

jaarverslag  
annual report **1985** stichting radiostraling van zon en melkweg  
netherlands foundation for radio astronomy

Bij de omslag.

Radio foto van de Perseus cluster van melkwegstelsels geproduceerd met data verkregen met de WSRT op een golflengte van 92 cm (327 MHz). Door het hoge dynamische bereik aan intensiteiten in deze kaart is een gescheiden weergave van de hoge (achterzijde jaarverslag) en lage (voorzijde) intensiteitsniveaus noodzakelijk. De dominante structuren zichtbaar op de lage niveaus zijn nu voor het eerst blootgelegd. Dit komt enerzijds door het zeer steile radio spectrum, dat waarnemingen op lage frequenties noodzakelijk maakt, anderzijds door de kwaliteit van de data en de unieke verwerkingssoftware die instrumentele en atmosferische fouten herkent en elimineert. Het astrofysische belang van deze kaart betreft vooral de processen in zeer oude (tot 1 miljard jaar!) delen van radiobronnen. (Zie ook paragraaf 3.2.4.2.)

Cover.

A radio-graph of the Perseus cluster obtained with the WSRT at 327 MHz. The large dynamic range in the map necessitated a separate picture of the low- and high-brightness features. The back-cover shows the familiar structures associated with NGC 1275, NGC 1265 and IC 310. The front-cover reveals very extensive low-brightness emission at many locations in the cluster. Thus the halo of 3C84 has grown to over 20' in size, while the tail of 3C83.1A reveals a strongly curved, very steep spectrum extension protruding from the former "end" of the tail. The total dimension of the tail, excluding unknown projection foreshortening, is about 1 Mpc. Furthermore, half a dozen new cluster galaxy identifications were made, among which a few new mini head tails. (Cf. section 3.2.4.2.)

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  
facsimile: (31)52197332 NFRA

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 Zuiver-Wetenschappelijk  
Onderzoek te Den Haag.

The Netherlands Foundation for Radio Astronomy is financially  
supported by the Netherlands Organization for the Advancement of  
Pure Research (Z.W.O.) in The Hague.

TABLE OF CONTENTS

|   | Page |
|---|------|
| Table of contents   |      |
| <u>1. REPORTS OF THE BOARD AND THE PROGRAM COMMITTEE</u>                              | 7    |
| 1.1. Report of the Board  | 7    |
| 1.2. Report of the Program Committee  | 9    |
| <u>2. REPORTS OF THE DIVISIONS</u>  | 13   |
| 2.1. Westerbork Telescope Group   | 13   |
| 2.2. Dwingeloo Telescope Group  | 34   |
| 2.3. Computer Group   | 36   |
| 2.4. Laboratory and Central Technical Services  | 46   |
| 2.5. Astronomy Group  | 60   |
| 2.6. Administration of the Foundation/General Affairs                                 | 63   |
| <u>3. ASTRONOMICAL REPORTS</u><br>(3.1. Dutch; 3.2.-3.7. English)                     | 69   |
| 3.1. Summary of highlights (Dutch)  | 69   |
| 3.2. Astronomical Research done by Foundation staff                                   | 79   |
| 3.3. Radio astronomical Research at the Anton Pannekoek Institute, Amsterdam          | 104  |
| 3.4. Radio astronomical Research at the Kapteyn Laboratory Groningen                  | 105  |
| 3.5. Radio astronomical Research at the Leiden Observatory                            | 150  |
| 3.6. Radio astronomical Research at the Astronomical Institute of Nijmegen University | 176  |
| 3.7. Radio astronomical Research at the Utrecht Observatory                           | 178  |
| <u>4. ENGLISH SUMMARY</u>   | 179  |
| 4.1. Reports of the Board and the Program Committee                                   | 179  |
| 4.2. Reports of the Divisions   | 181  |

INHOUDSOPGAVE

Blz.

|   |     |
|---|-----|
| Inhoudsopgave   |     |
| 1. <u>VERSLAGEN VAN BESTUUR EN PROGRAMMA COMMISSIE</u>  | 7   |
| 1.1. Bestuursverslag  | 7   |
| 1.2. Verslag van de Programma Commissie   | 9   |
| 2. <u>AFDELINGSVERSLAGEN</u>  | 13  |
| 2.1. Telescoopgroep Westerbork  | 13  |
| 2.2. Telescoopgroep Dwingeloo   | 34  |
| 2.3. Computergroep  | 36  |
| 2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst   | 46  |
| 2.5. Astronomengroep  | 60  |
| 2.6. Algemene Zaken / Het Bureau  | 63  |
| 3. <u>ASTRONOMISCHE VERSLAGEN</u>   | 69  |
| (3.1. Nederlandstalig; 3.2.-3.7. Engelstalig)   |     |
| 3.1. Samenvatting van hoogtepunten van het onderzoek in 1985                                  | 69  |
| 3.2. Astronomisch onderzoek van Stichtings-stafleden  | 79  |
| 3.3. Radioastronomisch onderzoek aan het Sterrenkundig Instituut Anton Pannekoek te Amsterdam | 104 |
| 3.4. Radioastronomisch onderzoek aan het Kapteyn Laboratorium te Groningen                    | 105 |
| 3.5. Radioastronomisch onderzoek aan de Sterrewacht te Leiden                                 | 150 |
| 3.6. Radioastronomisch onderzoek aan het Sterrenkundig Instituut te Nijmegen                  | 176 |
| 3.7. Radioastronomisch onderzoek aan de Sterrewacht te Utrecht                                | 178 |
| 4. <u>ENGLISH SUMMARY</u>   | 179 |
| 4.1. Reports of the Board and the Program Committee   | 179 |
| 4.2. Reports of the Divisions   | 181 |

|   | Page |
|---|------|
| Appendix A. <u>ORGANISATION</u>                 | 187  |
| A.1. Board                                      | 187  |
| A.2. Management                                 | 187  |
| A.3. Committees                                 | 188  |
| A.4. Works Council                              | 189  |
| A.5. Public Relations                           | 189  |
| A.6. General parts committee                    | 189  |
| A.7. Measuring instruments committee            | 189  |
| A.8. (Inter)national committees                 | 189  |
| Appendix B. <u>PERSONNEL</u>                    | 192  |
| B.1. Bureau of the Foundation                   | 192  |
| B.2. Telescope Group                            | 192  |
| B.3. Central Technical Services                 | 193  |
| B.4. Laboratory                                 | 194  |
| B.5. Computer Group                             | 194  |
| B.6. Astronomy Group                            | 195  |
| B.7. Work-students                              | 195  |
| Appendix C. <u>FINANCES 1985/1986</u>           | 196  |
| Appendix D. <u>OBSERVING FACILITIES</u>         | 197  |
| D.1. Observing facilities at Westerbork         | 197  |
| D.2. Observing facilities at Dwingeloo          | 201  |
| Appendix E. <u>PUBLICATIONS AND REPORTS</u>     | 203  |
| E.1. Research papers                            | 203  |
| E.2. Review papers and conference contributions | 210  |
| E.3. Popular papers                             | 214  |
| E.4. Internal Technical Reports                 | 215  |
| E.5. Notes                                      | 216  |
| E.6. Colloquia in Dwingeloo                     | 218  |
| E.7. Colloquia given by Foundation staff        | 220  |
| E.8. Conference attendance of Foundation staff  | 222  |
| Appendix F. <u>ABBREVIATIONS</u>                | 225  |
| Appendix G. <u>ADDRESSES</u>                    | 227  |

|  | Blz. |
|--|------|
| Appendix A. <u>ORGANISATIE</u>                           | 187  |
| A.1. Bestuur   | 187  |
| A.2. Directie  | 187  |
| A.3. Commissies  | 188  |
| A.4. Ondernemingsraad                                    | 189  |
| A.5. Algemene kontakten                                  | 189  |
| A.6. Magazijncommissie                                   | 189  |
| A.7. Meetinstrumentencommissie                           | 189  |
| A.8. (Inter)nationale commissies                         | 189  |
| Appendix B. <u>PERSONEEL</u>                             | 192  |
| B.1. Bureau van de Stichting                             | 192  |
| B.2. Telescoopgroep                                      | 192  |
| B.3. Centrale Technische Dienst                          | 193  |
| B.4. Laboratoriumgroep                                   | 194  |
| B.5. Computergroep                                       | 194  |
| B.6. Astronomen  | 195  |
| B.7. Werkstudenten                                       | 195  |
| Appendix C. <u>FINANCIEN 1985/1986</u>                   | 196  |
| Appendix D. <u>WAARNEEMFACILITEITEN</u>                  | 197  |
| D.1. Waarneemfaciliteiten Westerbork                     | 197  |
| D.2. Waarneemfaciliteiten Dwingeloo                      | 201  |
| Appendix E. <u>PUBLIKATIES EN RAPPORTEN</u>              | 203  |
| E.1. Onderzoek artikelen                                 | 203  |
| E.2. Overzichtsartikelen en conferentie bijdragen        | 210  |
| E.3. Populaire artikelen                                 | 214  |
| E.4. Internal Technical Reports                          | 215  |
| E.5. Notes   | 216  |
| E.6. Colloquia gehouden te Dwingeloo in 1985             | 218  |
| E.7. Colloquia gegeven door medewerkers van de Stichting | 220  |
| E.8. Deelname van Stichtingsmedewerkers aan congressen   | 222  |
| Appendix F. <u>AFKORTINGEN</u>                           | 225  |
| Appendix G. <u>ADRESLIJST</u>                            | 226  |

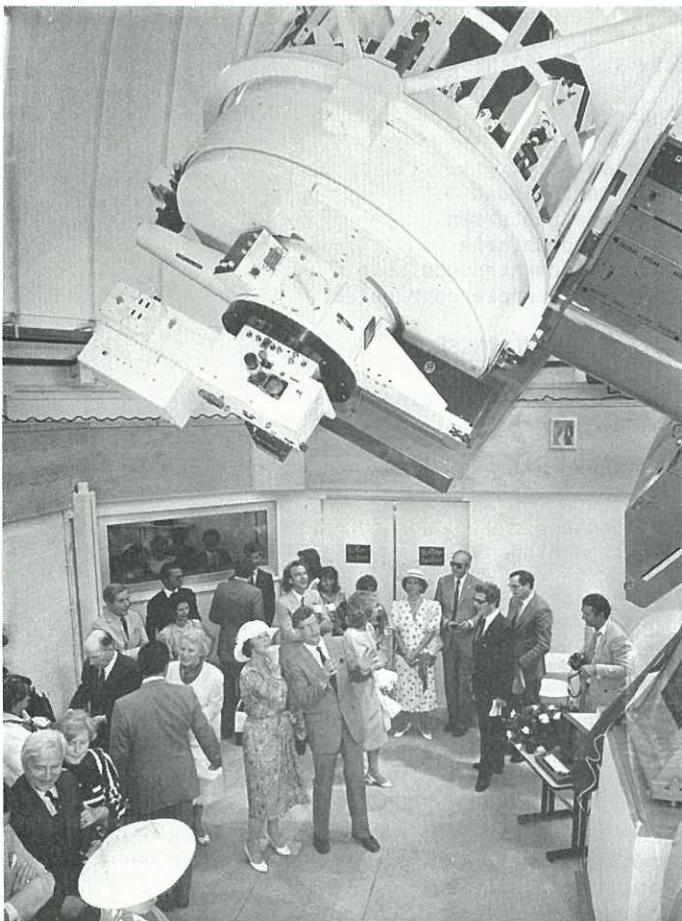


Fig. 1.1.1.

