Wetenschappelijk projectleider	Ir. G.H. Tan
7. Wetenschappelijk projectleider	Ir. E.E.M. Woestenburg
8. Electronisch project ontwerper	A. Doorduin
9. Electronisch project ontwerper	A. Koeling
10. Elektronisch project ontwerper	Ing. R.P. Millenaar
11. Elektronisch project ontwerper	L.J. van der Ree
12. Elektronisch project ontwerper	J.F.N. Roosjen
13. Ontwikkel electronicus	R. Kiers
14. Electronisch project technicus	A.G. Poot

B.5. Computergroep

1. Hoofd van de Computergroep	Dr. E. Raimond
2. Wetenschappelijk Systeemontwerper	Dr. F.M. Olnon
3. Wetenschappelijk Systeemontwerper	Drs. H.W. van Someren Greve
4. Wetenschappelijk Systeemontwerper	Dr. T.A.Th. Spoelstra
5. Systeemanalist	G.N.J. van Diepen
6. Systeemanalist	Y.W. Kroodsma
7. Senior programmeur	T. Grit (Westerbork)
8. Senior programmeur	Mevr. H.H.J. Lem
9. Programmeur	B. Kramer (Westerbork)
10. Programmeur	H.J. Vosmeijer
11. Hardware systeem beheerder	K.J.C. Stuurwold
12. Hoofd reductiegroep en gegevensverwerking	Dr. A.R. Foley
13. Reductie gegevensverwerker/teleskoopassistent	D.J.J. Moorrees
14. Reductie gegevensverwerker	R. Boesenkool
15. Programmeur/gegevensverwerker	K. Weerstra (Leiden)
16. Programmeur/gegevensverwerker	A.H.W.M. Coolen (Groningen)

B.6. Astronomen

1. Hoofd Astronomengroep	Dr. R.T. Schilizzi
2. Astronom	Mevr. Dr. S.A. Baum
3. Astronom	Dr. A.G. de Bruyn
4. Astronom	Dr. C.P. O'Dea
5. Astronom	Dr. E.D. Skillman
6. Astronom	Dr. R.G. Strom

B.7. Werkstudenten

1. Mevr. H.A. Verstege-Hensel ¹⁾, ²⁾

¹⁾ deeltijd

²⁾ assistente PC-voorzitter

B.8. Uitgezonden in het kader UK/NL-samenwerking

Tenerife (IAC)

1. Wetenschappelijk Systeemontwerper	Ir. J.E. Noordam
--------------------------------------	------------------

La Palma

2. Mechanisch ontwikkeltechnicus	J.H. Haan
3. Ontwikkel electronicus	vakature
4. Ontwikkel electronicus	R.J. Pit
5. Senior programmeur	P.H. van der Velde

Hawai

6. Wetenschappelijk systeemontwerper	Drs. J.P. Hamaker
7. Electronisch projectontwerper	Vakature
8. Ontwikkel electronicus	L.H.R. de Haan

Appendix C. FINANCIEN

	1987	1988
Totaal subsidie	<u>15.177</u>	<u>15.736</u>
waarvan:	kfl	kfl
Salariëringeskosten	7.114	7.389
RZM bijdrage aan UK/Can/NL	3.231	3.690
samenwerking		

Appendix D. WAARNEEMFACILITEITEN.

Het onderstaande overzicht geeft een inzicht in de binnen de SRZM aanwezige faciliteiten. Voor het grootste deel betreft het hier instrumenten voor het doen van radiosterrenkundige waarnemingen, maar daarnaast is eenarsenaal van gereedschappen en talenten aanwezig (Laboratorium uitrusting, programmatuur, e.d.) dat ook voor niet radiosterrenkundigen interessante mogelijkheden biedt.

D.1. Waarnemfaciliteiten Westerbork

D.1.1. Synthese Radio Telescoop (SRT)

In Westerbork bevinden zich 14 parabolische reflectoren met een diameter van 25 m en met een equatoriale opstelling. Tien van deze radiotelescopen staan oost-west opgesteld met onderlinge afstanden van 144 m, 2 bevinden zich op een oost-west railbaan van ca. 300 m lengte aan het oostelijk uiteinde van de rij met vaste telescopen, en 2 bevinden zich op een oost-west railbaan van ca. 180 m lengte op een afstand van 9 x 144 m ten oosten van de eerste railbaan. De telescopen kunnen iedere willekeurige positie op deze railbanen innemen. Samen synthetiseren deze telescopen een radio-telescoop met een diameter van 2,8 km. De telescopen hebben een richtnauwkeurigheid van 15 à 20 boogseconden en een oppervlakte nauwkeurigheid van 1,5 à 2 mm.

Voor deze telescopen zijn de volgende frontendseries (ontvangers voor het primaire brandpunt) beschikbaar:

Golflengte	6/18/21 cm	6 cm	21 cm	50 cm	92 cm
Aantal:	5	11	12	15	15
Verstembaar over: (bij kleine bandbreedte)	6:4770-5020MHz 18:1590-1730MHz 21:1365-1425MHz	4770- 5020MHz	1365- 1425MHz	607.25- 609.75MHz	325.0- 328.6MHz
Polarisaties	2 dipolen	2 dipolen	2 dipolen	2 dipolen	2 dipolen
Systeemtemperatuur:	6: 55 K 18: 55 K 21: 35 K	145 K	90 K	110 K	180 K

De 28 signalen uit de frontends worden allemaal langs identieke, fase- en gain stabiele, kabelstructuren naar het hoofdgebouw geleid, waar zij in de backend ontvangersystemen worden ingevoerd. De kern van de huidige backends wordt gevormd door twee digitale correlatie ontvangers, uitgerust met een fringe stopping en een delay systeem, die door de aard van hun mengschema, filtermogelijkheden, bandbreedte en correlator flexibiliteit functioneren als lijnontvanger (DLB genoemd) en als continuum ontvanger (DCB genoemd). Daarnaast zijn er mogelijkheden om interferometrie met zeer lange basislijnen (VLBI) te doen en is de lijnontvanger voorzien van een uitbreiding (DXB) die het aantal kanalen vergroot tegen inlevering van bandbreedte. De karakteristieke specificaties van deze systemen zijn in Tabel D.1. weergegeven.

Een overzicht van deze ontvanger systemen:

DXB: De lijnontvanger (DLB) is uitgebreid met extra geheugen dat als recirculatie buffer gebruikt wordt om de capaciteit van het systeem bij kleine bandbreedtes te vergroten. Het aantal basis correlatie produkten van het systeem is 2560 en kan afhankelijk van de bandbreedte vergroot worden tot maximaal 40960. De correlatieprodukten kunnen naar keuze gebruikt worden voor spectrale resolutie voor het verkrijgen van meer interferometers. Een 2-bits correlator, die de gevoeligheid met ca. 20% verbetert, kost een factor 2 in beschikbare kanalen. In het basissysteem is het bijvoorbeeld mogelijk om de 2560 kanalen te verdelen over 16 frequentie punten en 80 interferometers met elk 4 polarisaties in 1-bit mode of 8 frequentie punten in 2-bit mode.

De volgende regel bepaalt de waarneemmode: Het produkt van: het aantal simultane onafhankelijke metingen, het aantal polarisatie kanalen, de bit mode en het aantal interferometers is 25600 gedeeld door de bandbreedte in MHz en ten hoogste 40960 voor de 2-bit mode.

DCB: Het DCB heeft 8 van elkaar onafhankelijke banden die op 5 MHz of 10 MHz bandbreedte gezet kunnen worden. De waarneemfrequenties van deze banden zijn binnen ca. 90 MHz vrij en onafhankelijk van elkaar te kiezen.

VLBI: Met gebruikmaking van het DLB en de Mark II C of het DCB en de Mark III videorecorder terminals is de SRT geschikt voor het doen van VLBI waarnemingen. Hierbij worden de telescopen niet als interferometers gekoppeld, maar in een optelconfiguratie gebruikt, de "Tied Array" die qua gevoeligheid het equivalent is van een enkele telescoop met een diameter van 93 m. Ook is het mogelijk om slechts één van de telescopen van de SRT rechtstreeks op de terminal aan te sluiten.

Dit geheel van telescopen en ontvangers (frontends en backends) wordt gestuurd met een drietal HP21MX computers. De gegevens worden in eerste instantie op schijf gezet na een eerste bewerking

en uiteindelijk naar magneetband gekopieerd voor verdere verwerking in Dwingeloo. Voor standaard waarnemingen is een beperkt aantal veel gevraagde correlatorconfiguraties permanent beschikbaar. Speciale configuraties zijn op verzoek echter vaak ook te verwezelen.

Het grote aantal correlatieproducten dat in het DXB en het DCB beschikbaar is, maakt het mogelijk om naast de 40 interferometers met de 40 standaard basislijnen een aantal basislijnen, zíj het via correlatie van telkens verschillende telescopen, meermalen te meten. Daar de correlaties van interferometers met gelijke basislijnlengte hetzelfde meetresultaat moeten geven, kunnen we verschillen toeschrijven aan instrumentele fouten. Het gebruik van deze "redundante" informatie om instrumentele fouten op te sporen stelt de astronoom in staat een zeer hoog dynamisch bereik in zijn meting te krijgen.

Ook bij het DLB is "redundantie" mogelijk. We kunnen bijvoorbeeld in een configuratie met 160 correlatieproducten deze niet over 40 interferometers en 4 polarisaties, maar over 160 interferometers en 1 polarisatie verdeelen.

Een indicatie over de bereikbare gevoeligheid is in onderstaand schema aangegeven. Deze gevoeligheid geldt voor een bron in het veldcentrum na 12 uur meten met de 40 standaard interferometers en volledige polarisatie.

λ	DXB	DCB
6 cm	0,16 mJy (10 MHz)	60 μ J (80 MHz)
21 cm	0,10 mJy (10 MHz)	60 μ J (40 MHz)
49 cm	0,4 mJy (2,5 MHz)	-
92*cm	0,6 mJy (2,5 MHz)	-

* De meeste metingen op deze golflengte zullen door "confusion" beperkt zijn en deze grens niet halen.

D.1.2. Waarnemen met de SRT

Voor het doen van waarnemingen wende men zich tot de Programma Commissie (zie Appendix A3). Men dient in het algemeen een waarneemformulier in te vullen en een wetenschappelijke argumentatie voor de waarneming te geven.

Wie voor het eerst een waarneming wil doen, of iets wil uitproberen dat van de standaard waarneemmodes afwijkt, wordt aangeraden eerst contact op te nemen met een van de RZM staf-astronomen.

Voor het specificeren van waarnemingen zijn meer gegevens nodig dan het voorgaande overzicht biedt. Details zijn over het algemeen te vinden in de Internal Technical Reports (ITR's) reeks, terwijl het Observers Manual de brugfunctie naar de ITR's verzorgt.

Systeem:	Lijnontvanger	Continuum ontvanger	VLBI systeem smalbandig	VLBI systeem breedbandig
Afkorting:	DXB (DLB)	DCB	MARK II C	MARK III
Max. bandbreedte Banden:	10 MHz 10; 5; 2,5; 1,25; ...0,078 MHz	80 MHz (8x10) 10; 5 MHz 2048	2 MHz 15; 62; 250; 500 kHz; 1; 2 MHz 1	56 MHz (14x4) 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4 MHz 14x2
Aantal (complexe) kanalen:	afhankelijk van bandbreedte en bit-mode max. 20480 min. 1280	Afh. van bit- mode 1,11 - 1,57	Afh. van bit- mode 1,13 - 1,35	

Tabel D.1. Overzicht beschikbare backend systemen voor de SRT.

D.2. Waarnemfaciliteiten Dwingeloo

D.2.1. 25 m telescoop

Diameter: 25 m, alt-azimuth opstelling
Richtnauwkeurigheid: ca. 1 boogmin.
Oppervlaktenauwkeurigheid: 2 à 2,5 mm.
Apertuur rendement: 64% ($\lambda = 18/21$ cm)
40% ($\lambda = 6$ cm).

De karakteristieke waarden van de ontvangers beschikbaar voor deze telescoop, zijn in Tabel D.2. weergegeven. De daarmee bereikbare gevoeligheid, berekend voor een integratietijd van een uur, is:

	10 MHz continuum 18/21 cm 6 cm		78 kHz lijn 18/21 cm 6 cm	
5 x rms	20 mJy (2 mK)	50 mJy (4 mK)	150 mJy (17 mK)	400 mJy (30 mK)

De telescoop en ontvangers worden gestuurd met een online computer. Reductie van de resultaten is te Dwingeloo mogelijk. De gegevens moeten op magneetband weggeschreven worden. De sturing kan "remote controlled" gedaan worden door diegenen die modems en een terminal op hun instituut beschikbaar hebben.