Op 30 juni 1985 is de Observatorio del Roque de los Muchachos op het Canarische eiland La Palma officieel geopend. Bij deze gelegenheid luistert H.M. Koningin Beatrix geïnteresseerd naar uitleg over de werking van de "Jacobus Kapteyn Telescoop" door Professor H. van der Laan, voorzitter van RZM en initiatiefnemer van de Brits/Nederlandse samenwerking.  
(ANP-FOTO).

The dedication of the Observatorio del Roque de los Muchachos on La Palma was attended by representatives of Royal families of several European nations. H.M. Beatrix Queen of The Netherlands shows her interest in the 'Jacobus Kapteyn Telescope' as she listens to Professor H. van der Laan, chairman of NFRA and initiator of the UK/NL collaboration in astronomy.

## 1. VERSLAGEN VAN BESTUUR EN PROGRAMMA COMMISSIE.

### 1.1. Bestuursverslag.

door C. Kramer, bestuurslid

De Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg (RZM) is een diensten verlenend instituut voor de Nederlandse Sterrenkunde, dat instrumenten en programmatuur ontwerpt, bouwt en exploiteert ten behoeve van de gehele sterrenkundige gemeenschap. Traditioneel houdt RZM zich met waarnemingen op radiogolf lengten bezig, maar sinds 1981 beweegt zij zich ook op het terrein van de optische en de submillimeter sterrenkunde. De Westerbork Synthese Radio Telescoop (WSRT) is RZM's belangrijkste instrument.

Veel werk van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg vond op 28 en 29 juni 1985 letterlijk zijn bekroning toen de sterrenwacht op La Palma officieel geopend werd in aanwezigheid van, naast anderen, de koningen van Spanje en Zweden, de koningen van Denemarken en Nederland, de presidenten van de Bondsrepubliek Duitsland en van Ierland en van de hertog van Gloucester als vertegenwoordiger van het Britse koningshuis (zie Figuur 1.1.1). De bijdrage van RZM aan de totstandkoming van deze sterrenwacht is in de afgelopen jaren zeer aanzienlijk geweest en zal dat ook in de komende jaren blijven.

Tot onze droefenis overleed op 29 mei ons bestuurslid van het eerste uur Dr. Rinia. Voor zijn uitermate stimulerende bijdragen aan het werk van RZM gedurende de eerste twee decennia van haar bestaan blijven wij hem zeer dankbaar.

Het waarneemprogramma met de Westerbork telescoop is in 1985 vrijwel ononderbroken voortgezet; alleen voor revisie van de aandrijfsystemen van de verrijdbare telescopen en voor testactiviteiten was het soms nodig de astronomische waarnemingen tijdelijk op te schorten. Het instrument is gebruikt op de volgende golf-lengten:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Januari             | 21 cm |
| Februari - April    | 92 cm |
| Mei                 | 6 cm  |
| Juni                | 92 cm |
| Juli - Augustus     | 49 cm |
| September - October | 6 cm  |
| November - December | 21 cm |

In Maart, Mei en September werd meegedaan aan waarnemingen met het Europese VLBI (Very Long Baseline Interferometry) netwerk.

Als belangrijkste verbetering van de Westerbork Telescoop is het uitgebreide digitale lijn backend, waarmee de spectrale resolutie en in vele gevallen de gevoeligheid van het systeem zijn



Fig. 1.1.2.

Tijdens de overdracht plechtigheid van de bij de firma Genius in IJmuiden gebouwde James Clerk Maxwell Telescoop aan de Science and Engineering Research Council stelt Z.K.H. prins Claus der Nederlanden de telescoop in beweging. (Foto studio Ton Anderson, IJmuiden).

The James Clerk Maxwell Telescope was set in motion by H.R.H. prince Claus of the Netherlands at the occasion of the delivery of the James Clerk Maxwell Telescope to the Science and Engineering Research Council.

verbeterd, in gebruik genomen. Een uitgebreid testprogramma ging hiermee gepaard.

Teneinde het instrument met gotere bandbreedte en dus grotere gevoeligheid te kunnen gebruiken voor VLBI is een breedbandige signaalopteller gebouwd en in gebruik genomen. Door de signalen van alle individuele telescopen bij elkaar te tellen wordt de WSRT daarmee effectief een grote telescoop van 93 m doorsnede en daarmee, na de Effelsberg 100 m telescoop, het op één na grootste element in het VLBI netwerk. De voor VLBI noodzakelijke uiterst stabiele klok in de vorm van de reeds in 1984 aangeschafte waterstof maser is dit jaar uitgetest en in gebruik genomen.

Teneinde de Westerbork telescopen technisch up to date te houden is begonnen met het systematisch vervangen van de aandrijfmotoren en hun besturingselectronica.

In het kader van de Brits-Nederlandse samenwerking is in Dwingeloo een volgens fundamenteel nieuwe concepten ontworpen CCD controller als prototype gebouwd, waarmee het mogelijk is televisiecamera's met een uitzonderlijk laag ruisniveau aan de optische telescopen op La Palma te verbinden. Een programmatuur systeem voor het archiveren van alle met de La Palma telescopen verkregen informatie is dit jaar gereedgekomen en op het Royal Greenwich Observatory afgeleverd. Ook is het ontwerp van de programmatuur voor de toegang tot dit archief afgerond.

Voor de Brits-Nederlandse millimeter telescoop, die vanaf midden 1986 op ruim 4000 m hoogte op Hawaï in gebruik zal zijn, is gewerkt aan ontvangers met de daarvoor benodigde mengtrappen en middenfrequent versterkers. Men moet daarbij bedenken dat de middenfrequentie van een mm-ontvanger nog altijd ver in het microgolfgebied ligt. RZM was ook vertegenwoordigd bij de overdracht van de door de fa. Genius in IJmuiden gebouwde millimeter telescoop (zie Figuur 1.1.2).

Het Algemeen Bestuur vergaderde op 8 mei en op 11 december, het Dagelijks Bestuur op 13 maart, 18 april (gedeeltelijk samen met het ASTRON bestuur), 8 mei, 21 augustus, 29 oktober en 11 december.

Omdat professor Allen in de zomer een hoogleraarschap aan de Universiteit van Illinois heeft aanvaard, heeft hij zijn bestuurslidmaatschap van RZM moeten neerleggen. Het lidmaatschap van professor Burton werd verlengd en professor Goss werd benoemd tot voorzitter van de programma commissie en tot bestuurslid.

Het staflid dr. R.T. Schilizzi werd benoemd tot projectcoördinator van het Europese VLBI Netwerk (EVN). Dr. E. Raimond volgde op 1 september professor dr. W.N. Brouw op als voorzitter van de directie. Drs. J.P. Hamaker werd tijdelijk benoemd tot afdelingshoofd van de computergroep. Ir. A. Bos, staflid van RZM, is in Leiden gesproken op het proefschrift "On instrumental effects in spectral line synthesis observations".

Onder auspiciën van het bestuur werd een herziene organisatieschets van RZM uitgegeven. Het Bestuur bemiddelde op verzoek van de Ondernemingsraad in problemen rondom de verschillen in

kostenvergoedingen tussen Britse en Nederlandse medewerkers op La Palma. Bestuursleden waren ook betrokken bij de discussie over de positie van de instituten, waarvan RZM er één is, binnen de nieuwe vormen NWO-organisatie.

Van het astronomische werk verricht met RZM instrumenten wordt dit jaar voor het eerst uitgebreid en per instituut in de Engelse taal verslag gedaan (hoofdstuk 3). Een samenvatting in het Nederlands van de hoogtepunten hiervan (3.1) gaat daaraan vooraf.

Uit dit jaarverslag blijkt dat RZM, ook met zijn nieuwe taken op het gebied van optische en millimeter instrumentatie gevoegd bij de traditionele radioastronomische taken, in 1985 in staat is gebleken op wereldniveau vooraanstaand werk te verrichten. De mate waarin dat ook in de toekomst mogelijk zal blijven zal afhangen van de inzet van het personeel en van de financiële ondersteuning van het werk. Enthousiasme en inzet van het personeel zijn in voldoende mate aanwezig. De financiële situatie geeft daarentegen aanleiding tot grote bezorgdheid.

Naast de normale exploitatie van Dwingeloo en Westerbork, de investeringen voor het op peil houden van de Westerbork telescoop, een ontwikkelingsprogramma ten behoeve van de Brits Nederlandse sterrenwachten op La Palma en Hawaï zal een groeiende bijdrage aan de exploitatiekosten van deze sterrenwachten nodig zijn. Daarboven komt dan in de jaren 1987 tot 1991 het laatste deel van de kapitaalsbijdrage in de Brits-Nederlandse samenwerking. Alleen indien deze tijdelijke accumulatie van kosten uit extra subsidies kan worden gedekt, kan RZM haar taken als facilitair bedrijf voor de Nederlandse sterrenkunde naar behoren blijven vervullen. Het in 1986 niet verkrijgen van een subsidie uit het Intentioneel Apparatuur Schema (IAS) was in dit verband een ernstige tegenvaller.

Ondanks haar bezorgdheid heeft het Bestuur er vertrouwen in dat door het vinden van een oplossing voor deze problemen enerzijds en door de inventiviteit van de Stichting RZM en haar medewerkers anderzijds een internationaal topinstituut in staat zal blijven haar werk op adequate wijze voort te zetten.

## 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 radiotelescopen van de Stichting RZM (de SRT 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.

In Appendix A.3. van dit jaarverslag wordt een overzicht gegeven van de commissie zoals samengesteld per 1 januari 1986.

Dr. Sancisi heeft in augustus 1985 het voorzitterschap overgedragen aan Dr. W.M. Goss. Dr. T.S. van Albada en Dr. W.N. Brouw verlieten eind 1985 de PC en zullen worden vervangen door Dr. U.J. Schwarz en Dr. E. Raimond. De PC dankt Dr. van Albada, Dr. Brouw en Dr. Sancisi voor hun waardevolle en belangrijke bijdragen aan haar werk. Met name het voorzitterschap vergt extra tijd en aandacht en de goede leiding van Dr. Sancisi de laatste twee jaar mag dan ook niet onvermeld blijven.

In 1985 vergaderde de PC slechts eenmaal, en wel op 15 mei om 21 en 6 cm voorstellen te behandelen. Reden voor deze lage vergaderfrekwentie was dat de geplande waarneemperiodes door het traag op gang komen van het DXB uit liepen. Als gevolg hiervan vond de najaarsvergadering van de PC 15 januari 1986 plaats. Op haar 1985 vergadering behandelde de PC 32 voorstellen voor 6 cm: 15 continuum voorstellen ( $36 \times 12$  uur) en 5 lijn voorstellen ( $8 \times 12$  uur), en 17 voorstellen voor 21 cm: 7 continuum voorstellen ( $7 \times 12$  uur) en 11 lijnvoorstellen ( $41 \times 12$  uur). De PC voorzitter behandelde daarnaast nog 11 interim voorstellen: 4 voor 21 cm lijn ( $6 \times 12$ ), 6 voor 92 cm lijn en continuum ( $23 \times 12$  uur) en 1 voor 49 cm (12 uur). Van deze voorstellen kwam circa 12% uit het buitenland en daarnaast is er nog eens 10% onderzoek van in Nederland werkende astronomen in samenwerking met astronomen in het buitenland.

In 1985 is de WSRT operationeel geweest op alle 4 voor synthese gebruikte golflengtes. De verdeling van de tijd over de golflengtes is: 9 weken op 21 cm (waarvan 5 aan het begin en 4 aan het eind van 1985), 16 weken op 92 cm, 5 weken op 49 cm en 8 weken op 6 cm. Tijd voor ontvangerwisseling is hierbij niet inbegrepen. Daarnaast is er waarneemtijd gebruikt voor VLBI en wel 9 dagen op 18 cm en 27 dagen op 6 cm (gesplitst over twee periodes van elk twee weken). Ook hier is tijd voor ontvangerwisseling en fringe tests niet inbegrepen.

De in eind 1984 geïnstalleerde DXB hardware heeft in 1985 nog erg veel aandacht nodig gehad. Er is vóór en tijdens de 92 cm waarneemperiode veel tijd besteed aan het operationeel maken van de DXB hardware en software. Omdat veel van de 92 cm waarnemingen het DXB vereisten is er eerst hard gewerkt om de mode waarbij volledige redundantie en polarisatie gemeten wordt klaar te maken. Dit was zover rond eind maart. Het klaarmaken van de waarneemmodi waarbij het recirculeren van data door de correlator gebruikt wordt om meer spectrale punten te verkrijgen, heeft veel langer geduurd. Eind 1985 waren nog niet alle problemen gelocaliseerd, ondanks veel intensief systeemwerk.

Over de te gebruiken capaciteit van het DXB bestaat nogal wat verwarring. Het is het beste om uit te gaan van wat in principe operationeel gemaakt wordt wat betreft hard- en software en dat is het volgende: de oorspronkelijke DLB capaciteit van 2560 complexe kanalen kan worden uitgebreid door recirculatie van de data tot

hoogstens 20480 complexe kanalen in 1-bit of 2-bit mode. Het aantal malen, dat gerecirkuleerd kan worden wordt bepaald door de bandbreedte en bedraagt  $10/\text{bandbreedte(MHz)}$ . Zo kan men bij voorbeeld voor 2,5 MHz bandbreedte nooit meer dan 4 maal recirculeren en dus nooit meer dan 10240 complexe kanalen krijgen.

De VLBI hardware is in 1985 uitgebreid met de zogenaamde breedband opteldoos die het mogelijk maakt om de WSRT en het breedband continuum backend (DCB) te gebruiken om Mk III waarnemingen te doen over de volle 56 MHz Mk III bandbreedte. Deze DCB/Mk III interface/opteldoos is vóór de eerste 6 cm VLBI periode geïnstalleerd en zowel in de eerste alsook in de tweede 6 cm VLBI periode met succes gebruikt. In de tweede 6 cm VLBI periode is het ook gelukt om Mk III data van Jodrell Bank en de WSRT direct na een meting in Westerbork te correleren. Deze zogenoemde "real time fringe verification" is mogelijk omdat de Mk III terminals een data buffer hebben die via een telefoonverbinding kan worden uitgelezen.

## 2. AFDELINGSVERSLAGEN.

### 2.1. Teleskoopgroep Westerbork.

#### 2.1.1. Algemeen.

Er is dit jaar veel tijd geïnvesteerd in het DXB. Deze uitbreiding, die het aantal kanalen van het DLB vergroot door bij smallere bandbreedtes recirculatie van de data toe te passen is niet zonder problemen in gebruik genomen. Alle mogelijkheden van dit systeem zijn dan ook nog niet geïmplementeerd en getest.

Negen teleskopen zijn dit jaar van een nieuwe aandrijving voorzien, hetgeen betekende dat een aantal waarnemingen het met een telescoop minder hoeft moeten stellen. In verband met deze nieuwe aandrijvingen en een experiment op RT2 om de tandwielspelingen in de aandrijving te verminderen is veel aandacht aan de pointing van de teleskopen besteed.

Het VLBI systeem is in een meer definitieve vorm gebracht, zodat het niet voor iedere VLBI periode opnieuw opgebouwd hoeft te worden.

In tabel 4, die diverse karakteristieken van het teleskoopbedrijf beschrijft is een nieuwe rubriek toegevoegd: de jaar productie in Giga-bytes over de afgelopen jaren.

#### 2.1.2. Teleskoopgebruik.

De vorderingen met het DXB zijn langzamer geweest dan oorspronkelijk was voorzien. Dit was eind 1984 al het geval, en ook de beginpositie in dit jaar. Er moest nog veel tijd besteed worden aan het ontwikkelen en uittesten van DXB software en dit vroeg systeemtijd. Deze vraag om systeemtijd was in direct conflict met waarnemprogramma's. De oplossing is gezocht door zoveel mogelijk waar te nemen in de nachten en in de week-ends zodat de dagtijd bij voorkeur voor de software ontwikkeling beschikbaar bleef.

Zo is de in het begin van het jaar lopende 21 cm periode afgerond waarna in februari naar 92 cm kon worden overgegaan. De DXB ontwikkeling liep gewoon door en kwam pas begin maart in een stadium dat uitzicht bood op ingebruikname voor produktiedoelen. Een aantal metingen is toen, hoewel toegekend voor DXB, in overleg met de astronomen met het DLB, dus zonder extra kanalen, waargenomen. Dit om het uitlopen van het DXB project op te vangen.

De eerste helft van april heeft de 18 cm VLBI de 92 cm periode onderbroken. De maand mei heeft nagenoeg geheel in het teken van de 6 cm VLBI gestaan. Om de nieuwe breedband opteller voor het DCB te kunnen uittesten werd bijtijds omgebouwd naar 6 cm. In deze periode van VLBI heeft de DXB ontwikkeling stil gelegen. Deze VLBI

periodes zijn in grote lijnen redelijk geslaagd te noemen, mede door het goed functioneren van de nieuwe hardware.

Na deze 6 cm VLBI werd de 92 cm voortgezet tot begin juli.

De vakantieperiode zijn we op 49 cm probleemloos doorgekomen. Na het afronden van deze periode werd van half augustus tot half september een lange stopperiode gehouden. Deze was vooral bedoeld om de teleskopen A en B van een nieuwe aandrijving te voorzien. Ook is in deze tijd het uurhoekkwadrant van RT9 geslepen. In de weekends werd met een beperkt meetprogramma gewerkt van tweede prioriteitsmetingen die het gemis van RTA en RTB konden velen. De dagtijd is gebruikt voor verder werk aan het DXB (hardware en software) en om een aantal bij het DCB geconstateerde problemen op te lossen.

De eerste reguliere 6 cm waarnemingen kwamen half september op gang, in oktober onderbroken door een twee weken durende VLBI periode.

In de tweede helft van november werd naar 21 cm omgebouwd. Het werk aan het DXB werd hervat wegens een groot aantal nog niet opgeloste problemen. Omdat de 1-bit waarneemmodus de indruk wekte geen last van deze problemen te hebben kon het waarneemprogramma toch voor een deel doorgaan. Een overzicht van het telescoopgebruik in al zijn facetten wordt gegeven in de tabellen I t/m IV en de figuren 2.1.1 en 2.1.2.

### 2.1.3. Het ontvangersysteem.

#### a. Frontends.

Het jaar begon met 21 cm frontends in de teleskopen. Tegen het einde van de periode, in februari, hadden deze frontends ruim een half jaar gewerkt met opmerkelijk weinig klachten. Bij de overgang naar 92 cm zijn de cryogene frontends uitgezet en naar Dwingeloo gestuurd om kleine modificaties te ondergaan en ze voor te bereiden voor de 18 cm VLBI in april.

De 92 cm frontends waren direct bij het begin van de waarneemperiode veel beter en stabieler dan vorig jaar. De feed-transmissie is nu niet meer weersafhankelijk en de stabiliteit van de ruisbronnen is beter dan 1%.

De 49 cm frontend serie is even voor de vakantieperiode in de teleskopen geplaatst. Met lange testwaarnemingen op calibratoren kwam het systeem na een week goed op gang. Hierbij hebben ernstige amplitude decorrelaties ons - door een instabiele centrale LO unit - nog het meest bezig gehouden. Afgезien van enkele defecten en enkele externe storingen (voornamelijk onweer) kon de 49 cm waarneemperiode in de vakantietijd met een minimum aan mankracht uitgevoerd worden.

Inmiddels werden in Dwingeloo alle 6 cm cryogene gekoelde frontends weer opgestart en gekoeld in de bouwhal of op de beschikbare teleskopen C en D weggezet, zodat het 6 cm systeem

alvast gedeeltelijk aan de tand gevoeld kon worden. Wat de 6 cm frontends betreft begonnen zich twee zwakke punten aan te dienen.