D.2.2. Waarnemen met de 25 m telescoop

De 25 m telescoop te Dwingeloo wordt in stand gehouden voor astronomen die zelf ter plaatse hun waarnemingen en de bijbehorende verwerking verrichten. Met een korte instructie tevoren is dat mogelijk. De telescoop kan voor langere tijd geprogrammeerd worden, maar aanwezigheid van een dag per week is nodig (of zoveel meer als door de aard van de waarneming is geboden). Met enige ervaring kan de telescoop "remote controlled" bestuurd worden (binnen kantooruren!).

Waarnemvoorstellen dient men in bij de subcommissie van de programmacommissie voor Dwingeloo (C. Slottje). Deze voorstellen moeten naast de wetenschappelijke motivatie en de specificaties ook naam, adres en telefoonnummer vermelden van degene die de waarneming daadwerkelijk zal doen.

Terwille van de ontvangerplanning is het gewenst waarnemvoorstellen zo vroeg mogelijk in te dienen.

"Frontend"		"Backend" digitale correlator		Reductie	
Systeem	T_{sys}	Freq. bereik	Polarisatie resolutie	T	
21 cm FET	36K	1375-1425 MHz	lin ²⁾	40, 20 of 10 MHz of 2x5 MHz-2x67 KHz; 256 kanalen of 2x 128 kanalen; 1 of 2 bits	0,1 s op HP1000 (on line) op VAX11/780; plots van gereduceerde spectra
18 cm FET	36K	1580-1725 MHz	lin, circ	idem	0,1 s idem
6 cm	60K			idem	0,1 s idem

¹⁾ Gemeten op de pool

²⁾ 1000 kanalen vanaf mei 1988

Tabel D.2. Ontvangers voor gebruik in de 25 m telescoop

Appendix E. PUBLIKATIES EN RAPPORTEN

E.1. Onderzoek artikelen

- Achterberg, A., "A numerical study of steady-state shock acceleration", *Astron. Astrophys.* 174, 329.
- Ardenne, A. van, "Design considerations for a multibeam receiver for millimeter wave astronomy", *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, Vol. 8, 2, 107.
- Armus, L., Heckman, T. and Miley, G., "Multicolor optical imaging of powerful far-infrared galaxies: More evidence for a link between galaxy mergers and far-infrared emission", *Astron. J.* 94, 831.
- Baan, W.A., Henkel, C. and Haschick, A.D., "Zw 15107+0724 and the Family of OH Megamasers", *Ap. J.* 320, 154.
- Baan, W.A. and Haschick, A.D., "The 18 centimeter OH emission of IC 4553 (ARP 220)", *Ap. J.* 318, 139.
- Balick, B., Preston, H.L. and Icke, V., "The evolution of planetary nebulae. II. Dynamical evolution of elliptical PNs and collimated outflows", *Astron. J.* 94, 1641.
- Baron, Y., Muizon, M. de, Papoular, R. and Pegourie, B., "An analysis of the emission features of the IRAS low resolution spectra of C stars", *Astron. Astrophys.* 186, 271.
- Begeman, K., "HI Rotation Curves of Spiral Galaxies", Ph. D. Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 1987.
- Bloemen, J.B.G.M., "High-energy gamma rays probing cosmic-ray spectral differences through the Galaxy", *Astrophys. J. Lett.* 317, L15.
- Bloemen, J.B.G.M., "On stable hydrostatic equilibrium configurations of the Galaxy and implications for its halo", *Astrophys. J.* 322, 694.
- Bottema, R., Kruit, P.C. van der and Freeman, K.C., "The Stellar Velocity Dispersion in the Disk of the Spiral Galaxy NGC 5170", *Astron. Astrophys.* 178, 77.
- Bottema, R., Shostak, G.S. and Kruit, P.C. van der, "The Prodigious Warp of NGC 4013", *Nature* 328, 401.

- Brand, J., Blitz, L., Wouterloot, J.G.A. and Kerr, F.J., "The velocity field of the outer Galaxy in the southern hemisphere. II. CO observations of galactic nebulae", Astron. Astrophys. Suppl. 68, 1.
- Chambers, K.C., Miley, G.K. and Breugel, W. van, "Alignment of radio and optical orientations in high-redshift radio galaxies", Nature 329, 604.
- Cristiani, S., Babel, J., Barwig, H., Clausen, J.V., Gouiffes, C., Gunter, T., Helt, B.E., Heynderickx, D., Loyola, P., Magnusson, P., Moderen, P., Rabattu, X., Sauvageot, J.L., Schoembs, R., Schwarz, H., Steeman, F., Vaz, L.P.R. and Giminez, A., "Photometry of SN 1987A", Astron. Astrophysics. 177, L5.
- Dame, T.M., Ungerechts, H., Cohen, R.S., Geus, E.J. de, Grenier, I.A., May, J., Murphy, D.C., Nyman, L.-A. and Thaddeus, P., "A composite CO survey of the entire Milky Way", Astrophys. J. 322, 706.
- Dickel, H.R. and Goss, W.M., "VLA Observations of the 6 cm and 2 cm Lines of H₂CO in the Direction of W3(OH)", Astron. Astrophys. 185, 271.
- Driels, W. van, "A Study of HI in SO Galaxies", Ph. D. Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 1987.
- Duric, N., Gregory, P.C. and Taylor, A.R., "Two epoch VLA Observations of Variable Galactic Plane Radio Sources", Astron. J. 93, 890.
- Fischer, J., Geballe, T.R., Smith, H.A., Simon, M. and Storey, J.W.V., "Molecular Hydrogen Line Emission in Seyfert Galactic Nuclei", Ap. J. 320, 667.
- Fokker, A.D., "The Asymmetry of Extragalactic Double Radio Sources and their Foreshortening", (1986), Astron. Astrophys. 156, 315.
- Fokker, A.D., "The luminosity decay of radio pulsars and some related matters", Astron. Astrophys. 182, 41.
- Gal, O., Muizon, M. de, Papular, R. and Pegourie, B., "A study of the silicate emission features of the IRAS low resolution spectra", Astron. Astrophys. 183, 29.
- Geballe, T.R. and Garden, R., "Detection of Vibration-Rotation Band Lines of Shocked CO in Orion", Ap. J. 317, L107.

- Geballe T.R. and Persson, S.E., "Emission from CO Band Heads in Young Stellar Objects", *Ap. J.* 312, 297.
- Geballe, T.R., Wade, R., Krisciunas, K., Gatley, J., and Bird, M.C., "The Broad Line Region at the Center of the Galaxy", *Ap. J.* 320, 562.
- Genderen, A.M. van, Hucht, K.A. van der and Steemers, W.J.G., "A high-precision photometric investigation of the micro variations of Wolf Rayet stars", *Astron. Astrophys.* 185, 131.
- Genderen, A.M. van, Augusteyn, Th., Prein, J.J., Engelsman, E.C. and Grift, E. van der, "A new long-period Cepheid in the LMC", *Inf. Bull. Car. Stars No.* 3026.
- Goss, W.M., McAdam, W.B., Wellington, K.J. and Ekers, R.D., "The Very Low-brightness Relic Radio Galaxy 1401-33", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 226, 979.
- Greve, A. and Genderen, A.M. van, "VBLUW observations of emission nebulae", *Astron. Astrophys.* 174, 243.
- Grijp, M.H.K. de, Miley, G.K. and Lub, J., "Warm IRAS sources. I. A catalogue of AGN candidates from the point source catalog", *Astron. Astrophys. Suppl.* 70, 95.
- Hamilton, D. and Keel, W.C., "The host galaxy of Markarian 231", *Astrophys. J.* 321, 211.
- Hartmann, D., "How to extract relevant knowledge from grandmaster games. Part 1. Grandmasters have insights - The problem is what to incorporate into practical programs", *ICCA Journal* 10, 14.
- Hartmann, D., "How to extract relevant knowledge from grandmaster games. Part 2. The notion of mobility, and the work of de Groot and Slater", *ICCA Journal* 10, 78.
- Heckman, T.M., Armus, L., McCarthy, P., Breugel, W. van and Miley, G.K., "Starburst-driven superwinds from infrared galaxies", *NASA Publ. CP2466*, 731.
- Hermsen, W., Bennett, K., Bloemen, J.B.G.M., Buccieri, R., Jansen, F.A., Mastichiadis, A., Mayer-Hasselwander, H.A., Ozel, M.E., Pollock, A.M.T. and Strong, A.W., "High-energy gamma-ray and hard X-ray observations of Cyg X-3", *Astron. Astrophys.* 175, 141.

- Higgs, L.A., Vallee, J.P., Albinson, J.S., Batrla, W. and Goss, W.M., "Further Observations of the Peculiar Galactic Radio Source BG 2107+49", *Astron. Astrophys.* 181, 351.
- Hu, F.X., Allen, R.J., Kruit, P.C. van der and You, J.H., "Some Features of the Galactic Halo in NGC 891", *Astrophys. Space Science* 135, 389.
- Hulst, J.M. van der, Hummel, E. and Keel, W.C., "Circumnuclear star formation in the central region of the barred spiral galaxy NGC 1097", *Astron. Astrophys.* 172, 32.
- Hulst, J.M. van der and Kennicut, R.C., "The HII regions in M51: Radio and Optical Observations", in "Starformation in Galaxies", ed. C.J. Lonsdale Persson, NASA Publ. 2466.
- Hulst, J.M. van der, Skillman, E.D., Kennicutt, R.C. and Bothun, G.D., "The Neutral Hydrogen content of Red Spiral Galaxies", *Astron. Astrophys.* 177, 63.
- Hummel, E., Hulst, J.M. van der, Keel, W.C. and Kennicutt Jr., R.C., "The effects of interactions on spiral galaxies. III. A radio continuum survey of galactic nuclei at 1.49 GHz", *Astron. Astrophys. Suppl.* 70, 517.
- Icke, V. and Weygaert, R. van de, "Fragmenting the universe. I. Statistics of two-dimensional Voronoi foams", *Astron. Astrophys.* 184, 16.
- Israel, F.P., "High-resolution 5 GHz flux densities of sources in M31", *Astron. Astrophys. Suppl.* 68, 109.
- Jaffe, W.J., "Limits on the cool gas content of NGC1275 and M87", *Astron. Astrophys.* 171, 378.
- Jagers, W.J., "0.6 GHz mapping of extended radio galaxies. I. Edge-brightened double sources", *Astron. Astrophys. Suppl.* 67, 395.
- Jagers, W.J., "0.6 GHz mapping of extended radio galaxies. II. Edge-darkened double sources", *Astron. Astrophys. Suppl.* 71, 75.
- Jagers, W.J., "0.6 GHz mapping of extended radio galaxies. III. 3C66B, NGC1265, 3C129, DA2490, 3C236, 4C48.29, IC708, IC711, 4CT51.29.1, 3C310, Abell 2256, 3C402 and 3C465", *Astron. Astrophys. Suppl.* 71, 603.

- Johnston, K.J., Simon, R.S., Eckart, A., Biermann, P., Schalinski, C., Witzel, A. and Strom, R.G., "1928+738: A superluminal source with large-scale structure", *Ap. J.* 313, L85.
- Keel, W.C., "The stellar population in the Wolf-Rayet knot in NGC5430", *Astron. Astrophys.* 172, 43.
- Kelder, H., and Spoelstra, T.A.Th., "Medium scale TID's observed by radio interferometry and differential Doppler techniques", *J. Atmos. Terr. Phys.*, 49, 1.
- Kennicutt, R.C., Keel, W.C., Hulst, J.M. van der, Hummel, E. and Roettiger, K.A., "The effects of interactions on spiral galaxies. II. Disk star-formation rates", *Astron. J.* 93, 1011.
- Kennicutt, R.C., Roettiger, K.A., Keel, W.C., Hulst, J.M. van der and Hummel, E., "Induced Star Formation in Interacting Galaxies", in "Star Formation in Galaxies", ed. C.J. Lonsdale Persson, NASA Publ. 2466, 235.
- Kennicut, R.C., Roettiger, K.A., Keel, W.C., Hulst, J.M. van der and Hummel, E., "The Effects of Interactions on Spiral Galaxies II: Disk Star Formation Rates", *Astron. J.* 93, 1011.
- Mahony, J.M., Burke, B.F. and Hulst, J.M. van der, "The Mass of the Binary Galaxies NGC 4038/39 (The "Antennae")", in "Dark Matter in the Universe", ed. J. Kormendy and G.R. Knapp, IAU Symposium 117, 94.
- Monderen, P., Schwarz, H.E. and Steeman, F., "Walraven photometry of the supernova in the LMC", *The Messenger* 47, 27.
- Moorsel, G.A. van, "Dark Matter Associated with Binary Galaxies", *Astron. Astrophys.* 176, 13.
- Nieuwkoop, J. van, "Positional Drift within Groups of Type I Solar Radio Bursts", (1986), *Solar Physics* 103, 129.
- Oort, M.J.A., Katgert, P., Steeman, F.W.M. and Windhorst, R.A., "VLA high-resolution observations of weak Leiden-Berkeley Deep Survey (LBDS) sources", *Astron. Astrophys.* 179, 41.
- Oort, M.J.A., Katgert, P. and Windhorst, R.A., "A direct determination of linear-size evolution of elliptical radio galaxies", *Nature* 326, 500.
- Oort, M.J.A. and Langevelde, H.J. van, "A WSRT 21 cm deep survey of two fields in Hercules", *Astron. Astrophys. Suppl.* 71, 25.

- Oort, M.J.A., "A deep WSRT 21 cm survey down to 0.1 mJy in the Lynx area", *Astron. Astrophys. Suppl.* 71, 221.
- Oort, M.J.A., "Radio galaxies at very low flux levels; their structure and spatial distribution", Ph.D. Thesis, Leiden University, 1987.
- Raan, A.F.J. van and Hartmann, D., "The comparative impact of scientific publications and journals: Methods of measurement and graphical display", *Scientometrics* 11, 325.
- Rhee, G.F.R.N. and Katgert, P., "A study of the elongation of Abell clusters. I. A sample of 37 clusters studied earlier by Binggeli and Struble and Peebles", *Astron. Astrophys.* 183, 217.
- Roelfsema, P.R., "Radio Recombination Line Observations of HII Regions and Planetary Nebulae", Ph. D. Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 1987.
- Roelfsema, P.R., Goss, W.M. and Wilson, T.L., "Carbon Radio Recombination Line Observations of W3", *Astron. Astrophys.* 174, 232.
- Roelfsema, P.R., Whiteoak, J.B., Gardner, F.F. and Pankonin, V., "VLA Hydrogen and Helium 76 α Line Observations of Sagittarius B2", *Astron. Astrophys.* 175, 219.
- Romney, J.D., Schilizzi, R.T., Fejes, I. and Spencer, R.E., "The Inner Beams of SS433", *Ap. J.* 321, 822.
- Sancisi, R., Thonnard, N. and Ekers, R.D., "HI Gas near the Giant Elliptical Galaxy NGC 4472", *Ap. J.* 315, L39.
- Sansom, A.E., Danziger, I.J., Ekers, R.D., Fosbury, R.A.E., Goss, W.M., Monk, A.S., Shaver, P.A., Sparks, W.B. and Wall, J.V., "The Radio and Optical Axes of Radio Elliptical Galaxies", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 229, 15.
- Seaquist, E.R. and Taylor, A.R., "A Detailed Analysis of the Radio Emission from the Symbiotic Star RX Pup", *Ap. J.* 312, 813.
- Shostak, G.S., "The Distribution of HI in the Lenticular Galaxy NGC 2787", *Astron. Astrophys.* 175, 4.
- Silk, J. and Bloemen, J.B.G.M., "A gamma-ray constraint on the nature of dark matter", *Ap. J. Lett.* 313, L47.

Skillman, E.D., Bothun, G.D., Murray, M.A. and Warmels, R.H., "Neutral Hydrogen Observations of four Dwarf Irregular Galaxies in the Virgo Cluster", *Astron. Astrophys.* 185, 61.

Snijders, M.A.J., Batt, T.J., Roche, P.F., Seaton, M.J., Morton, D.C., Spoelstra, T.A.Th. and Blades, J.C., "Nova Aquilae 1982", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 228, 329.

Spoelstra, T.A.Th., Taylor, A.R., Pooley, G.G., Evans, A. and Albinson, J.S., "Pointers to conditions in the Remnant of RS Ophiuchi from Radio Observations", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 224, 791.

Stadt, H. van der and Verkerk, J., "Large Chopping Secondary Mirror for the 15-m submillimeter James Clerk Maxwell telescope", *Appl. Opt.* 26, 3446.

Steeman, F., Schwarz, H.E. and Monderen, P., "Walraven photometry of SN 1987A", *IAU Circ.* No. 4338.

Strom, R.G., "Pulsar-like emission from the supernova remnant CTB80", *Astrophys. J.* 319, L103.

Strong, A.W., Bloemen, J.B.G.M., Hermsen, W. and Mayer-Hasselwander, H.A., "The final COS-B database: in-flight calibration of sensitivity and instrumental background behaviour", *Astron. Astrophys. Suppl.* 67, 283.

Sukumar, S., Spoelstra, T.A.Th. and Kelder, H., "Multipath effects in UHF angle-of-arrival measurements", *J. Atmos. Terr. Phys.* 49, 99.

Taylor, A.R. and Pottasch, S.R., "Detection of Neutral Hydrogen in the Planetary Nebula IC 418", *Astron. Astrophys.* 176, L5.

Taylor, A.R., Pottasch, S.R. and Zhang, C.Y., "Radio Continuum Spectra of Compact Planetary Nebulae: A Wind-Shell Model", *Astron. Astrophys.* 171, 178.

Taylor, A.R., Seaquist, E.R., Hollis, J.M. and Pottasch, S.R., "The unusual Radio Outburst of Nova Vulpeculae 1984 No. 2", *Astron. Astrophys.* 183, 38.

Taylor, A.R., Waters, L.B.F.M., Lamers, H.J.L.M., Persi, P. and Bjorkman, K.S., "Radio Detection of the Be Star Persei", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 228, 811.

Tinbergen, J., "User's manual multi-purpose photometer (MPF)", Kapteyn Observatory, Roden.

- Vermeulen, R.C., Schilizzi, R.T., Icke, V., Fejes, I. and Spencer, R.E., "Evolving Radio Structure of the Binary Star SS433 at a Resolution of 15 mares", *Nature* 328, 309.
- Wade, R., Geballe, T.R., Krisciunas, K., Gatley, Bird and M.C., "Ionization State in and Reddening to the Center of the Galaxy", *Ap. J.* 320, 570.
- Walterbos, R.A.M. and Kennicutt Jr., R.C., "Multi-color photographic surface photometry of the Andromeda galaxy", *Astron. Astrophys. Suppl.* 69, 311.
- Walterbos, R.A.M. and Schwingen, P.B.W., "Infrared emission from interstellar dust in the Andromeda galaxy", *Astron. Astrophys.* 180, 27.
- You, J.-h, Allen, R.J. and Hu, F.-x, "An Explosion Model on the Formation of the Radio Halo of NGC 891" (transl. of *Acta Astron. Sinica* 27, 333, 1986), *Chin. Astron. Astrophys.* 11, 87.

E.2. Overzichtsartikelen en conferentiebijdragen

Achterberg, A., "Dynamical effects of large-scale magnetic fields in jets", in: *Astrophysical jets and their engines*, ed. W. Kundt, 221.

Achterberg, A., "Particle acceleration in astrophysical jets", in: *Astrophysical jets and their engines*, ed. W. Kundt, 223.

Albada, T.S. van, Sancisi, R., "Dark Matter in Spiral Galaxies", *Philos. Trans. R. Soc. London*, 320, 447.

Allen, R.J., Atherton, P.D., Tilanus, R.P.J., "Large Scale Dissociation of Molecular Gas and Star Formation in M83", in: *Star Forming Regions* (eds. M. Peimbert, J. Jugaku), IAU Symp. 115, Reidel, Dordrecht, 628.

Ardenne, A. van, "Optics of a linear mixer array", in: *Proc. Suppl. First European Quasi Optics Workshop*, Bonn, Ed. N. Keen, J.E. Ediss.

Ardenne, A. van, Ree, L.J. van der and Davies, R., "Components for a linear SIS mixer array 350 GHz", in: *Proc. 17th European Microwave Conference*, 478.

Ardenne, A. van, "Ontvanger ontwikkelingen voor de James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)", *Nederlands Electr. Radio Genootschap (NERG)* 52, 121.

Bloemen, J.B.G.M., "High-energy gamma rays probing cosmic-ray spectral differences throughout the Galaxy", in: *Proc. 20th Int. Cosmic Ray Conf.* 1, 121.

Bloemen, J.B.G.M., "The high-energy component of the ISM cosmic-ray phenomena", in: *Interstellar Processes* (eds. D.J. Hollenbach and H.A. Thronson), Reidel, Dordrecht, 143.

Bloemen, J.B.G.M., "High-energy gamma rays probing cosmic-ray propagation", in: *Relativistic Astrophysics, 13th Texas Symposium* (ed. M.P. Umer), World Scientific Publ. Co., Singapore, 579.

Bloemen, J.B.G.M., "New gamma-ray views on cosmic rays", in: *Genesis and Propogation of Cosmic Rays* (Eds. M.M. Shapiro and J.F. Wefel), Reidel, Dordrecht.

Bloemen, J.B.G.M., "Cosmic rays and a stable hydrostatic equilibrium of the Galaxy", in: *Genesis and Propagation of Cosmic Rays* (Eds. M.M. Shapiro and J.F. Wefel), Reidel, Dordrecht.

Bos, A., "The EVN processor", URSI Tel Aviv.

Bregman, J.D., "SCASIS in de GHRIL", Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal.

Bruyn, A.G. de, "WSRT Observations of hourly flux variations in OJ287 at 6 cm wavelength", in: Proceedings of IAU Symposium 129, Reidel, Dordrecht, in press.

Bruyn, A.G. de, Wieringa, M.H., Katgert, P. and Sancisi, R., "A WSRT search for HI at $z=3.35$ ", in: Proceedings of IAU Symposium 130, in press.

Burton, W.B. and Deul, E.R., "The Morphology of Cool, Diffuse Gas and Dust in the Galaxy", in: The Galaxy (eds. G. Gilmore and B. Carswell), Reidel, Dordrecht.

Deul, E. and Hulst, J.M. van der, "A Survey of the Neutral Atomic Hydrogen in M33", Astron. Astrophys. Suppl. 67, 509.

Driel, W. van, Woerden, H. van, "Distribution and Kinematics of HI Gas in SO Galaxies", Bull. Am. Astr. Soc. 18, 926.

Gal, O., Muizon, M. de, Papoular, R., and Pegourie, B., "A statistical analysis of dust features in the IRAS low resolution spectra", in: Proc. IAU Symp. 122 on Circumstellar Matter, (eds. I. Appenzeller and C. Jordan), Reidel, Dordrecht, 223.

Gathier, R., "Radio observations of young Planetary Nebulae", in: Late stages of Stellar Evolution (eds. S. Kwok, S.R. Pottasch), Proc. of Calgary Workshop, Reidel, Dordrecht, 371.

Genderen, A.M. van and The, P.S., "The light and colour variations of Eta Carinae for the years 1983-1986 in the VBLUW system", in: Instabilities in Luminous Early-type Stars (eds. H.J.G.L.M. Lamers and C.W.H. de Loore), Reidel, Dordrecht, 253.

Geus, E.J. de and Zeeuw, P.T. de, "The stellar content of Sco OB2", in: Proc. IAU Symp. 115 on Star Forming Regions (eds. M. Peimbert and J. Jugaku), Reidel, Dordrecht, 205.

Grijp, M.H.K. de, Keel, W.C. and Miley, G.K., "IRAS observations of AGN candidates at low flux levels", in: Star Formation in Galaxies (ed. C.J. Lonsdale Persson), NASA, 693.

Habing, H.J., "IRAS results on circumstellar shells", in: Proc. IAU Symp. 122 on Circumstellar Matter (eds. I. Appenzeller and C. Jordan), Reidel, Dordrecht, 197.

Habing, H.J., "AGB stars in the IRAS point source catalog: their nature and their galactic distribution", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S.Y. Kwok and S.R. Pottasch), Reidel, Dordrecht.

Habing, H.J., "Highly evolved stars in the Galaxy, as seen by IRAS and in OH surveys", in: The Galaxy (eds. G. Gilmore and B. Carswell), Reidel, Dordrecht.

Habing, H.J. and Herman, J., "Distances, luminosities and shell structure of OH/IR stars", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S.Y. Kwok and S.R. Pottasch), Proc. of Calgary Workshop, Reidel, Dordrecht.

Habing, H.J., Veen, W. van der and Geballe, T., "Non-variable OH/IR Stars Very Young Planetary Nebulae?", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S.Y. Kwok and S.R. Pottasch), Proc. of Calgary Workshop, Reidel, Dordrecht, 91.

Hartmann, D., "Das grosse Computerschach Buch", ICCA Journal 10, 96.

Hartmann, D., "Schaken voor computers", ICCA Journal 10, 143.

Hulst, J.M. van der, Skillman, E.D., Kennicut, R.C. and Bothun, G., "The Neutral Hydrogen Content of Red Spiral Galaxies", Astron. Astrophys. 177, 63.