Het eerste betreft de 21-maal frequentie vermenigvuldigers. Vanwege de gestelde hoge eisen was dit voor de fabrikant toenertijd een problematische levering. Nieuwe vermenigvuldigers zijn niet meer leverbaar. Repareren gebeurt - voor zover het nog mogelijk is - in eigen beheer in Dwingeloo. We hebben 21 exemplaren voor 20 frontends. In de praktijk hebben we dan vaak uit de vier weinig gebruikte 6/50 cm frontends met de oude ongevoelige smalband paramps geleend. Om de drempel bij de vage faseklachten, die meestal tenslotte toch aan de 21-maal vermenigvuldigers bleken te liggen, te verlagen werd besloten om de 6-cm optie bij de vier frontends te laten vervallen.

Het andere zwakke punt is de 5GHz Varian FET-versterker, de tweede trap in de 11 ongekoelde 6/50 cm standaard frontends. We hadden enkele reserve exemplaren, maar na 7 a 8 jaar tijd dreigen we daar inmiddels doorheen te raken. Reparatie en/of nieuwe aanschaf is erg duur. Reparatie in eigen beheer is - zelfs in Dwingeloo - niet uit te voeren. Nieuwbouw in Dwingeloo stuit op gebrek aan mankracht. We hebben nu 21 versterkers voor 22 frontendkanaLEN; dus een half reserve frontend.

De systeem- en ruisbrontemperaturen van alle frontends zijn per 15 MHz over de gehele band, op Cygnus A, gemeten. De aanvankelijke indruk, dat de gevoeligheid van de ongekoelde 6 cm frontends minder zou worden, werd niet bevestigd. Evenals een aantal jaren geleden liggen de systeemtemperaturen nog steeds op ongeveer 150 K met de gebruikelijke 10% rimpel. Enkele cryogene frontends waren wel ruim 20% slechter. Er wordt nog onderzocht of dit samenhangt met een thermische modificatie in het cryogene systeem.

Het centrale Local Oscillator (LO) systeem is gemoderniseerd. De beide 100 MHz frequentie synthesizers werden vervangen door 200 MHz exemplaren, die nu beiden via de IEEE-bus gestuurd kunnen worden. Het bijbehorende filterschakelpaneel werd op de dubbele frequentie aangepast. De frequentie verdubbelaars in de LO units worden nu niet meer gebruikt en dit komt wellicht de VLBI fasestabiliteit ten goede.

De cryogene systemen hebben goed gewerkt. Ook is er beduidend minder heliumlekkage in de leidigen dan in voorgaande perioden. In RTD, en waarschijnlijk ook RTO, rest nog enig heliumverlies met een lektijd van ca. 3 maanden.

In het begin van december waren de teleskopen weer voorzien van 21 cm frontends. Deze waren alle in goede conditie met een systeem temperatuur van 57 K.

b. Backends.

Een van de belangrijke problemen in het jaar is de inbedrijfstelling van het DXB geweest. Vorig jaar werd al duidelijk dat de oorspronkelijke planning niet gehaald kon worden. De hardware ontwikkeling was vertraagd en zodoende kon aan de software pas later begonnen worden.

De totalpower-detectorkarakteristieken van de 28 DXB-alsmede die van de 224 DCB kanalen zijn op lineariteit en evenredigheid getest. Wat hierbij ook weer meteen opviel is, dat de DCB detectie onder dezelfde omstandigheden 3 a 4 maal meer ruisfluctuaties heeft dan dat van het DXB (Postdetectieruis). Een ander opmerkelijk verschil is dat bij de DXB kanalen de 1% verzadiging begint bij een niveau van 3 dB boven de standaard-instelling. Bij de DCB kanalen is daarvan bij een +6 dB niveau nog niets te merken. Wat dit betreft valt te overwegen om de DCB instelling minstens 3 dB hoger in te stellen; vooral omdat hier nog voldoende gain over is.

Tijdens de stop voor onderhoud en revisie van RTA, B en 9 in augustus zijn tevens andere werkzaamheden en controles uitgevoerd. Zo werd bij een aantal teleskopen, perronkabelstrengen en toeleverkabels een aantal lekken en verstoppingen in het (stikstof) gas systeem opgespoord en verholpen. Omdat de buitenmantel van de 4 telescoopbesturingskabels in de oude verrijdbare perronkabelstrengen van RTA en RTB steeds slechter werden zijn alle kabelstrengen van de verrijdbare teleskopen in revisie geweest.

Bij het opstarten van de 21 cm waarnemingen met het DCB kwamen in banden met bepaalde afstemfrequenties interne interferenties voor. Dit was vorig jaar in dezelfde configuratie niet het geval, maar komt nu tot uiting sinds de 8 synthesizers, ten behoeve van de breedband VLBI, in fase gekoppeld zijn.

c. VLBI.

Het VLBI systeem heeft een meer definitieve opbouw gekregen. Dit maakt het omschakelen van lokaal werk naar VLBI een stuk eenvoudiger. Dit is een noodzakelijke compensatie voor het steeds ingewikkelder worden van de VLBI terminals (Mk II en Mk III) zelf en het omschakelen tussen deze twee. Dit jaar is ook de optiesectie voor de breedbandopteller voor het DCB voor het eerst gebruikt; deze heeft goed gefunctioneerd afgezien van enkele details. Het VLBI systeem is nu zover geëvolueerd dat met het DLB en DCB verschillende modi op de Mk II en Mk III door elkaar te gebruiken zijn. Er is nog flink wat gepuzzel nodig om o.a. frequenties en banden goed op zijn plaats te krijgen.

d. Externe storingen.

Externe storingen hebben ons dit jaar speciaal op de 92 cm nogal wat tijd gekost. Reeds bij het plaatsen van de eerste 92 cm frontends zagen we dat er flinke driftstoringen in de band aanwezig waren. Om informatie te krijgen uit welke richting een storing komt werd op de top van de hijsbalk van RT3 een over de horizon roteerbare Yagi antenne geplaatst.

Zodra er tijdens waarnemingen op het spectrumanalyzerscherm storingen te zien zijn, wordt RT3 even uit het systeem gehaald en in de zenitstand gezet. Vanuit het gebouw kan dan op een aangesloten ontvanger of spectrumanalyzer de horizon afgezocht worden. We konden daarna - met mobiele apparatuur - een viertal oscillerende

particuliere TV antenneversterkers tot in Zuidlaren aan toe localiseren. Door de betreffende versterkers te vervangen kon dit het vlotst opgelost worden. Daarna was de 92 cm band redelijk schoon.

Ook aan locale storingen, zoals motorzagen, stoomcleaner en electronica in het gebouw, moet bij deze golflengte nog veel aandacht besteed worden.

#### 2.1.4. Het mechanisch/elektrisch systeem.

De vernieuwing van de aandrijving op de teleskopen is dit jaar voortvarend van start gegaan. De proefopstelling op RT2 welke het vorig jaar is aangebracht heeft goed voldaan. Aan de hand van ervaringen daarmee opgedaan werden er definitieve bestellingen geplaatst voor frequentie omvormers en motoren. In eigen huis werden voldoende aandrijfsystemen geassembleerd en op 9 teleskopen geïnstalleerd. De nieuwe aandrijving voldoet ruimschoots aan onze verwachtingen.

Van de teleskopen waarvan de aandrijving werd vernieuwd, werd tevens de olie uit de grote tandwielen vervangen door dikkere. Deze olie wordt ook gebruikt voor de smering van de rollagers van de teleskoopassen, waardoor het onderhoud aanzienlijk vergemakkelijkt wordt. Het bijvullen en verversen kan nu geheel geschieden met een door perslucht aangedreven olievatpomp. Hierdoor is ook de kans op morsen met de olie aanzienlijk afgenoemt vergeleken met de oude wijze van bijvullen.

Om het effect van het eventueel verglazuren van de schijfremmen op de teleskopen te onderzoeken werd een proefopstelling gemaakt, waarmee we een schijfrem gedurende 500 uur slepend langs de ankerplaats van de rem hebben laten lopen met een snelheid van 1500 omw./min., overeenkomend met een teleskoopgebruiktijd van ongeveer 5 jaar. Na het afbreken van de proef werd geen afname van de remwerkking of verglazuring van de remschijf waargenomen.

Van de teleskopen 0, 5 en 9 werd de bovenkant van het uurhoekkwadrant vlak geslepen en werd de bogie van het aandrijfsysteem van overmaatse geleiderollen voorzien.

In verband met deze nieuwe aandrijving en de experimentele opstelling op RT2 zijn enkele series pointing metingen gedaan. Hoewel het effect op RT2 (speling wegdrukken) wel kwalitatief is te zien, is een kwantitatieve analyse nog niet rond. De gemiddelde pointing fout per telescoop bleek in de orde van 6 - 9 milligraden te zijn.

Gedurende de strenge vorst in januari bleek de accubatterij van de no-break installatie dermate in capaciteit te zijn afgenoemt, dat de batterij de no-break omvormer niet meer voldoende kon stabiliseren. Dit uitte zich door een snelle periodieke spanningsvariatie van ongeveer 5 Volt. Dit wees erop dat de elf jaar oude batterij aan vervanging toe was. Na een marktonderzoek werd een nieuwe accubatterij geïnstalleerd. Deze heeft een wat grotere capaciteit, zodat het tezijnertijd ook mogelijk is de oude, reeds

gereviseerde, 87 KVA no-break installatie op deze batterij aan te sluiten.