Hummel, E., Hulst, J.M. van der and Keel, W.C., "Circumnuclear Starformation in the Central Region of the Barred Spiral Galaxy NGC 1097", Astron. Astrophys. 172, 32.

Keel, W.C., "Unity and diversity among jets in active galaxies", in: Proc. IAU Symp. 121 on Observational Evidence of Activity in Galaxies (eds. E. Khachikian, K.J. Fricke and J. Melnick), Reidel, Dordrecht, 255.

Keel, W.C., "Active galactic nuclei and automatic photometric telescopes: prospects and requirements", in: Automatic Photoelectric Telescopes (eds. D.S. Hall, R.M. Genet and B.L. Thurston), Fairborn Press 176.

Keel, W.C., "Star formation around active galactic nuclei", in: Star Formation in Galaxies (ed. C.J. Persson), NASA, 661.

Kelder, H. and Spoelstra, T.A.Th., "Multi-technique observations of medium scale TID's: evidence for their generation by atmospheric tides", in: Proceedings of the international beacon satellite symposium on Radio Beacon contribution to the study of ionization and dynamics of the ionosphere and to

- corrections to geodesy, June 9-14, 1986, (ed. A. Tauriainen), p. II-7, University of Oulu, Finland.
- Kennicutt, Jr. R.C., Roettiger, K.A., Keel, W.C., Hulst, J.M. van der and Hummel, E., "Induced star formation in interacting galaxies", in: Star Formation in Galaxies (ed. C.J. Persson), NASA, 401.
- Kleinmann, S.G. and Keel, W.C., "Properties of the unusual galaxy ISC 09104+4109", in: Star Formation in Galaxies (ed. C.J. Persson), NASA, 559.
- Knacke, R.F., Knoll, K.S., Geballe, T.R., Tokimaga, A.T. and Brooke, T.Y., "Ground-based Detection of Water in Comet Halley", ESA Spec. Publ. 3, 99.
- Knoll, K.S., Knacke, R.F., Geballe, T.R. and Tokimaga, A.T., "The Origin and Vertical Distribution of Carbon Monoxide in Jupiter", Bull. Am. Astr. Soc. 18, 771.
- Koornbeef, J. and Israel, F.P., "Cooled grating spectrometer observations of molecular hydrogen in HII regions in the Magellanic Clouds", in: Proc. Hawaii Workshop on IR Techniques.
- Kus, A.J., Mareski, A., Neff, S., Ardenne, A. van and Wilkinson, P.N., "The Impact of VLBI on Astronomy and Geophysics", in: Proc. of IAU Symposium 129, Reidel, Dordrecht.
- Lintel Hekkert, P. te, "A 1612 MHz survey of selected IRAS point sources", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S.Y. Kwok and S.R. Pottasch), Reidel, Dordrecht, 83.
- Miley, G.K., "Radio bending at high redshifts - A new probe of protogalaxies?", in: Proc. IAU Symp. 124 on Observational Cosmology (eds. A. Hewitt, G. Burbidge and Li Zhi-Fang), Reidel, Dordrecht, 267.
- Muizon, M. de, "Infrared spectroscopic observations of interstellar dust in IRAS sources", in: Protostars and Molecular Clouds (eds. T. Montemerle and C. Bertout), Centre d'etudes nucleaires, Gif-sur-Yvette, 99.
- Muizon, M. de, Hendecourt, L.B. d' and Geballe, T.R., "New Observations of Infared Astronomical Bands; IRAS-LRS and 3 μ m Ground-based Spectra", in: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Astrophysics (eds. A. Leger, L.B. d'Hendecourt, N. Bocvara), NATO Advanced Research and CNRS Workshop, Les Houches, Reidel, Dordrecht, 287.

- Muizon, M. de, Hendecourt, L.B. d', Geballe, T.R., Baas, F. and Perrier, C., "New Observational Near-infrared Spectroscopic Results on Several IRAS Sources with Emission Features", in: Astrochemistry (eds. M.S. Vardya, S.P. Tarafdar), IAU Symp. 120, Reidel, Dordrecht, 555.
- Muizon, M. de, Preite-Martinez, A. and Heydari-Malayeri, M., "Infrared and optical spectroscopy of the suspected planetary nebula He 2-77", in: Planetary and Proto-Planetary Nebulae: from IRAS to ISO (ed. A. Preite-Martinez), Reidel, Dordrecht, 185.
- Murray, M.A., Skillman, E.D., Bothun, G.D. and Warmels, R.H., "Neutral Hydrogen Observations of Four Irregular Galaxies in the Virgo Cluster", Bull. Am. Astr. Soc. 18, 905.
- Noordam, J.E., Greenaway, A.H., Bregman, J.D. and Poole, R.S. le, "OASIS: A mission concept", ESA workshop on Space Interferometry, Granada (Spain).
- Pel, J.W., Schwarz, H.E., Lub, J., Heynderickx, D., Monderen, P., Rottgering, H.J.A., Steeman, F., Haarlem, M. van and Weeren, N. van, "Walraven VBLUW photometry of SN 1987A", in: Proc. ESO Workshop on SN 1987A.
- Peletier, R.F., Valentijn, E.A. and Jameson, R.F., "Visual-IR Color Gradients in Elliptical Galaxies", in: Structure and Dynamics of Elliptical Galaxies (ed. P.T. de Zeeuw), IAU Symp 127, Reidel, Dordrecht, 443.
- Pelletier, G. and Roland, J., "Spectral theory of magnetized mixed shocks. Application to Cygnus A hot spots", in: Proceedings Cargex Workshop on Magnetic Fields and Extragalactic Objects.
- Roelfsema, P.R. and Goss, W.M., "Radio Recombination Line Observations of HII Regions", Bull. Am. Astr. Soc. 18, 920.
- Roland, J., "Determination of the magnetic field in radio sources associated with clusters of galaxies", in: Proceedings Cargex Workshop on Magnetic Fields and Extragalactic Objects.
- Sancisi, R. and Albada, T.S. van, "HI Rotation Curves of Galaxies", in: Dark Matter in the Universe (eds. J. Kormendy, G.R. Knapp), IAU Symp. 117, Princeton, Reidel, Dordrecht, 67.
- Sancisi, R. and Albada, T.S. van, "Dark Matter", in: Observational Cosmology (eds. A. Hewitt, G. Burbidge, Li Zhi Fang), IAU Symp. 124, Reidel, Dordrecht, 699.

- Schilizzi, R.T., "Status Report on Radioastron", Radio Astronomy in Space, Green Bank (Ed. K.W. Weiler) 153.
- Schilizzi, R.T., "QUASAT-European Status Report", Radio Astronomy in Space, Green Bank (Ed. K.W. Weiler), 164.
- Simon, R.S., Johnston, K.J., Eckhart, A., Biermann, P., Schalinski, C., Witzel, A. and Strom, R.G., "The arcminute structure of 1928+738", in: Superluminal Radio Sources (eds. J.A. Zensus, T.J. Pearson), Cambridge University Press, 155.
- Skillman, E.D., "Neutral Hydrogen and Star Formation in Irregular Galaxies", in: Star Formation in Galaxies (ed. C.J. Lonsdale Persson) NATO Publ. CP2466, 263.
- Smith, H.A., Fischer, J., Mozurkewich, D., Schwartz, P.R. and Geballe, T.R., "IR Line and Continuum Observations from Bipolar Outflow Sources", in: Star Forming Regions (eds. M. Peimbert, J. Jugaku), IAU Symp. 115, Reidel, Dordrecht, 343.
- Sondaar, L.H., "The hydrogen maser LSRH H3 in operational use at the Westerbork Synthesis Radio Telescope", First European Time and Frequency Forum, Besançon.
- Spoelstra, T.A.Th., "Correcting ionospheric effects in radio astronomy and satellite geodesy", in: Proceedings of the international beacon satellite symposium on Radio Beacon contribution to the study of ionization and dynamics of the ionosphere and to corrections to geodesy, June 9-14, 1986, (ed. A. Tauriainen), p. II-253, University of Oulu, Finland.
- Spoelstra, T.A.Th., "Correcting refraction in radio astronomy and satellite geodesy", Kleinheubacher Berichte Band 30, 1.
- Spoelstra, T.A.Th., "Correcting refraction in radio astronomy", Publ. Astr. Ops. Beograd, 35, 213.
- Spoelstra, T.A.Th. and Kelder, H., "Accuracy considerations for ionospheric data to use in radio astronomical corrections", in: Proceedings of the international beacon satellite symposium on Radio Beacon contribution to the study of ionization and dynamics of the ionosphere and to corrections to geodesy, June 9-14, 1986, (ed. A. Tauriainen), p. II-277, University of Oulu, Finland.
- Strong, A.W., Bloemen, J.B.G.M., Dame, T.M., Grenier, I.A., Hermsen, W., Lebrun, F., Nyman, L.A., Pollock, A.T.M. and Thaddeus, P., "Gamma-ray/gas correlations over the whole Galaxy", in: Proceedings 20th Int. Cosmic Ray Conf. 1, 125.

Taylor, A.R., Pottasch, S.R. and Zhang, C.Y., "A Wind-Shell Model for Radio Emission from Compact Planetary Nebulae", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S. Kwok, S.R. Pottasch), Proc. of Calgary Workshop, Reidel, Dordrecht, 399.

Veen, W.E.C.J. van der, "The evolution of thermal pulsing AGB stars derived from the observations of OH/IR stars", in: Late Stages of Stellar Evolution (eds. S.Y. Kwok and S.R. Pottasch), Reidel, Dordrecht, 309.

Veen, W.E.C.J. van der, Habing, H.J. and Geballe, T.R., "The Evolution from Miras to Planetary Nebulae as Derived from Observations of Miras and OH/IR Stars", in: Planetary and Proto-Planetary Nebulae: from IRAS to ISO (ed. A. Preite-Martinez), Proc. of Frascati Workshop 1986, Reidel, Dordrecht, 69.

Wilkinson, P.N. and Bruyn, A.G. de, "Shell-like structure in 41.9+58: a powerful SNR in M82", in Proceedings of IAU Symposium 129, Reidel, Dordrecht, in press.

E. 3. Populaire artikelen

Achterberg, A., "Het uitdijende heelal", Zenit 14, 329.

Achterberg, A., "De hoofdrolspelers in de kosmische schouwburg
(elementaire deeltjes en krachten in de natuur)", Zenit 14,
368.

Achterberg, A., "Op zoek naar eenheid in het heelal", Zenit 14,
408.

Bottema, R., "De Warp van Westerbork", NRC-Handelsblad, juli.

Kruit, P.C. van der, "Astronoom van Beroep", Zenit 14, 137.

Shostak, G.S., "Where are the Extraterrestrials Hiding?", The
World & I., mei.

Shostak, G.S., "The Search for Other Worlds", The World & I.,
december.

E.4. Internal Technical Reports

<u>No.</u>	<u>Auteur</u>	<u>Titel</u>
184	Kahlmann, H.C., Spoelstra, T.A.Th.	Interference Problems in Radio Astronomy.

E.5. Notes *

<u>No.</u>	<u>Auteur</u>	<u>Titel</u>
487	Ardenne, A. van, Watt, G.D.	Proposal for a multibeam mm SIS receiver in the range 460-490 GHz for use with the MT.
497	Hin, A.C.	WSRT-spacings
498	Hin, A.C.	WSRT-relatie /s"/n/decomp s'
503	Olonon, F.M.	Be your own draftsman with MONGO.
504	Woestenburg, E.E.M.	Tuning procedure for the MT345 GHz receiver.
505	Bos, A.	Not yet issued
506	Casse, J.L.	Effect of Wind on WSRT surface efficiency.
507	Ardenne, A., Schipper, B.A.P., Ree, L.J. van der	A triple waveguide crossed guide coupler at 350 GHz.
508	Vijayanarasimha, S.	On testing the NFRA correlator board.
509	Casse, J.L.	JCMT theoretical efficiency versus thermal effects.
510	Foley, A.R.	How to send electronic mail from the VAX.
511	Schoneville, N.	11,5-12 GHz amplifier t.b.v. het referentie frequentie systeem.

512	Nan Ren-dong	The comparison of VLBI data processing in the CALTECH and AIPS Reduction Packets.
513	Ardenne, A. van	Studies of Planar Antenna Structures.
514	Hin, A.C.	Feed-Focus Aspecten.
515	Hin, A.C.	Not yet issued.
516	Hin, A.C.	Aspecten "WSRT multifrequency frontends"
517	Buiter, J.	DCB synthesizers MkII
518	Spoelstra, T.A.Th.	COCO - conversion of celestial coordinates
519	Bos, A.	Preliminary description of the JCMT spectrometer control software package
520	Diepen, G.N.J. van, Raimond, E.	Proposal for the stage 3 La Palma Archive Software

* Een note wordt uitgegeven onder persoonlijke verantwoording van
de auteur(s) en geeft niet noodzakelijk de mening van de
Stichting RZM weer.

E.6. Colloquia gehouden te Dwingeloo in 1987

<u>Naam</u>	<u>Titel</u>
R.J. Allen	"New projects in Observational Astronomy in Illinois".
R.J. Allen	"Radio observations of Spiral Structure in Galaxies".
A. van Ardenne	"Het Westerbork VLBI ontvanger systeem".
J.D. Bregman	"Technische bespreking over het portable CCD system".
J.H. van Gorkom	"The other supernova".
J.C. Green	"Philopsophy of UNIX illustrated by examples".
J.E. Noordam	"OASIS: A mission concept".
J. Roland	"A self consistent method to obtain physical parameters in the Cygnus A hot spots".
G. Swarup	"A giant metre wave radio telescope in India".
K.W. Weiler	"Radio Astronomy from Space".

E.7. Colloquia/voordrachten gegeven door medewerkers van de Stichting RZM *

Ardenne, A. van, "Optics of a linear mixer array", 1st Quasi Optics Workshop Max-Planck-Institut für Radioastronomie.

Ardenne, A. van, "De James Clerk Maxwell (sub)mm Telescoop", Nederlandse Vereniging Weer- en Sterrekunde, Roden.

Ardenne, A. van, "Experimental results with JJ mixer devices", URSI, Open Symposium, Tel Aviv.

Ardenne, A. van, "Receiver Developments at NFRA for the JCMT", URSI, Tel Aviv.

Ardenne, A. van, "Phasing the Westerbork array for VLBI", Commission J, URSI, Tel Aviv.

Ardenne, A. van, "Components for a small SIS array at 350 GHz", 17th European Microwave Conference, Rome.

Ardenne, A. van, "Ontvanger ontwikkelingen voor de JCMT", Ned. Electronica en Radio Genootschap (NERG), Eindhoven.

Ardenne, A. van, "Multibeam waarnemingen met de JCMT", Colloquium Sterrewacht Leiden.

Brouw, W.N. and Bruyn, A.G. de, "327 MHz results", URSI, Tel Aviv.

Brouw, W.N. and Bruyn, A.G. de, "Redundancy with the WSRT", URSI, Tel Aviv.

Bruyn, A.G. de, "Shell-like structure in 41.9+58: a powerful SNR in M82", IAU Symp. 129, Cambridge, USA.

Casse, J.L., "mm en sub-mm ontwikkelingen bij RZM", Workshop over mm, sub-mm en infrarood spectroscopie.

Casse, J.L., "SRT upgrade plannen", Colloquium Sterrewacht Leiden.

Hulst, J.M. van der, "The HII regions in M51", Colloquium Max-Planck-Institut für Radioastronomie.

Hulst, J.M. van der, "High Velocity Gas in M101", Lunchtalk Groningen.

Hulst, J.M. van der, "Radio Emission and Interaction of Galaxies with each other and their Environment", RAS meeting, Manchester, invited review.

- Schilizzi, R.T., "VLBI and QUASAT", ESO, Munich.
- Schilizzi, R.T., "Interferometrie in de ruimte", Utrecht.
- Schilizzi, R.T., "Radio Astronomy in Space", Nederlands Electronica en Radio Genootschap (NERG), Eindhoven.
- Schilizzi, R.T., "Radio Astronomy in Space", Shanghai.
- Schilizzi, R.T., "Developments in the EVN", Shanghai.
- Schilizzi, R.T., "SS433", Shanghai.
- Schilizzi, R.T., "Space VLBI", Nanjing, Beijing.
- Schilizzi, R.T., "Compact Steep Spectrum Sources, SS433", Beijing.
- Skillman, E.D., "Abundances in Low Mass Irregular Galaxies", Colloquium Kapteyn Laboratorium, Groningen.
- Skillmann, E.D., "Abudances in Low Mass Irregular Galaxies", Colloquium Sterrewacht Leiden, Leiden.
- Spoelstra, T.A.Th., "Radio observations of novae", Kraków.
- Spoelstra, T.A.Th., "Radio observations of novae", Torun.
- Spoelstra, T.A.Th., "Interference in Radio Astronomy", Torun.
- Spoelstra, T.A.Th., "Interference in Radio Astronomy", Beijing.
- Spoelstra, T.A.Th., "Voordracht reeks over gegevensverwerking van radio interferometrie", Miyun en Nanjing.
- Spoelstra, T.A.Th., "Recent astronomical research in the Netherlands", Kunming.
- Spoelstra, T.A.Th., "Polarisation of galactic radio emission", Green Bank, USA.
- Strom, R.G., "CTB80: A pulsar driven supernova remnant", Colloquium Kapteyn Laboratorium, Groningen.
- Strom, R.G., "CTB80: A pulsar driven supernova remnant", Colloquium Amsterdam (GU).
- Strom, R.G., "A SNR with a neutron star driven component", IAU Colloquium 101, Penticton, Canada.

Strom, R.G., "Implications of a pulsar in CTB80 for other neutron star driven nebulae", RAS Discussion on "Pulsars", Londen, Engeland.

* Dwingeloo colloquia zijn niet inbegrepen, zie onder E.6.

E.8. Deelname van RZM-medewerkers aan congressen en conferenties

Ardenne, A. van, First European Quasi Optics Workshop, Max Planck Institut für Radioastronomie, Bonn, mei.

Ardenne, A. van, URSI, Tel Aviv, Israel, augustus.

Ardenne, A. van, 17th European Microwave Conference, Rome, augustus.

Bos, A., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Bos, A., ESPRIT conferentie, "Parallel architecture and languages", juni.

Bos, A., URSI, Tel Aviv, Israel, augustus.

Bregman, J.D., "WHT Critical Progess Review", Herstmonceux, november.

Bregman, J.D., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Brouw, W.N., URSI, Tel Aviv, Israel, augustus.

Brouw, W.N., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Brouw, W.N., "WHT Critical Progess Review", Herstmonceux, november.

Bruyn, A.G. de, IAU Symposium 129, "The Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics", Cambridge, Mass., USA, mei.

Casse, J.L., Officiële opening JCMT, Hawaii, april.

Hin, A.C., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Hulst, J.M. van der, JCMT Summer School "Millimeter and Submillimetre Astronomy", Stirling, Scotland, juni.

Hulst, J.M. van der, 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Kahlmann, H.C., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

- Kahlmann, H.C., Colloquium "Coordination of observational Projects", Strassbourg, november.
- Noordam, J.E., NOAO/ESO meeting on Groundbased Optical Interferometry, Tucson, januari.
- Noordam, J.E., NASA/JPL meeting on Space Interferometry, Pasadena, USA, maart.
- Noordam, J.E., ESA Workshop on Space Interferometry, Granada, Spanje, juni.
- Noordam, J.E., First Anglo-French meeting on Groundbased Optical Interferometry, Herstmonceux, Engeland, november.
- Raimond, E., "Astronomy from Large Data bases", Garching bei München, oktober.
- Raimond, E., "The Outer Galaxy", College Park, Maryland, USA, mei.
- Schilizzi, R.T., IAU Symposium 129 on "The Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics", Cambridge, Mass., USA, mei.
- Schilizzi, R.T., Workshop on "Mass Outflows from Stars and Galactic Nuclei", Turijn, Italië, mei.
- Schilizzi, R.T., URSI General Assembly, Tel Aviv, Israel, augustus.
- Schilizzi, R.T., Seventh IACG Meeting, Kyoto, Japan, oktober.
- Schilizzi, R.T., Fourth Workshop on Radioastron, Moskou, USSR, april.
- Schilizzi, R.T., Fifth Workshop on Radioastron, Moskou, USSR, december.
- Skillman, E.D., Colloquium 101, "The Interaction of Supernova Remnants with the Interstellar Medium", Penticton, Canada, juni.
- Skillman, E.D., American Astronomical Society Summer Meeting, Vancouver, Canada, juni.
- Skillman, E.D., NATO Advanced Study Institute, "Galactic and Extragalactic Star Formation", Whistler, B.C., Canada, juni.
- Slottje, C., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie, Papendal, Arnhem, mei.

Sondaar, L.H., Fourth Workshop on Radioastron, Moskou, USSR, april

Sondaar, L.H., Fifth Workshop on Radioastron, Moskou, USSR, decem-
ber.

Spoelstra, T.A.Th., 42^e Nederlandse Astronomen Conferentie,
Papendal, Arnhem, mei.

Spoelstra, T.A.Th., Xth European Regional Meeting, Praag,
Tsjechoslowakije, augustus.

Spoelstra, T.A.Th., International Workshop, "Atmospheric
Refraction", Belgrado, Bulgarije, september.

Spoelstra, T.A.Th., IAU Colloquium 100, "Fundamentals of
Astrometry", Belgrado, Bulgarije, september.

Strom, R.G., IAU Colloquium 101, "The Interaction of Supernova
Remnants with the Interstellar Medium", Penticton, Canada,
juni.

Strom, R.G., Workshop on "HI at High Redshifts", Dwingeloo, juli.

Strom, R.G., Royal Astronomical Society Discussion Meeting on
"Pulsars", Londen, Engeland, november.

Woestenburg, E.E.M., European Solid State Sources Workshop, Ulm,
West Duitsland, september.

Appendix F. AFKORTINGEN / ABBREVIATIONS.

AAT	Anglo Australian Telescope
ADAM	Astronomical Data Analysis & Management system
AGN	Active Galactic Nuclei
AIPS	Astronomical Image Processing System
AOS	Acousto Optical Spectrograph
ASTRON	Stichting Astronomisch Onderzoek in Nederland
BHB	Blue Horizontal Branch
BLR	Broad Line Region
CAT	Coudé Auxiliary Telescope
CCD	Charge Coupled Device
CCIR	Comité Consultatif International Radio Communication
CESRA	Committee of European Solar Radio Astronomers
CIT	California Institute of Technology
CLRO	Clark Lake Radio Observatory
CO	CO molecuul
CSIRO	Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization (Australië)
CTD	Centrale Technische Dienst
DAS	Digital Autorcorrelator Spectrometer
DB	Dagelijks Bestuur
DCB	Digital Continuum Backend
DLB	Digital Line Backend
DMA	Direct Memory Access
DRAO	Dominion Radio Astronomy Observatory (Penticton, Canada)
DWARF	Dwingeloo/Westerbork Astronomical Reduction Facility
DXB	Extended Digital Line Backend
ESA	European Space Agency
ESO	European Southern Observatory
EVN	European VLBI Network
FAST	Fundamental Astronomy by Space Techniques Consortium
FET	Field Effect Transistor
FFT	Fast Fourier Transform
FK4	Vierde Fundamentele Katalogus van sterposities.
FITS	Flexible Image Transport System
FWHM	Full Width Half Maximum
GHRIL	Ground based High Resolution Imaging Laboratory
GIPSY	Groningen Image Processing System
HI	Ongeïoniseerde (neutrale) waterstof
HII	Geïoniseerde waterstof
HPBW	Half Power Beam Width
HVC	High Velocity Cloud
IAC	Instituto de Astrofisica de Canarias
IACG	Inter Agency Consultative Group
IAU	International Astronomical Union
IC	Integrated Circuit
IKI	Space Research Institute, Moskou
ING	Isaac Newton Group of telescopes

INT	Isaac Newton Telescope
IPCS	Image Photon Counting System
IR	Infrarood
IRAS	InfraRed Astronomical Satellite
IRS	Intermediate Resolution Spectrograph
ITR	Internal Technical Report
IUCAF	Inter Union Commission for the Allocation of Frequencies
JISWG	Joint IRAS Scientific Working Group
JKT	Jacobus Kapteyn Telescope
JPL	Jet Propulsion Laboratory
Jy	Jansky (10^{-26} W/m ² /Hz)
KPNO	Kitt Peak National Observatory (USA, onderdeel van NOAO)
LBDS	Leiden Berkeley Deep Survey
LINER	Low Ionization Nuclear Emission Regions
LO	Locale oscillator
LRS	Low Resolution Spectrograph (IRAS)
LWG	Landelijke WerkGemeenschap
MIDAS	Munich Image Data Analysis System
MPIfR	Max Planck Institut für Radioastronomie
MT	Maxwell Telescope
MWLCO	Mount Wilson & Las Campanas Observatories
NAC	Nederlandse Astronomen Club
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCA	Nederlands Comité Astronomie
NFRA	Netherlands Foundation for Radio Astronomy
NGC	New General Catalog
NLR	Narrow Line Region
NOAO	National Optical Astronomy Observatories (USA)
NRAO	National Radio Astronomy Observatory (USA)
NRC	National Research Council (Canada)
NSF	National Science Foundation
NWO	Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek
OH	OH molecuul
OR	Ondernemingsraad
OVRO	Owens Valley Observatory
PATT	International Panel for Allocation of Telescope Time (UK)
PC	Programma Commissie
pc	parsec
POSS	Palomar Observatory Sky Survey
QUASAT	QUAsar SATellite (space VLBI)
RAL	Rutherford Appleton Laboratories
RAS	Royal Astronomical Society
RF	Radio Frequency
RGO	Royal Greenwich Observatory
rms	root mean square
RT	radiotelescoop

IRAM (Frankrijk): IRAM, voie 10 - Domaine Universitaire, 38406 St.
Martin d'Heres, Frankrijk, tel. 09-33-76-
423383, telefax 09-33-76-515938, telex F
980753.