Tabel 1A CHRONOLOGISCH OVERZIKT VAN TELESCOOPGEBRUIK IN 1985.

| Datum  |          | Basislijn | Ontvangersysteem               |
|--------|----------|-----------|--------------------------------|
| Begin  | Eind     |           |                                |
| 1 jan  | - 2 jan  | 90 m      | 21 cm DLB                      |
| 2 jan  | - 4 jan  | 90 m      | 21 cm DCB                      |
| 4 jan  | - 6 jan  | 90 m      | 21 cm DLB                      |
| 6 jan  | - 9 jan  | 90 m      | 21 cm DCB                      |
| 9 jan  | - 18 jan | 72 m      | 21 cm DCB                      |
| 18 jan | - 6 feb  | 72 m      | 21 cm DLB                      |
| 6 feb  | - 6 mrt  | 72 m      | 92 cm DLB                      |
| 6 mrt  | - 13 mrt | 90 m      | 92 cm DLB                      |
| 13 mrt | - 20 mrt | 54 m      | 92 cm DLB                      |
| 20 mrt | - 25 mrt | 36 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 25 mrt | - 27 mrt | 48 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 27 mrt | - 29 mrt | 60 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 29 mrt | - 2 apr  | 72 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 2 apr  | - 13 apr | 72 m      | 18 cm DLB/DCB (VLBI met OABCD) |
| 13 apr | - 22 apr | 72 m      | 92 cm DLB/DCB                  |
| 22 apr | - 25 apr | 84 m      | 92 cm DLB/DCB                  |
| 25 apr | - 27 apr | 96 m      | 92 cm DLB/DCB                  |
| 27 apr | - 3 mei  | 36 m      | 92 cm DLB/DCB                  |
| 3 mei  | - 6 mei  | 72 m      | 92 cm DLB/DCB                  |
| 6 mei  | - 31 mei | 72 m      | 6 cm DLB/DCB (VLBI met OABCD)  |
| 31 mei | - 13 jun | 72 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 13 jun | - 17 jun | 84 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 17 jun | - 19 jun | 96 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 19 jun | - 20 jun | 60 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 20 jun | - 21 jun | 48 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 21 jun | - 24 jun | 36 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 24 jun | - 1 jul  | 72 m      | 92 cm DLB/DXB                  |
| 1 jul  | - 22 jul | 72 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 22 jul | - 26 jul | 90 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 26 jul | - 31 jul | 54 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 31 jul | - 2 aug  | 36 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 2 aug  | - 9 aug  | 72 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 9 aug  | - 12 aug | 72 m      | 6 cm DLB/DXB                   |
| 12 aug | - 16 aug | 72 m      | 49 cm DLB/DXB                  |
| 16 aug | - 23 aug | 72 m      | 6 cm DLB/DCB                   |
| 23 aug | - 11 sep | 72 m      | 6 cm DLB/DXB                   |

|        |   |        |      |   |
|--------|---|--------|------|---|
| 11 sep | - | 7 okt  | 72 m | 6 cm DCB                                  |
| 7 okt  | - | 19 okt | 72 m | 6 cm DLB/DCB (VLBI met "full tied array") |
| 19 okt | - | 5 nov  | 72 m | 6 cm DCB                                  |
| 5 nov  | - | 7 nov  | 72 m | 6 cm DLB/DXB                              |
| 7 nov  | - | 11 nov | 36 m | 6 cm DCB                                  |
| 11 nov | - | 15 nov | 72 m | 6 cm DCB                                  |
| 15 nov | - | 17 nov | 72 m | 6 cm DLB/DXB                              |
| 17 nov | - | 20 nov | 72 m | 6 cm DCB                                  |
| 20 nov | - | 25 nov | 72 m | 21 cm DCB                                 |
| 25 nov | - | 29 nov | 72 m | 21 cm DLB/DXB                             |
| 29 nov | - | 2 dec  | 72 m | 21 cm DCB                                 |
| 2 dec  | - | 10 dec | 72 m | 21 cm DLB/DXB                             |
| 10 dec | - | 11 dec | 54 m | 21 cm DCB                                 |
| 11 dec | - | 12 dec | 54 m | 21 cm DLB/DXB                             |
| 12 dec | - | 13 dec | 54 m | 21 cm DCB                                 |
| 13 dec | - | 20 dec | 54 m | 21 cm DLB/DXB                             |
| 20 dec | - | 22 dec | 90 m | 21 cm DCB                                 |
| 22 dec | - | 31 dec | 90 m | 21 cm DLB/DXB                             |

Tabel IB. CHRONOLOGISCH OVERZIKT VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1985.

## Waarnemstops

| Datum  | Omschrijving |
|--------|--------------|
| Begin  | Eind         |
| 8 jan  | - 10 jan     |
| 15 jan | - 16 jan     |
| 17 jan | - 18 jan     |
| 18 jan | - 19 jan     |
| 22 jan | - 25 jan     |
| 28 jan | - 31 jan     |
| 3 feb  | - 4 feb      |
| 4 feb  | - 15 feb     |
| 18 feb | - 22 feb     |
| 25 feb | - 27 feb     |
| 28 feb | - 1 mrt      |
| 5 mrt  | - 8 mrt      |
| 12 mrt | - 14 mrt     |
| 18 mrt | - 19 mrt     |
| 20 mrt | - 22 mrt     |
| 2 apr  | - 5 apr      |
| 14 apr | - 15 apr     |
| 15 apr | - 16 apr     |
| 22 apr | - 23 apr     |
| 4 mei  | - 6 mei      |
| 6 mei  | - 16 mei     |
| 31 mei | - 2 jun      |
| 4 jun  | - 5 jun      |
| 24 jun | - 25 jun     |
| 1 jul  | - 5 jul      |
| 7 aug  | - 12 aug     |
| 12 aug | - 16 sep     |
| 13 nov | - 15 nov     |
| 18 nov | - 26 nov     |
| 28 nov | - 29 nov     |
| 2 dec  | - 3 dec      |
| 25 dec | - 26 dec     |
| 28 dec | - 30 dec     |

Sneeuw  
 DCB defect  
 DCB en DLB defect  
 Computer teleskoopbesturing defect  
 DXB ontwikkeling  
 DXB ontwikkeling, systeem testen  
 Systeemtest  
 DXB ontwikkeling, omschakelen naar 92 cm,  
 installatie VLBI, genereren nieuw software  
 systeem  
 DXB ontwikkeling, localiseren externe storing  
  
 DXB ontwikkeling  
 DXB ontwikkeling  
 DXB ontwikkeling  
 DXB ontwikkeling  
 Systeemstop  
 DXB ontwikkeling  
 Voorbereidingen VLBI, Onderhoud  
 Systeemtesten  
 DXB ontwikkeling  
 DXB ontwikkeling  
 Defect fringe demodulatiesysteem  
 Voorbereiding en installatie breedband VLBI  
 Systeemstop  
 Systeemstop  
 DXB ontwikkeling  
 Omschakelen naar 49 cm.  
 Systeemtesten  
 Nieuwe aandrijving RTA en B, slijpen kwadrant  
 DXB ontwikkeling, revisie bekabeling  
 ABCD, reparatie stikstofssysteem, stroomstoring HF cabine, DCB defect (gedurende de  
 weekenden tweede prioriteitsmetingen)  
 DXB ontwikkeling, systeemtesten  
 DXB ontwikkeling, omschakelen naar 21 cm,  
 softwaresysteem 47 in gebruik, systeemtesten  
 DXB testen  
 DXB testen  
 Systeemstop  
 Systeemstop

Tabel IC. OVERZICHT VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1985.

Totaalcijfers:

|                   |   |           |
|-------------------|---|-----------|
| 6 cm DCB          | : | 45 dagen  |
| 6 cm DLB/DXB      | : | 13 dagen  |
| 6 cm VLBI         | : | 27 dagen  |
| 18 cm VLBI        | : | 9 dagen   |
| 21 cm DCB         | : | 17 dagen  |
| 21 cm DLB/DXB     | : | 36 dagen  |
| 49 cm DLB/DXB     | : | 33 dagen  |
| 92 cm DLB/DXB     | : | 76 dagen  |
| Geen waarnemingen | : | 110 dagen |

Er vonden 43 systeemomschakelingen plaats, waarvan:

8 ten behoeve van een andere waarneemfrequentie

6 ten behoeve van VLBI ("tied array")

29 ten behoeve van DCB/DXB omschakeling

Er vonden 8 verwisselingen van frontends plaats.

Tabel II.  
TELESKOOPGEBRUIK IN PERCENTAGES VAN TOTAAL AANTAL UREN (8766).

|                               | 6cm | 18cm | 21cm | 49cm | 92cm | om-<br>bouw | Instru-<br>menteel<br>(totaal) | 1985 | 1984 | 1983 | 1982 | 1981 | 1980 |
|-------------------------------|-----|------|------|------|------|-------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| a. 12-uurs synthese : cont.   | 4.5 | -    | 0.6  | 2.9  | 5.5  | -           | -                              | 14   | 15   | 12   | 17   | 8    | 8    |
| : lijn                        | 0.8 | -    | 2.1  | 0.1  | 0.9  | -           | -                              | 4    | 8    | 9    | 13   | 11   | 6    |
| b. <12-uurs waarneming: cont. | 9.7 | 1.5  | 1.0  | 2.3  | 5.0  | -           | -                              | 19   | 17   | 20   | 13   | 18   | 14   |
| : lijn                        | -   | -    | 2.7  | -    | 0.2  | -           | -                              | 3    | 6    | 8    | 8    | 4    | 2    |
| c. Calibratie                 | 5.5 | 0.2  | 3.8  | 3.3  | 5.1  | -           | 0.9                            | 19   | 24   | 21   | 24   | 22   | 35   |
| d. Onderhoud, systeemtests    | 2.5 | 0.2  | 1.6  | 1.4  | 2.1  | 5           | 4.5                            | 17   | 16   | 15   | 16   | 18   | 17   |
| e. Ontwikkeling, software     | 1.0 | 0.1  | 2.3  | 0.4  | 2.1  | 2.7         | 8.6                            | 17   | 10   | 13   | 5    | 12   | 7    |
| f. Storing, weer, stilstand   | 1.0 | -    | 1.9  | 0.6  | 2.1  | 0.3         | 1.0                            | 7    | 4    | 2    | 4    | 7    | 11   |
| g. Jaartotaal 1985            | 25  | 2    | 16   | 11   | 23   | 8           | 15                             | 100  |      |      |      |      |      |
| Netto rendement (a+b)/g       | 60  | 75   | 40   | 48   | 51   | 0           | 0                              | 40   | 46   | 49   | 51   | 41   | 30   |
| Bruto rendement (a+b+c)/g     | 82  | 84   | 64   | 78   | 73   | 0           | 0                              | 59   | 70   | 70   | 75   | 63   | 65   |

Tabel III. SRT waarnemtijd per programma in 1985.

| <u>Code</u>                                 | <u>Onderwerp</u>  | <u>Onderzoeker(s)</u>            | <u>Uren</u>            |
|---|---|----------------------------------|------------------------|
| <u>6 cm continuum, gemeten met DCB.</u>     |   |                                  |                        |
| 425   | M33   | Goss, v.d. Hulst, et al.         | 108                    |
| 583   | Planetary Nebulae   | Pottasch, Taylor                 | 10                     |
| 627   | SN in N5033   | v.d. Hulst, de Bruyn             | 5                      |
| 633   | HII regions in SNR in NGC2403                                   | Skillman, Israel                 | 24                     |
| 863   | The nature of G70.7+1.2   | De Muizon, Braun, Israel, Habing | 12                     |
| 865   | Minkowski sources   | Israel                           | 23                     |
| 866   | A Deep Galactic Field Survey                                    | Taylor, Goss                     | 112                    |
| 872   | E galaxy NGC 6212   | Strom, Bierman                   | 16                     |
| 875   | Rapid variability   | de Bruyn                         | 97                     |
| 879   | Radio Continuum in IC10   | Skillmann                        | 12                     |
| 881   | Asymmetric structure in 3G54                                    | Barthel, Schillizzi              | 12                     |
| 883   | IRAS-detected galaxies  | de Grijp, Miley                  |                        |
| 885   | Radio variability of Cygnus X-3                                 | Molnar                           | 35                     |
| 887   | IRAS sources embedded in molecular clouds                       | Clark                            | 18                     |
| 888   | Unidentified 3C sources   | Strom, Spinrad                   | 15                     |
|   |   |                                  | <u>611</u>             |
| <u>6 cm continuum, gemeten met DLB/DXB.</u> |   |                                  |                        |
| 515   | Long term variability Seyfert galaxies                          | de Bruyn                         | 14                     |
| 583   | Planetary nebulae   | Pottasch, Taylor                 | 13                     |
| 600   | Y-ray source CG195+4  | Spoelstra, Hermsen               | 24                     |
| 627   | SN in N5033   | v.d. Hulst, de Bruyn             | 18                     |
| 888   | Unidentified  | Strom, Spinrad                   | 12                     |
|   |   |                                  | <u>81</u>              |
| <u>6 cm lijn, gemeten met DCB.</u>          |   |                                  |                        |
| 876   | Recombination line search in unidentified compact radio sources | de Bruyn                         | 33                     |
| 877   | Radio recombination lines                                       | de Bruyn, Shaver                 | <u>21</u><br><u>54</u> |

|  |   |                                       |    |
|--|---|---------------------------------------|----|
| <u>6 cm lijn, gemeten met DLB/DXB.</u> |   |                                       |    |
| 753                                    | Combined radio, EXOSAT IUE Erd optical observations of RS CV <sub>n</sub> systems and a dMe flare star. | v.d. Oord, Kuypers                    | 12 |
| 778                                    | H <sub>2</sub> CO absorption in comet P/Giacobini-Zinner  | de Pater, Ip, Snijder, Palmer, Bolton | 12 |
| 877                                    | Radio recombination lines in AGN  | de Bruyn, Shaver                      | 12 |
| 878                                    | H <sub>2</sub> CO in NGC3628  | Goss, Baam, Güsten                    | 24 |
| 880                                    | Small scale structure in TMC1   | Boland, Forster, Watt                 | 12 |
|  |   |                                       | 72 |
| <u>6 cm VLBI</u>                       |   |                                       |    |
| 84-05                                  | Nuclear structure of 3C245  | Barthel, Foley                        | 12 |
| 84-10                                  | Compact 3CR steep spectrum sources  | Fanti et al.                          | 13 |
| 84-11                                  | Relativistic expansion in CYGNUS X-3  | Spencer et al.                        | 1  |
| 84-26                                  | Structural variations in 3C279  | Pilbratt et al.                       | 12 |
| 84-31                                  | Bright Seyfert Galaxy NGC4151   | Preus, Alef                           | 11 |
| 84-32                                  | Mapping the extended component of the source 41.9 +58 in M82  | Wilkinson, de Bruyn                   | 12 |
| 84-52                                  | Complete sample of radio galaxy nuclei  | Giovannini                            | 14 |
| 84-53                                  | High dynamic range observations of a complete sample of radio sources                                   | Witzel et al.                         | 37 |
| 84-54                                  | NGC4151   | Preus, Alef                           | 12 |
| 84-55                                  | Structural variability in 3C390.3 and 3C111   | Alef et al.                           | 42 |
| 84-56                                  | Nearby Seyfert Galaxies   | Pedlar et al.                         | 3  |
| 84-57                                  | Dynamics of Radio jets as exemplified by SS433  | Schilizzi et al.                      | 77 |
| 84-58                                  | High dynamic range observations of the jet in 3C371   | Lund et al.                           | 24 |
| 85-04                                  | Compact core of the extended quasar 2251+134  | Schilizzi                             | 12 |
| 85-06                                  | Fine structure of stellar envelopes   | Felli et al.                          | 1  |
| 85-08                                  | Compact structure in the LINER galaxy NGC4278   | Hooymeyer et al.                      | 17 |

|        |   |                  |           |
|--------|---|------------------|-----------|
| 85-09  | Compact structure in the LINER galaxy NGC2911                                   | Hooymeyer et al. | 11        |
| 85-12  | Compact steep spectrum  | Fanti et al.     | 26        |
| 85-16  | Second epoch polarization expirement  | Strom, Foley     | 16        |
| 85-17  | High dynamic range obser- vations of 3C273 and 3C345                            | Zensus et al.    | 33        |
| 85-38  | The 4765 MHz OH line in W3(OH)  | Baudry           | 14        |
| 85-43  | Higher resolution obser- vations of sources showing structural changes at 18 cm | Padrielli et al. | 13        |
| 85-S6  | Observations of 3C343   | Fanti            | 3         |
| 85-S7  | Observations of 1954+28   | Wielebinski      | 1         |
| 85-S8  | The observability of sources near the sun                                       | Ronnang          | 1         |
| 85-S9  | Short observation of 1910+05  | Schilizzi        | 1         |
| 85-AH2 | CX Cygnus   | Spencer          | 1         |
| 85-??  | Covery strong outburst in Cygnus X-3  | Spencer et al.   | <u>21</u> |
|        |   |                  | 441       |

| <u>18 cm VLBI</u> |  |                   |    |
|-------------------|--|-------------------|----|
| 84-37             | Compact steep spectrum sources                             | Kulkarni          | 13 |
| 84-56             | Nearby Seyfert Galaxies and mapping of the compact         | Pedlar et al.     | 15 |
| 84-63             | Double in NGC7674  |                   |    |
| 84-59             | Three compact steep spec- trum quasars.                    | v. Breugel et al. | 28 |
| 84-60             | A statistical survey of interstellar scattery in OH masers | Booth et al.      | 48 |
| 84-65             | Second epoch observations of NGC6251                       | Jones             | 18 |
| 84-66             | 3C345, a second epoch four years later.                    | Baath             | 16 |
| 85-S1             | Non-nuclear compact compo- nents.                          | Foley             | 4  |
| 85-S2             | Detection of hotspots in OH-masers in Mira stars           | Le Squeren        | 4  |
| 85-S3             | Low frequency variable sources                             | Mantovani         | 2  |
| 85-S4             | Compact steep spectrum sources                             | Fanti             | 4  |
| 85-S5             | VLBI calibrator for SS433                                  | Schilizzi         | 1  |

|        |  |  |                  |
|--------|--|--|------------------|
| 85-AH1 | RS Ophinci, a recurrent nova with an outburst    | Davis et al.   | <u>5</u><br>158  |
|        | <u>21 cm continuum gemeten met DCB.</u>          |  |                  |
| 425    | M33  | Goss, v. Hulst, Taylor<br>Deul, Viallefond,<br>Kennicutt | 36               |
| 454    | Polarization of NGC891                           | Allen, Longo   | 21               |
| 581    | Deep Survey: LYNX.3A and Hercules 2              | H. Oort, Windhorst,<br>Katgert                           | 41               |
| 722    | High sensitivity study of IC 443                 | Braun, Strom, v/d Laan                                   | 11               |
| 866    | A deep Galactic Field Survey.                    | Taylor, Goss   | <u>18</u><br>127 |
|        | <u>21 cm continuum, gemeten met DLB/DXB.</u>     |  |                  |
| 515    | Long term variability of Seyfert galaxies        | de Bruyn   | 1                |
| 710    | Novae  | Spoelstra, Pottasch                                      | <u>16</u><br>17  |
|        | <u>21 cm lijn, gemeten met DLB/DXB</u>           |  |                  |
| 297    | HVC-distances                                    | Schwarz, v. Woerden,<br>Wakker                           | 18               |
| 711    | Outer regions of spiral galaxies                 | Begemann, v. Albada,<br>Sancisi                          | 12               |
| 722    | HI associated with SNR's                         | Greidanus, Strom,<br>v.d. Laan                           | 81               |
| 738    | M82 in H166α                                     | Roelfsema, Goss, v.d.<br>Hulst                           | 12               |
| 739    | Spin orientation of galaxies in pairs and groups | Oosterloo, van Albada<br>Shostak, Sancisi                | 6                |
| 795    | IGC in LEO                                       | v.d. Hulst, de Bruyn,<br>v.d. Laan                       | 33               |
| 798    | Dwarf regular galaxies                           | Carignan, Sancisi,<br>v. Albada                          | 12               |
| 844    | HI in L1235                                      | Goss, van den Bout                                       | 12               |
| 848    | Galaxy clusters                                  | van Woerden, Warmels,<br>Skillman                        | 17               |
| 870    | Galaxies with extended HI                        | Sancisi, van Woerden<br>van Albada                       | <u>95</u><br>298 |