IRAM (Spanje) : IRAM, Av. Divina Pastora 7, Nuclar Central,
18012 Granada, Spanje, tel. 09-34-58-
279508/279516, telefax 09-34-58-207662,
telex E 78584.

JCMT : - Joint Astronomy Centre, 665 Komohana Street,
Hilo, Hawaii 96720, USA, tel. 09-1-808-
9613756, telefax 09-1-808-9616156, telex USA
708633135 (UKIRT USA)
- Hawaii Telescopes Unit, Royal Observatory,
Blackford Hill, Edinburgh EH9 3HJ, tel. 09-
44-31-6673321, telefax 09-44-31-6679422,
telex G 72383 (ROEDIN G).
- Telescope: tel. 09-1-808-9350852, telex USA
708633150 (UKOBS).

Jodrell Bank : University of Manchester, Nuffield Radio
Astronomy Laboratories, Jodrell Bank,
Macclesfield, Cheshire SK11 9DL, Engeland,
tel. 09-44-477-71321, telefax 09-44-477-
71618, telex G 36149.

Kent University : Electr. Dept. of Kent University at Canterbury,
Canterbury, Kent CT2 7NT, Engeland, tel. 09-
44-227-66822, telex G 965449.

La Palma : Observatorio del Roque de los Muchachos, Isaac
Newton Group of Telescopes,
Kantoor: RGO, Apartado de Coreos 321, Santa Cruz
de La Palma, Prov. de Tenerife,
Canarias, Spanje, tel. 09-34-
22411005/411048/ 411448, telefax 09-34-
22-414203, telex E 92757,

Berg: INT console+restroom tel. 09-34-22-400151,
JKT console+restroom tel. 09-34-22-400164,
Residencia tel. 09-34-22-400196, telefax
09-34-22-400050, telex E 92639.

Leiden : Sterrewacht, Niels Bohrweg 2, 2333 CA Leiden,
tel. 071-275700/275800, telefax 071-275819,
telex 39058,
Postadres: Postbus 9513, 2300 RA Leiden.

NRAO : Edgemont Road, Charlottesville, VA 22901, USA,
tel. 09-1-804-2960211, telefax 09-1-804-
2960278, telex USA 59109970174.

NRAO : P.O. Box 2, Green Bank, WV 24944, USA, tel. 09-
1-304-4562011, telex USA 7109381530.

NWO : Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek, Juliana van Stolberglaan 148, 2595 CL 's-Gravenhage, tel. 070-496649/824231, telefax 070-855700, telex NL 31660.
Postadres: Postbus 93138, 2509 AC Den Haag.

Nijmegen : Sterrenkundig Instituut, Katholieke Universiteit, Toernooiveld, Nijmegen, tel. 080-611111, telefax 080-553450, telex NL 48228.
Postadres: Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen.

QMC : Queen Mary College, Department of Physics, Mile End Road, London E1 4NS, England, tel. 09-44-1-9804811, telex G 893750.

RAL : Rutherford/Appleton Laboratories, Techn. Div. Bldg.R65, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0QX, Engeland, tel. 09-44-235-21900, telefax 09-44-235-446863, telex G 83159.

RGO : Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux Castle, Hailsham, East Sussex BN27 1RP, Engeland, tel. 09-44-323-833171, telefax 09-44-323-833667, telex G 87451.

Roden : Kapteyn Sterrewacht, Mensingheweg 20, 9301 KA Roden, tel. 05908-19631, NL telex 53767.

ROE : Royal Observatory, Blackford Hill, Edinburgh EH9 3HJ, Schotland, tel. 09-44-31-6673321, telefax 09-44-31-6673321, telex G 72383.

SERC : Science and Engineering Research Council, Polaris House, North Star Avenue, Swindon SN2 1ET, Engeland, 09-44-793-26222, telefax 09-44-793-511181, telex G 449466.

SRON (Utrecht) : Ruimteonderzoek Utrecht, Beneluxlaan 21, 3527 HS Utrecht, tel. 030-937145, telefax 030-945783, telex NL 47224.

SRON (Groningen) : Ruimteonderzoek Groningen, Landleven 12, 9747 AE Groningen, tel. 050-634073, telefax 050-634033, telex NL 53572.
Postadres: Postbus 800, 9700 AV Groningen.

SRON (Leiden) : Ruimteonderzoek Leiden, Sterrewacht, Postbus 9504, 2300 RA Leiden, tel. 071-275700/5800, telex NL 39058.

UKIRT : - Hawaii Telescopes Unit, Royal Observatory, Blackford Hill, Edinburgh EH9 3HJ, tel. 09-44-31-6673321, telefax 09-44-31-6679422, telex G 72383 (ROEDIN G).
- Telescope: tel. 09-1-808-9616091/9354690, telex USA 708633150 (UKOBS).

Utrecht : Sterrenkundig Instituut, Princetonplein 5, tel. 030-535200, telefax 030-945783, telex NL 40048.
Postadres: Postbus 80.000, 3508 TA Utrecht.

VLA : NRAO, P.O. Box 0, Socorro, NM 87801, USA, tel.
09-1-505-8352924, (site: 09-1-505-7724011),
telex USA 59109881710.

Westerbork : Radiosterrenwacht Westerbork, Schattenberg 1,
9433 TA Zwigelte, tel. 05939-421, telex NL
53621.

- Albada, Prof.Dr. T.S. van, Groningen, 050-634089.
Groenestein 31, 9301 TP Roden, 05908-17093.
- Albinson, Dr. J.S., University of Keele, Dept. of Physics, Keele,
Staffordshire ST5 5BG, Engeland.
- Allen, Prof.Dr. R.J., Department of Astronomy, University of
Illinois, 349 Astronomy Building, 1011 W.
Springfield Ave., Urbana, IL 61801, USA, 09-1-
217-3333090, telex USA 59102452434.
- Ardenne, Ir. A. van, Dwingeloo, SRON Groningen,
Tapuitlaan 102, 7905 CZ Hoogeveen, 05280-71114.
- Atherton, Dr. P.D., Queensgate Instruments Ltd., Silwood Park,
Ascot, Berkshire SL5 7PW, Engeland, 09-44-990-
872387.
- Baars, Dr.Ir. J.W.M., Bonn.
Tannenstrasse 6, 5357 Morenhoven, B.R.D.
09-49-222-65905.
- Bajaja, Dr. E., Bonn.
- Baldwin, Dr. J.E., Cambridge (MRAO).
- Balick, Prof. B., Astronomy Dept. FM-20, University of Washington,
Seattle, WA 98195, USA, 09-1-206-5437683, telex
USA 4740096.
- Balster, Y.M.J., Debussyalaan 54, 7333 DH Apeldoorn, 055-338039.
Barthel, Dr. P.D., Caltech 105-24, Pasadena, CA 91106, USA.
Na 1 augustus 1988: Groningen.
- Baum, Dr. S.A., Dwingeloo.
Achter de Hoven 3, 7991 AD Dwingeloo, 05219-3067
- Baud, Dr. B., Fokker B.V., Space Div., TR-MC, 1117 ZJ Schiphol,
020-5442631.
Atjehweg 3, 2202 Noordwijk, 01719-14798.
- Beckers, Prof. J.M., Advanced Development Program Natl. Optical
Astron. Obs., 950 N. Cherry Ave., Tucson, AZ
85726, USA. Na 1 september 1988: ESO.
- Beerekamp, W.H.J., Dwingeloo.
Valderseweg 2, 7991 BC Dwingeloo, 05219-1923.
- Begeman, Dr. K., Groningen, 050-634059.
Naweg 12, 9461 BL Gieten, 05926-2622.
- Berkhuijsen, Dr. E.M., Bonn.
Martin Legros Strasse 118, 5300 Bonn 1, B.R.D.,
09-49-228-646302.
- Blaauw, Prof. Dr. A., Groningen, 050-634084.
Schaepmanlaan 17, 9722 NP Groningen, 050-265176.
- Bleeker, Prof. Dr. Ir. J.A.M., SRON, Utrecht.
Wagnerlaan 10, 3723 JV Bilthoven, 030-786921.
- Boer, Drs. J.A. de, Groningen, 050-634073.
Prinses Irenelaan 1, 9765 AL Paterswolde,
05907-4290.
- Boksenberg, Prof. A., RGO.
- Boland, Dr. W.H.W.M., Hawaii.
Na zomer 1988: Burg. Weimalaan 14, 7948 AM
Nijeveen, 05229-2281.

Bontekoe, Dr. T.R., SRON Groningen.
Bouwerschapweg 54, 9791 TJ Ten Boer, 05902-2456.

Booth, Prof. R.S., Onsala Space Observatory, S-43034 Onsala,
Zweden, 09-46-300-62590, telex S 2400.

Bos, Dr.Ir. A., Dwingeloo.
De Reiger 17, 7905 GG Hoogeveen, 05280-67613.

Bosma, Dr. A., Observatoire de Marseille, 2 Place le Verrier,
13248 Marseille, Cedex 4, 09-33-91-959088.

Bottema, Drs. R., Groningen, 050-634087.
Hofakkers 20, 9468 EE Annen, 05922-2509.

Boulanger, F., Observatoire de Meudon, 92190 Meudon, Frankrijk.
09-33-1-45-347530, telex F 270912.

Braes, Dr. L.L.E., Leiden, 071-275873.
Vondellaan 56, 2332 AG Leiden, 071-765065.

Brand, Dr. J., Leiden, 071-275864.
Van Swietenstraat 13, 2334 EA Leiden, 071-
176896.

Braun, Dr. R., VLA.

Bregman, Ir. J.D., Dwingeloo.
De Groenkampen 5, 9414 AM Hooghalen, 05939-387.

Breugel, Dr. W.J.M. van, University of California, Dept. of
Astronomy, Berkeley, CA 94720, USA, 09-1-415-
6425275, telex USA 59103667945.

Brinks, Dr. E., RGO.

Broeils, Drs. A.H., Groningen, 050-634091.
Tuinstraat 22b, 9711 VD Groningen, 050-131787.

Brouw, Prof.Dr. W.N., Dwingeloo.
Schapendrift 40, 9411 BT Beilen, 05930-3514.

Brouwer, Dr.Ir. F.J.J., afd. Geodesie, T.H. Delft, Thijsseweg 11,
2629 JA DELFT, 015-782554 en Dienst van het
Kadaster en de Openbare Registers, Waltersingel
1, 7314 NK Apeldoorn, 055-285340.

Brugge, Ir. J.F. van der, Achter de Hoven 2, 7991 AD Dwingeloo,
05219-1720.

Bruyn, Dr. A.G. de, Dwingeloo.
Leggeloo 29, 7991 PW Dwingeloo, 05219-2687.

Bueren, Dr. H.G. van, Raad van Advies voor het Wetenschaps-
beleid, Javastraat 42, 2585 AP Den Haag,
Postbus 18524, 2502 EM Den Haag.
Meidoornlaan 13, 3461 ES Linschoten, 03480-
15406.

Burg, Dr. G. van der, Nijmegen, tst. 2080.
Burg. Blessinglaan 58, 6644 DD Ewijk, 08872-
3011.

Burke, Prof.Dr. B.F., Massachusetts Institute of Technology,
Phys. Dept., Cambridge, MA 02139, USA, 09-1-617-
2532572, telefax 09-1-617-2538000, telex USA
96023174194.

Burnell, Dr. J.S.B., ROE.

Burns, Dr. W.R., NRAO, Charlottesville.

Burton, Prof.Dr. W.B., Leiden, 071-275884/275891.
Lagewaard 1, 2396 AT Koudekerk aan de Rijn,
01714-4064.

Butcher, Prof.Dr. H.R., Roden, Groningen, 050-634086.
Floralaan 8, 9301 KE Roden, 05908-13051.

Cannon, Dr. R., Anglo-Australian Observatory, P.O. Box 296,
Epping, N.S.W. 2121, Australië, 09-61-2-868-
1666, telex AUS 123999.

Carignan, Dr. C., Département de Physique, Université de Montréal,
C.P. 6128, Suc. "A", Montréal (Que.), H3C 3J7,
Canada.