| 49 cm continuum, gemeten met DCB  |  |   |         |
|-----------------------------------|--|---|---------|
| 185                               | Source positions<br>Low luminosity radio galaxies  | Strom<br>Parma, C. Fanti<br>R. Fanti, de Ruyter,<br>Ekers | 2<br>76 |
| 583                               | Radio continuum spectra of planetary nebulae       | Pottasch, Taylor,<br>Gathier                              | 56      |
| 600                               | Y source CG195P4                                   | Spoelstra, Hermsen  | 18      |
| 627                               | Young extragalactic SNR's                          | de Bruyn, Goss,<br>v.d. Hulst                             | 24      |
| 698                               | Extended SNR's                                     | Braun   | 72      |
| 753                               | RS Cvn Systems/flare stars                         | v.d. Oord, Kuypers  | 36      |
| 772                               | Radio galaxy 3C321                                 | Strom, Conway   | 43      |
| 788                               | GHz-peaked spectrum sources                        | Spoelstra,<br>Gopal-Krishna, Patnaik                      | 11      |
| 852                               | Nova remnant GKPER                                 | Albinson, Evans, Bode,<br>Seaquist                        | 31      |
| 854                               | Survey of CfA Seyfert galaxies                     | Edelson   | 22      |
| 859                               | Steep spectrum radio source 3C159                  | Mantovani, Browne,<br>Muxlow, Padrielli,<br>Romney.       | 22      |
|                                   |  |   | 413     |
| 92 cm continuum, gemeten met DCB. |  |   |         |
| 583                               | Radio continuum spectra of planetary nebulae       | Pottasch, Gathier,<br>Taylor                              | 22      |
| 622                               | NGC2403  | Skillman, Israel  | 12      |
| 710                               | Novae  | Spoelstra   | 15      |
| 719                               | Emission of M33 at 92 cm                           | v.d. Hulst, Kennicutt                                     | 46      |
| 722                               | IC433 mapping                                      | Strom, Braun  | 48      |
| 753                               | Flare star YZ CMi                                  | v.d. Oord, Kuypers,<br>Butler                             | 12      |
| 772                               | Depolarization properties of 3 C Sources           | Strom, Conway   | 89      |
| 778                               | Comet occultation                                  | de Pater  | 15      |
| 814                               | Galactic center                                    | Schwarz, Balick   | 40      |
| 817                               | Andromeda nebula                                   | Walterbos, de Bruyn,<br>Shane, Kennicutt, Burton          | 95      |
| 818                               | Galactic plane survey                              | Goss, Stevens, Schwarz<br>Taylor                          | 180     |
| 819                               | IC342  | Gräve, Hummel   | 24      |
| 824                               | Low frequency variability in compact radio sources | de Bruyn  | 20      |
| 825                               | Radio-halo of M87                                  | Erickson, Hanisch   | 12      |
| 852                               | Nova remnant GKPER                                 | Albinson, Evans, Bode<br>Seaquist                         | 12      |

|                                    |  |   |                          |
|------------------------------------|--|---|--------------------------|
| 854                                | Survey of CfA Seyfert Galaxies         | Edelson   | 18                       |
| 855                                | Evolution of radio Sources in Clusters | Roland, Veron                                     | 25                       |
| 856                                | Extended emission in A401              | Roland, Veron                                     | 12                       |
| 857                                | Deep survey                            | de Bruyn, Katgert                                 | <u>147</u><br><u>844</u> |
| <u>92 cm lijn, gemeten met DCB</u> |  |   |                          |
| 815                                | Recombination line of W3               | Roelfsema   | 48                       |
| 858                                | DI absorption against Cas.A            | Israel, Le Poole,<br>v.d. Eshoek, Black,<br>Strom | 24                       |
| 862                                | HI at z=3.343 in OH471                 | Foley, Strom                                      | <u>20</u><br><u>92</u>   |

Tabel IV. DIVERSE KARAKTERISTIEKE GEGEVENS BETREFFENDE HET TELESCOOPBEDRIJF.

| Onderwerp.  | 1980       | 1981        | 1982        | 1983        | 1984        | 1985        |
|---|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aantal projecten                                      | 89         | 104         | 107         | 96          | 125         | 118         |
| Totaal aantal waarnemingen<br>aantal 12-uurs synthese | 5500<br>97 | 6000<br>133 | 5500<br>213 | 7500<br>150 | 5500<br>165 | 7100<br>121 |
| Telescoop rendement netto %<br>bruto %                | 30<br>65   | 41<br>63    | 51<br>75    | 49<br>70    | 46<br>70    | 40<br>59    |
| Percentage onbruikbare 12-uurs equivalenten           | -          | 11          | 3           | 6           | 6           | 8           |
| Aantal systeem omschakelingen                         | 26         | 20          | 12          | 33          | 46          | 43          |
| Aantal wisselingen frontendserie                      | 6          | 3           | 2           | 3           | 2           | 8           |
| Aantal individuele frontendvervangingen               | 55         | 60          | 44          | 83          | 79          | 42          |
| Aantal kerren verrijken                               | 19         | 20          | 16          | 12          | 14          | 25          |
| Hoeveelheid geproduceerde gegevens in Giga-bytes      | 3.6        | 3.8         | 4.9         | 5.8         | 7.2         | 6.1         |

Percentage onbruikbare 12-uurs equivalenten: onbruikbaar van bruto rendementspercentage.

Tabel V. WAARGENOMEN PROGRAMMA'S IN PERCENTAGES PER CATEGORIE.

|                  | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Instrumenteel    | 4    | 4    | 1    | 1    | -    | -    |
| Zonnestelsel     | 11   | 6    | -    | -    | 1    | 1    |
| Galactisch       | 28   | 32   | 35   | 28   | 23   | 37   |
| Nabije stelsels  | 18   | 26   | 5    | 33   | 23   | 21   |
| Extra galactisch | 39   | 32   | 59   | 38   | 53   | 41   |

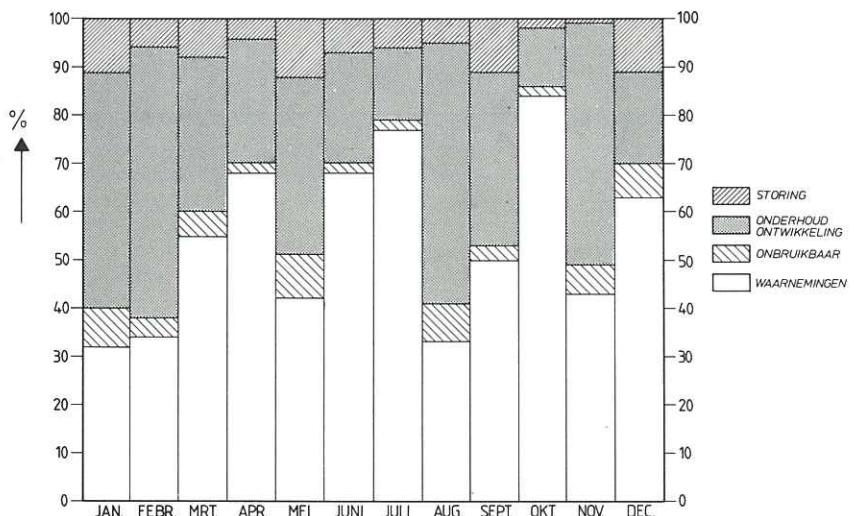


Fig. 2.1.1. Overzicht telescoopgebruik per maand in 1985.

Usage of the WSRT in 1985.

storing = faults;  
onderhoud/ontwikkeling = maintenance/developments;  
onbruikbaar = unusable results;  
waarnemingen = observations.

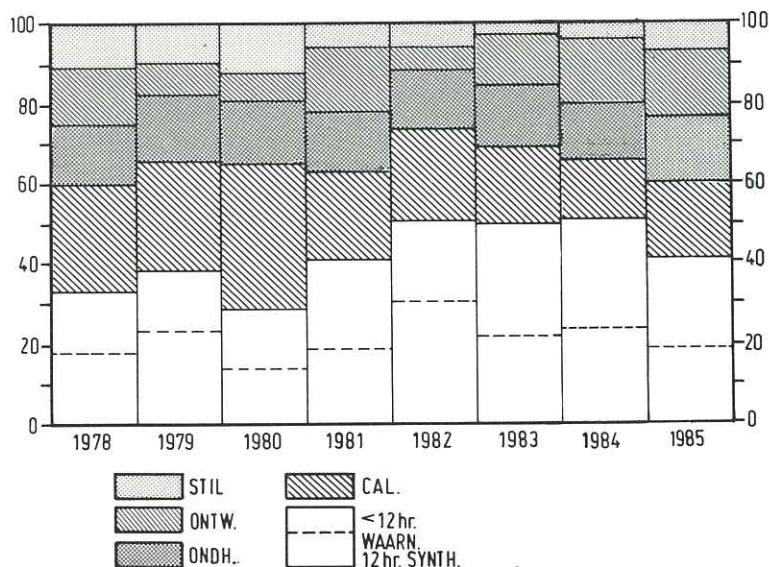


Fig. 2.1.2. Overzicht telescoopgebruik over totale tijd.

STIL. = Stilstand t.g.v. storing, weer, e.d.

ONTW. = Ontwikkeling van hard- en software

ONDH. = Periodiek onderhoud

CAL. = Calibratie

WAARN. = Waarnemingen

#### Telescope use.

STIL. = Stopped as a result of fault, weather, etc.

ONTW. = Hardware and software development

ONDH. = Maintenance

CAL. = Calibration

WAARN. = Observations

## 2.2. Telescoopgroep Dwingeloo.

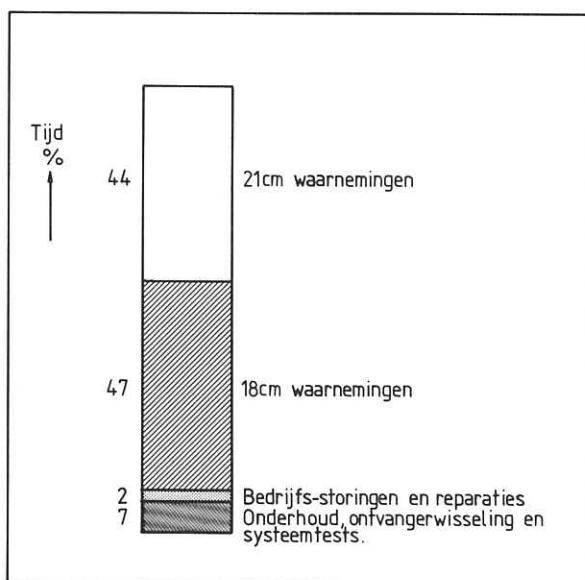
De telescoop was het afgelopen jaar vol in bedrijf, waarbij de uitvoering van de waarnemingen werd verricht door astronomen en studenten. De apparatuur kon met minimale inspanning van RZM zijde in optimale conditie gehouden worden. De waarnemingen kunnen nu ook op afstand worden verricht, binnen kantooruren, wanneer men beschikt over een werkstation ("terminal"), een modem en voldoende ervaring met het werken met de telescoop.

De apparatuur hield zich goed. Het tijdverlies door bedrijfsstoringen en reparaties was opvallend laag (2%) onder meer doordat we geen storm hadden. De optie van 40 MHz totale bandbreedte is beproefd en in orde bevonden.

Figuur 2.2.1. geeft een overzicht van de tijdsbesteding.