Casertano, Dr. S., Groningen, 050-634052.
Planetenlaan 299, 9742 HK Groningen, 050-713760.

Casse, Ir. J.L., Dwingeloo.
Kleine Beer 62, 7904 LV Hoogeveen, 05280-65392.

Christiansen, Prof. W.N., "Bingera" RMB 436, Macks Reef Rd.,
Sutton, Via Bungendore, N.S.W. 2621, Australië.

Cole, Prof. T.W., School of Electrical Engineering, University of
Sydney, NSW 2006, Australië.

Coleman, Dr. P.H., Groningen, 050-634064.
Fongersplaats 80, 9725 LD.Groningen, 050-264000.

Conway, Dr. R.G., Jodrell Bank.

Coolen, A.H.W.M., Groningen, 050-634067.
Valreep 29, 9732 EG Groningen, 050-421365.

O'Dea, Dr. C.P., Dwingeloo.
Achter de Hoven 3, 7991 AD Dwingeloo, 05219-3067

Dekker, J.S., Dwingeloo.
Eemster 15, 7991 PP Dwingeloo, 05219-2241.

Deul, Drs. E.R., Leiden, 071-275878.
Peppelschans 38, 2352 BE Leiderdorp.

Dickel, Dr. J.R., University of Illinois, Astronomy Department,
1011 W. Springfield Ave., Urbana, IL 61801, USA.

Diepen, G.N.J. van, Dwingeloo.
Moleneinde 25, 7981 AM Diever, 05219-2729.

Downes, Dr. D., IRAM.

Driel, Dr. W. van, Amsterdam (G.U.).

Dymanus, Prof.Dr. A., Grameystraat 35, 6525 DN Nijmegen, 080-
231377.

Ekers, Prof.Dr. R.D., CSIRO Div. of Radiophysics, P.O. Box 76,
Epping NSW 2121, 09-61-2-868-022, telefax 09-
61-2-868-0457, telex AUS 26230.

Fanti, Dr. C., Bologna.

Fanti, Dr. R., Bologna.

Fejes, Dr. I., Népszinház-u 46, H 1081 Budapest, Hongarije.

Felli, Dr. M., Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Largo Enrico
Fermi 5, 50125 Firenze, Italië, 09-39-55-220034.

Fokker, Dr. A.D., Kruislaan 17, 3712 AL Bilthoven, 030-785610.

Foley, Dr. A.R., Dwingeloo.
W. Jaarsmasingel 54a, 7991 DB Dwingeloo, 05219-
1456.

- Forster, Dr. J.R., C.S.I.R.O., Division of Radiophysics, P.O. Box 76, Epping, N.S.W. 2121, Australië, 09-61-2-868-0222, telex AUS 26230.
- Frater, Dr. R.H., CSIRO, Inst. of Information and Communications Technologies, P.O. Box 93, North Ryde, Epping, NSW 2121, Australia, 09-61-2-868-0222, telex AUS 26230, telefax 09-61-2-868-0457.
- Gathier, Dr. R, Min. van Onderwijs en Wetenschappen, Directie Wetenschapsbeleid, Postbus 25000, 2700 LZ Zoetermeer, 079-532268, Van Slingelandplantsoen 15, 2253 WT Voorschoten, 017-317665.
- Geertsema, Drs. G.T., Utrecht, 030-535213. Furkabaan 724, 3524 ZM Utrecht, 030-897535.
- Geus, Drs. E.J. de, Leiden, 071-275840. Klikspaanweg 22a, 2324 LW Leiden, 071-760533.
- Gorgolewski, Prof. S., Torun Radio Astronomical Observatory, Ul. Chopina 12/18, 87-100 Torun, Polen, 09-48-56-206-55, telex P 055234.
- Gorkom, Dr. J.H. van, VLA en Columbia University, Dept. of Astronomy, New York, NY 10027, USA.
- Goss, Prof. Dr. W.M., VLA.
- Graauw, Dr. M.W.M. de, SRON Groningen, 050-634031. Noorderhaven ZZ 46, 9712 VL Groningen, 050-136282.
- Greenberg, Prof.Dr. J.M., Leiden, 071-275894/275915. Morsweg 44, 2312 AE Leiden, 071-133093.
- Greidanus, Drs. H.S.F. van Wimersma, Leiden, 071-275829. Vliet 11, 2311 RC Leiden, 071-141303.
- Groningen, Dr. E. van, ESTEC.
- Groot, Dr. T. de, Utrecht. Ornsteinsingel 18, 3571 HT Utrecht, 030-716148.
- Grijp, Drs. M.H.K. de, Leiden, 071-275864. Pelikaanhof 6a, 2312 EA Leiden.
- Gunn, Dr. J.E., Dept. of Astrophys. Sci., Princeton University, Peyton Hall, Princeton, NJ 08544, USA.
- Habing, Prof. Dr. H.J., Leiden, 071-275859/275916 Julianalaan 20, 2341 ER Oegstgeest, 071-154967.
- Habing, R.J., Groningen, 050-634085. Wibenaheerd 50, 9736 PC Groningen, 050-421876.
- Hamaker, Drs. J.P., Hawaii.
- Hanisch, Dr. R.J., Space Telescope Science Institute, Homewood Campus, John Hopkins University, Baltimore, MD 21218, USA, 09-1-301-3384910.
- Harris, Dr. D.E., Center for Astrophysics, 60 Garden Street, Cambridge, Massachusetts 02138, USA, 09-1-617-8307148.
- Harten, Dr. R.H., 5 Tar Heels Road, Mercerville, NJ 08619, USA, 09-160-95866108.
- Heeschen, Dr. D.S., NRAO, Charlottesville.

Heise, Dr. J., SRON Utrecht.
Geverscop 31, 3481 LV Harmelen, 03483-2066.

Herman, Dr. J., ESTEC.
Kleverparkweg 23, 2023 CB Haarlem, 023-257794.

Heuvel, Prof. Dr. E.P.J. van den, Amsterdam (G.U.).
Da Costalaan 3, 3743 HT Baarn, 02154-15586.

Hin, A.C., Westerbork.
Bosweg 23, 9414 BD Hooghalen, 05939-464.

Hoekema, T., Hoofdstraat 123, 2351 AE Leiderdorp, 071-894417.

Hoekstra, Dr. R., TNO Technisch Physische Dienst, Postbus 155,
2600 AD Delft, 015-788020.

Högbom, Dr. J.A., Stockholms Observatorium, 13300 Saltsjöbaden,
Zweden, 09-46-8-7170631.

Hoyng, Dr. P., SRON Utrecht.
Gildenring 10, 3981 JE Bunnik, 03405-1826.

Hoogenraad, D., Dwingeloo.
Middenlaan 26, 7991 AH Dwingeloo, 05219-1200.

Hooghoudt, Ir. B.G., Prinsenlaan 10, 2341 KT Oegstgeest, 071-
172524.

Hooimeyer, Mw.Drs. J.R.A., Leiden, 071-275830.
Maasstraat 5, 2314 TT Leiden, 071-896586.

Hulsbosch, Dr. A.N.M., Nijmegen, tst. 2080.
Weezenhof 66-47, 6536 BD Nijmegen, 080-446959.

Hulst, Prof.Dr. H.C. van de, Leiden, 071-275853.
Sterrewacht 8, 2311 GW Leiden, 071-131192.

Hulst, Dr. J.M. van der, Westerbork. Na 1 juli 1988: Groningen.
Kleine Beer 68, 7904 LV Hoogeveen, 05280-75513.

Hummel, Dr. E., Jodrell Bank.

Hunt, A.J., Division of Radiophysics, C.S.I.R.O., P.O. Box 76,
Epping, N.S.W. 2121, Australië.

Israel, Dr. F.P., Leiden, 071-275891.
Apothekersdijk 31, 2312 DD Leiden.

Jaffe, Dr. W.J., Leiden, 071-275883.

Jager, Prof. Dr. C. de, Utrecht, 030-525237.

Jägers, Dr. W.J., Fokker.
Boerhavelaan 156, 2334 EV Leiden, 071-171268.

Jong, Prof. Dr. T. de, Amsterdam (G.U.).
Burg. 's Jacoblaan 4, 1401 BM Bussum, 02159-
13198.

Kaastra, Dr. J.S., Utrecht.
Zwaardemakerlaan 42, 3571 ZD Utrecht, 030-
510372.

Kahlmann, Ir. H.C., Westerbork.
Brinkstraat 5, 9531 JM Borger, 05998-35372.

Kalberla, Dr. P.M.W., Astronomy Department, Univ. of Bonn, Auf dem
Hügel 71, D-5300 Bonn-1, B.R.D.

Kamphuis, Drs. J.J., Groningen, 050-634081.
Joachim Altinghstraat 26a, 9724 LX Groningen.

Kapahi, Dr. V.K., Tata Institute for Fundamental Research, Radio Astronomy Centre, P.O. Box 1234, Bangalore 560 012, India, 09-91-812-32816/34062, telex IN 818458488.

Katgert, Dr. P., Leiden, 071-275845.
Westlanderwerf 10, 2317 EH Leiden, 071-213243.

Katgert-Merkelijn, Dr. J.K., Astron.

Kattenberg, Dr. A., Tijmstraat 30, 3551 GL Utrecht, 030-434008.

Knapp, Dr. G.R., Dept. of Astrophys. Sci., Institute for Advanced Study, Princeton University, Princeton, N.J. 08544, USA.

Kos, Dr. N., NWO.

Kotanyi, Dr. C.G., Observatoire de Meudon, 92190 Meudon, Frankrijk, 09-33-1-45347530, telex F 270912.

Kramer, Ir. C., Coörd. Ontw. MSD, Gebouw QM-244, Veenpluis, 5684 PC Best, 040-762601.
Bernhardweg 2, 5582 JS Aalst, 04904-2651.

Kroodsma, Y.W., Dwingeloo.
Snellingerdijk 89, 8431 EL Oosterwolde, 05160-3632.

Kruit, Prof.Dr. P.C. van der, Groningen, 050-634053.
Marsmanlaan 8, 9721 XV Groningen, 050-257636.

Kuperus, Prof.Dr. M., Utrecht, 030-535212.
Spoorlaan 9a, 1406 SR Bussum, 02159-17288.

Kuijpers, Dr. J.M.E., Utrecht, 030-535209.
Sperwerkamp 25, 3972 WB Driebergen, 03438-14845.

Laan, Prof.Dr. H. van der, ESO.
Grotiuslaan 10, 2353 BV Leiderdorp, 071-893682.

Laureijs, Drs. R., Groningen, 050-634036.
Mudaheerd 24 links, 9737 SW Groningen.

Lintel Hekkert, Drs. P. te, Leiden, 071-275839.
Schutterstraat 15, 2316 XH Leiden.

Longair, Prof. Dr. M.S., ROE.

Longo, Dr. G., Dept of Astronomy, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, USA.

Lugtenborg, K.W.C., Leidseweg 531, 2253 JJ Voorschoten, 071-767837.

Luyten, Dr. R.J., Rekencentrum der R.U. Groningen, Postbus 800, 9700 AV Groningen, 050-633376.

Mathewson, Prof. D.S., Mount Stromlo Observatory, Private Bag, Woden ACT 2606, Australië, 09-61-62881111, telex AUS 62270

Meurs, Dr. E.J.A., ESO.

Mezger, Dr. P.G., Bonn.

Mighell, Drs. K.C., Roden.
Schonauwen 36, 9301 SR Roden, 05908-17544.

Miley, Dr. G.K., Academic Affairs Dept., Space Telescope Science Institute, Homewood Campus, Baltimore, MD 21218, USA, 09-1-301-3384700. Na 1 september 1988:
Leiden.

Molen, Prof. Dr. H.J. van der, NWO.
Moorsel, Dr. G.A. van, ESO.
Mulder, Drs. P.S., Groningen, 050-634063.
Kajuit 181, 9733 CL Groningen, 050-413107.
Muller, Prof.Ir. C.A., Odinksveld 8, 7491 HD Delden, 05407-62428.
Murdin, Dr. P.G., RGO.
Neff, Dr. S.G., Lab. for Astron. and Solar Physics, NASA-Goddard
Space Flight Center, Code 684.1, Greenbelt, MD
20771, USA.
Neubauer, Ir. F.R., Guido Gezelletaan 86, 2624 LA Delft, 015-
563636.
Newport, Dr. R.W., RAL.
Nieuwenhuijzen, Dr. H., Utrecht, 030-535237.
Grunoplantsoen 10, 3981 GT Bunnik, 03405-63253.
Nieuwkoop, Dr.Ir. J. van, Utrecht, 030-535231.
Prinsesselaan 12, 7316 CN Apeldoorn, 055-215164.
Noordam, Ir. J.E., IAC. Na 1 juli 1988: Dwingeloo.
Olling, Drs. R.P., Groningen, 050-634083.
Jozef Israelsstraat 5, 9718 GA Groningen, 050-
135642.
Olndon, Dr. F.M., Dwingeloo.
De Spits 30, 7908 DH Hoogeveen, 05280-76011.
Oort, Prof.Dr. J.H., Leiden, 071-275843.
President Kennedylaan 169, 2343 GZ Oegstgeest,
071-176702.
Oort, Dr. M.J.A., Gerbrandylaan 72, 2253 LA Voorschoten, 071-
767785.
Oosterloo, Drs. T., Groningen, 050-634083.
Jupiterstraat 75, 9712 ET Groningen, 050-731751.
O'Sullivan, Dr. J.D., CSIRO, Division of Radiophysics, P.O. Box
76, Epping, NSW 2121, Australië, 09-61-2-
8680222, telefax 09-61-2-8680457, telex AUS
26230.
Parker, Dr. N.M., La Palma.
Parma, Dr. P., Bologna.
Pater, Prof.Dr. I. de, University of California, Dept. of
Astronomy, Berkeley, CA 94720, USA, 09-1-415-
6425275, telex 59103667945.
Pel, Dr. J.W., Groningen, 050-634082 en Roden.
Havezathenlaan 107, 9301 SB Roden, 05908-15407.
Perola, Dr. G., Istituto Astronomico, c/o Istituto di Fisica n.e.,
P.le A.Moro 2, 00185 Roma, Italië.
Pickles, Dr. A.J., Groningen, 050-634058 (na 1-7-1988; daarvoor La
Palma).
't Oldehof 14, 9951 JX Winsum, 05951-1912.
Poole, Drs. R.S le, Leiden, 071-275871.
Pottasch, Prof.Dr. S.R., Groningen, 050-634097.
Zuidlaarderweg 1, 9756 CE Glimmen, 05906-1544.
Raad, Drs. B. de, Berkenlaan 1, 2224 EH Katwijk aan Zee, 01718-
14432.

- Radhakrishnan, Prof. V.R., 09-91-812-360522, Raman Research Institute, Hebbal P.O., Bangalore, 560 080, India, 09-91-812-360122, telex 8452671.
- Raimond, Dr. E., Dwingeloo.
Esweg 4, 7991 AC Dwingeloo, 05219-1699.
- Rees, Prof. M.J., Cambridge (IOA).
- Retallack, Dr. D.S., VLA.
- Riemers, P.H., Dwingeloo.
Egbert Nijstadlaan 4, 7991 AZ Dwingeloo, 05219-2306.
- Robertson, Dr. J.G., Astrophysics Dept., School of Physics, University of Sydney, NSW 2006, Australië.
- Roelfsema, Dr. P.R., VLA.
- Rots, Dr. A.H., VLA.
- Ruiter, Dr. H.R. de, Via del Borgo 27, Bologna, Italië.
- Sancisi, Prof. Dr. R., Groningen, 050-634057.
B. de la Faillestraat 24b, 9713 JE Groningen, 050-050-140286.
- Sanders, Dr. R.H., Groningen, 050-634065.
Joh. Mulderstraat 15, 9714 CV Groningen, 050-732201.
- Sargent, Dr. W.L.W., Astronomy Department 105-24, California Institute of Technology, 1201 E. California Blvd., Pasadena, California 91125, USA.
- Schechter, Dr. P., Mt. Wilson/Las Campanas Obs. 813 Santa Barbara St., Pasadena, CA 91101, USA.
- Schilizzi, Dr. R.T., Dwingeloo.
De Kievit 66, 7905 CH Hoogeveen, 05280-69996.
- Schöller, A.H., Dwingeloo.
Valderseweg 1, 7991 BC Dwingeloo, 05219-1860.
- Schooneveld, Prof. Ir. C. van, Leiden, 071-275883.
Woelwijkstraat 9, 2252 AM Voorschoten, 01717-6457.
- Schwarz, Dr. U.J., Groningen, 050-634062.
Kamperfoelie 4, 9301 PP Roden, 05908-18720.
- Schwering, Drs. P.B.W., Leiden, 071-275874.
Veursestraatweg 162, 2265 CH Leidschendam, 070-275026.
- Sellwood, Dr. J.A., Department of Astronomy, University of Manchester, Manchester M13 9PL, Engeland.
- Shane, Prof. Dr. W.W., Nijmegen, tst. 2077.
Postbus 43, 6580 AA Malden, 080-582483.
- Shapiro, Dr. M., Naval Res. Lab., 4555 Overlook Ave. SW, Washington DC 20375, USA.
- Shaver, Dr. P.A., ESO.
- Shibasaki, Dr. K., Toyokawa Observatory, Toyokawa 442, Japan.
Miai-Jutaka 3-32, Gohomatsu 61, Miai, Okazaki 444, Japan.
- Shostak, Dr. G.S., 350 Sharon Park Drive, Apt. F-26, Menlo Park, CA 94025, USA.

Sijbring, Drs. L.G., Groningen, 050-634080.
Nieuweweg Achterom 38-10a, 9711 TG Groningen.

Skillman, Dr. E.D., University of Texas, Astronomy Department,
RLM 15.308, Austin, Texas 78712-1083, USA, 09-1-
512-471-3337, telex USA 59108741351, telefax 09-
1-512-4716016.

Slottje, Dr. Ir. C., Dwingeloo.
Het Hoge Holt 7, 7909 BE Hoogeveen, 05280-62098.

Smith, Sir Francis Graham, Jodrell Bank.

Smith, Dr. M.G., Hawaii.

Someren Gréve, Drs. H.W. van, Dwingeloo.
Mr. J. de Blieckweg 30, 7958 RG Koekange, 05223-
1744.

Sondaar, Ir. L.H., Dwingeloo.
Hoogeveenseweg 26, 7943 KA Meppel, 05220-52008.

Sparke, Dr. L.S., Groningen, 050-634056.
Van Speijkstraat 40a, 9726 BN Groningen, 050-
180224.

Spoelstra, Dr. T.A.Th., Dwingeloo.
Bieleveldlaan 5, 7906 HR Hoogeveen, 05280-71352.

Stadt, Dr.Ir. H. van de, SRON Groningen.
Praediniussingel 35, 9711 AD Groningen, 050-
122110.

Stiepel, H.J., Westerbork.
Hingstakkers 22, 9411 NP Beilen, 05930-3975.

Stirpe, Mw.Drs. G.M., Leiden, 071-275849.
Jan v. Goyenkade 10, 2311 AZ Leiden, 071-132201.

Strom, Dr. R.G., Dwingeloo.
Eursingerweg 26, 9411 BB Beilen, 05930-2327.

Stumpers, Prof. Dr. F.L., Elzentlaan 11, 5611 LG Eindhoven, 040-
115512.

Sullivan, Dr. W.T., University of Washington, Department of
Astronomy, FM-20, Seattle, WA 98195, USA.

Sijtsma, S., Westerbork.
Groenkampen 40, 9431 GX Westerbork, 05933-31643.

Tacconi-Garman, Dr. L., Dwingeloo.
De Maten 16, 7991 BB Dwingeloo, 05219-2822.

Tan, Ir. G.H., Dwingeloo.
Rigel 30, 7904 RW Hoogeveen, 05280-64017.

Taylor, Dr. A.R., University of Calgary, Office, Physics Dept.
2500 University Drive, NW, Calgary, Alberta T2N
1N4, Canada.

Teer, Dr. Ir. K., Natuurkundig Lab. der NV Philips, Prof.
Holstlaan, Gebouw WB5, 5656 AA Eindhoven, 040-
742609.

Vesaliuslaan 50, 5644 HL Eindhoven, 040-114932.

Terlouw, J.P., Groningen, 050-634068.
Lindelaan 9, 9771 AL Sauwerd, 05909-1702.

- Teuben, Dr. P.J., Department of Astronomy, University of Illinois,
349 Astronomy Bldg., 1011 W. Springfield Ave.,
Urbana, IL 61801, USA, 09-1-217-333-3090.
- Tiggelaar, Drs. D.R., Groningen, 050-634091.
Westergoweg 4, 9981 GW Uithuizen, 05953-2893.
- Tilanus, Drs. R.P.J., Groningen, 050-634080
Oosterweg 90-9, 9724 CL Groningen, 050-137493.
- Tinbergen, Dr. J., Roden, 050-634088.
Oosterzoom 11, 9321 EG Peize, 05908-33898.
- Tritton, Dr. K.P., RGO.
- Troland, Dr. T., Department of Astronomy, University of Illinois,
349 Astronomy Building, 1011 W. Springfield
Ave., Urbana, IL 61801, USA, 09-1-217-3333090,
telex USA 59102452434.
- Valentijn, Dr. E.A., Groningen, 050-634011.
Hoge der A 35a, 9712 AE Groningen, 050-122549.
- Veen, Drs. W.E.C.G. van der, Leiden, 071-275840.
Koekoekstraat 32, 2352 CV Leiderdorp, 071-
897583.
- Velusamy, Dr. T., Raman Research Institute, Bangalore 560034,
India.
- Viallefond, Dr. F.M.M., VLA.
- Vries, Drs. J.W.C. de, Klikspaanweg 10, 2324 LW Leiden, 071-
760530.
- Vries, N.B.B. de, Dwingeloo.
De Spits 34, 7908 DH Hoogeveen, 05280-72338.
- Waard, Dr. G.J. de, Fokker B.V., Space Div., TR-MC, 1117 ZJ
Schiphol, 020-5442631.
Prinses Mariannelaan 197, 2275 BE Voorburg.
- Wakker, Drs. B.P., Groningen 050-634063.
Kremersheerd 141, 9737 PM Groningen, 050-421634.
- Wall, Dr. J.V., La Palma.
- Walterbos, Dr. R.A.M., University of California, Dept. of
Astronomy, Berkeley, CA 94720, USA, 09-1-415-
6425275, telex USA 59103667945.
- Warmels, Dr. R.H., ESO.
- Watt, Dr. G.D., Hawaii.
- Webster, Dr. A., Hawaii.
- Weerstra, K. Leiden, 071-275854.
Muiderkring 219, 2332 BP Leiden, 071-762495.
- Weiler, Dr. K.W., Naval Research Laboratory, 4555 Overlook Av.,
Washington, DC 20375, USA, 09-1-202-5456700.
- Weinreb, Dr. S., NRAO, Charlottesville.
- Welch, Dr. W.J., Radio Astronomy Laboratory, University of
California, Berkeley, CA 94720, USA.
- Wellington, Dr. K.J., Division of Radiophysics, C.S.I.R.O., P.O.
Box 76, Epping, N.S.W. 2121, Australië.
- Wendker, Dr. H.J., Hamburger Sternwarte, Gojensbergsweg 112, 2050
Hamburg 80, B.R.D., 09-49-40-72522493.
- Weijma, Dr. H., N.W.O., 070-496674.

Werf, Drs. P.P. van der, Groningen, 050-634081.
Hiddemaheerd 56, 9737 JR Groningen, 050-419654.

Wesselius, Dr. P.R., SRON Groningen.
Peizerweg 31, 9726 JB Groningen, 050-120917.

Wevers, Dr. B.M.H.R., Bekemaheerd 93, 9737 PS Groningen, 050-
417916.

Wielebinski, Prof. Dr. R., Bonn.

Willis, Dr. A.G., 14504-80 Avenue, Edmonton, Alberta T5R 3K6,
Canada.

Wilson, Dr. A.S., University of Maryland, Astronomy Program Space
Science Building, College Park, Maryland 20742,
USA.

Windhorst, Dr. R.A., Arizona State Univesity, Dept. of Physics,
Tempe, AZ 85287-1504, USA, 09-1-602-965-3561.

Winnberg, Dr. A., Onsala Space Observatory, S-43034 Onsala,
Zweden, 09-46-300-60650, telex S 2400.

Woerden, Prof.Dr. H. van, Groningen, 050-634066.
Goeman Borgesiuslaan 43, 9722 RC Groningen, 050-
252784.

Woestenburg, Ir. E.E.M., Dwingeloo.
Tarwekamp 26, 7908 MR Hoogeveen, 05280-69796.

Wolfers, A., Westerbork.
Hoofdweg 53, 8424 PK Elsloo, 05612-508.

Woltjer, Prof. L., ESO.

Wouterloot, Dr. J.G.A., Bonn.
U.Haberlandstrasse 14, D 5300 Bonn-1, 09-49-228-
624670.

Zieba, Dr. S., Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytetu
Jagellonskiego, Ul. Orla 171, 30244 Krakow,
Polen.

Zijlstra, Drs. A.A., Groningen, 050-634087.
Toppingaheerd 9, 9737 TR Groningen.

Zwaan, Prof.Dr. C., Utrecht, 030-535223.
Van Galenlaan 38a, 3941 VD Doorn, 03430-14977.