Van de zonne apparatuur werd het deel dat dient voor teruglezen van gearchiveerde metingen operationeel gehouden. De registers met de 6 cm spectrograaf werden onderzocht.

Al met al was 1985 een succesrijk jaar waarin aan een groot aantal onderwerpen gewerkt kon worden. Tabel 2.2.1. geeft een overzicht daarvan.



Figuur 2.2.1.: Gebruik van de tijd van de 25 m telescoop te Dwingeloo in 1985.

Usage of the 25-m Dwingeloo telescope.

| Projektnr.    | Onderwerp  | Onderzoekers   |
|---------------|--|--|
| <u>21 cm:</u> |  |  |
| X38           | HI search for companions to NGC 3239             | Skillman   |
| X39           | HI in Galactic Super Novae                       | Greidanus, Strom   |
| X40           | HI in diffuse CO-clouds                          | Butner, Burton   |
| X41           | HI in outerparts of the Milky Way                | Burton, Te Lintel  |
| X42           | Distances of High-Velocity Clouds                | Hekkert, Liem<br>R.J. Habing, Schwarz,<br>Le Poole, Wakker,<br>van Woerden |
| <u>18 cm:</u> |  |  |
| X31.1         | OH/IR Stars in the Galactic Plane                | Te Lintel Hekkert,<br>van der Veen,<br>H.J. Habing                         |
| X33           | Variability of OH-Sources in the Galactic Center | Herman, Kokx   |
| 595.6         | Light curves of OH-sources                       | Herman, Kokx   |
| 595.7         |  | Herman, Engelsman  |
| 595.8         |  | Th. Le Bestre  |
| X34           | OH-spectrum of IRC-30023                         | Butner   |
| X35           | OH-study of Khav 291                             | Butner   |
| X36           | Diffuse CO-clouds                                | Butner, Burton   |
| X37           | OH in NGC 7023                                   | Watt, Burton   |

Tabel 2.2.1.: Onderzoeksprojecten met de 25 m Radiotelescoop te Dwingeloo in 1985.

### 2.3. Computergroep.

#### 2.3.1. Samenvatting.

1985 was een jaar van gestaag doorwerken aan in vorige jaren gestarte projecten.

In Westerbork werd nieuwe programmatuur getest en in bedrijf gesteld voor het besturen van de (voorlopig laatste) ontvangeruitbreidingen: De uitbreiding (DXB) van de spectraallijn-ontvanger en de VLBI-breedband-opteller. Hardnekkige problemen met eerstgenoemde vergden daarbij veel aandacht en tijd. Voor de VLBI-waarnemingen (die gedetailleerde coördinatie met andere waarnemstations vereisen) werden procedures ontwikkeld voor het voorbereiden en achteraf verifiëren van waarnemingen.

Aan de hardware-kant werd in Dwingeloo de schijf-capaciteit van de VAX 780 vergroot tot 940 MB en een laser-plotter aangeschaft. Gedurende lange aaneengesloten perioden was de VAX 780 voor de volle 100% van zijn capaciteit bezet. De uitwijk mogelijkheden naar de VAX 750 zijn zeer beperkt, terwijl een verdere groei van de vraag te voorzien is. In elk geval voor 1986 ontbreken ons de middelen om de dringend nodige capaciteitsvergrooting te realiseren.

DWARF, het systeem van infra-structurele voorzieningen t.b.v. diverse programmapakketten, werd verder gecompleteerd, gedocumenteerd en voor export klaar gemaakt. Er worden nu copieën geinstalleerd in Leiden, Nijmegen, Bologna, Beijing en Penticton.

Het raster-plotpakket werd aangepast i.v.m. de komst van de laser printer en voorzien van een interface conform de nieuwe internationale Graphical Kernel Standard.

De programma's voor verwerking van SRT gegevens werden aangepast om de archivering van ruwe gegevens mogelijk te maken, die tegenwoordig om verschillende redenen de voorkeur verdient. Een volledige vernieuwing van het nu 10 jaar oude pakket is in voorbereiding.

Het Redundancy pakket werd, in intensieve interactie met de gebruikers, gecompleteerd door o.m. de toevoeging van een CLEAN programma. Dit pakket maakt deel uit van de DWARF systemen die naar elders zijn geëxporteerd. In Dwingeloo wordt het zeer intensief gebruikt door eigen staf zowel als bezoekers.

In het kader van de Brits-Nederlandse samenwerking prolongeerden twee leden van de groep hun verblijf buitenlands. In Dwingeloo werd de ontwikkeling van het archiefsysteem voor alle waarnemingen uit La Palma voortgezet. Fase 1 (het inbrengen van gegevens) werd in mei opgeleverd, fase 2 (het terughalen van gegevens) gedefiniëerd en ten dele gerealiseerd. I.v.m. vertrekkingen aan de Britse kant werd een tussen-oplossing (conversie vanaf FITS-banden) gerealiseerd.

Mutaties.

Aan het begin van het jaar verwisselde Drenth zijn plaats als coördinator van de SRT-gegevensverwerking voor een programmeursfunctie. Zijn oude werk wordt nu door de beide operateurs gedaan onder direct toezicht van het hoofd van de reductiegroep.

Per 1 maart werd H. Akkerman opgevolgd door A.H.W.M. Coolen als gegevensverwerker/programmeur in Groningen.

Per 1 september volgde Raimond Brouw op als voorzitter van de SRZM-directie. Hamaker nam zijn plaats in als hoofd van de groep en Brouw nam het programmeer-handwerk weer full-time op.

O.A. Hofman, die al jaren de computer-hardware beheert, maakte dit jaar ook de formele overgang van CTD naar Computer-groep.

Kombrink aanvaardde m.i.v. 1986 een leraarsbaan te Emmen. Omdat in de onmiddellijke toekomst geen grote nieuwe ontwikkelingen in de software-systemen in Westerbork voorzien zijn, was Kroodsma beschikbaar om hem te vervangen. Zijn plaats wordt ingenomen door B. Kramer, voorheen waarnemer in Westerbork, als aankomend programmeur.

Tenkink, reductie-operator te Dwingeloo, solliciteerde vervolgens met succes naar de openvallende waarnemersplaats, zodat begin 1986 voor de reductiegroep een nieuwe medewerker zal moeten worden aangetrokken.

Noordam kreeg verlof een derde jaar op het Royal Greenwich Observatory door te brengen in het kader van de UK/NL samenwerking. Van der Velde verlengde zijn overeenkomst voor stationnering op La Palma met twee jaar tot eind 1988.

2.3.2. Westerbork software systeem (van Someren Gréve, Kroodsma, Grit).

a. Real-time software.

De eerste maanden van het jaar werden besteed aan het verder operationeel maken van de in 1984 gerealiseerde uitbreidingen van de hardware. De besturing en uitlezing van het DXB werd gecompleteerd en getest en het bedrijfssysteem gereorganiseerd i.v.m. de beschikbaarheid van een nieuwe schijfseenheid.

Het gehele jaar werd gewerkt aan verbetering van de productiviteit per tijdseenheid om de CPU- en IO-belasting te verminderen. Naast talloze kleinere wijzigingen werd het FFT-algoritme, dat de helft van de rekentijd verbruikt, opnieuw gecodeerd met gebruikmaking van de HP vector-instructies; dit leverde een factor 1,2 tijdwinst op.

Dankzij deze inspanningen wordt nu bij een meting met 20480 kanalen de rekencapaciteit voor "slechts" 90% gebruikt. Voor het dubbele aantal moet de per meetpunt benodigde tijd verkregen worden door de basis-cyclustijd van 10 sec. overeenkomstig te vergroten. Om de volle DXB capaciteit (81920 kanalen) te gebruiken zal een vervanging van de huidige machines onvermijdelijk zijn.

De besmetting van de door het DXB gemeten correlatiefunctie door offsets, die zich in de eerste helft van het jaar als een gewone kinderziekte liet aanzien, bleek een ongewoon hardnekkige kwaal. Ook nadat vast was komen te staan dat de oorzaak in de electronica van het DXB gezocht moest worden, vergde het onderzoek veel programmeer-inspanning in de vorm van het maken van ad-hoc aanpassingen in het besturingssysteem; een deel van deze aanpassingen betekende ook een verbetering voor normale niet-diagnostische toepassingen.

In het voorjaar werd de "breedband opteller" in Westerbork geïnstalleerd. Deze telt de gegevens uit alle veertien antennes bij elkaar op, waardoor deze antennes bij VLBI metingen als één reflector met een equivalente diameter van 93 meter fungeren. Ook voor de besturing van dit stuk hardware werden de nodige voorzieningen getroffen.

b. Offline programma's.

De hierboven beschreven uitbreidingen in de real-time programmatuur brachten een groot aantal corresponderende aanpassingen met zich mee in de programma's voor het voorbereiden van metingen en de inspectie van de verkregen gegevens. Deze gelegenheid werd gebruikt om de programma's te uniformeren met gebruik van gestandaardiseerde dialoogvormen met de gebruiker, en volledig te documenteren. De DXB gegevens uit een volledige 12-uurs meting passen in sommige gevallen niet meer op één magneetband; voor het verdeelen over twee banden werden voorzieningen getroffen.

c. VLBI programma's.

Voor de administratie van VLBI metingen worden door alle VLBI stations dezelfde, in het Amerikaanse netwerk ontwikkelde programma's gebruikt. Voor de invoer van stuurgegevens uit deze programma's in het Westerborkse systeem werden verbindingswegen gebouwd die de tussenkomst van operateurs overbodig maken. Naast veel vervelend typewerk wordt daarmee ook een bron van (menselijke) fouten geëlimineerd.

Tegen het eind van het jaar werd de eerste succesvolle test gedaan met het (eveneens uit de VLBI-gemeenschap afkomstige) "quasi-real-time" fringe-detectie-systeem. Onmiddellijk na een waarneming wordt een klein segment van de meting via een telefoonverbinding overgesleind, waarna de registraties van zender en ontvanger in software met elkaar gecorreleerd worden. Dit levert een onmiddellijke controle op en het per expresse oversturen van een band met gegevens tijdens een waarneemperiode is niet langer nodig.

### 2.3.3. Software-ontwikkeling te Dwingeloo.

#### a. VAX-systeembeheer (Spoelstra, Hofman, Brouw, Hamaker).

De hardware voor SRT-reducties (VAX 750 met 5 magneetbandeenheden en 470 MB schijf) kon de belasting van dit jaar gemakkelijk aan - waarbij overigens moet worden aangetekend dat de verwachte toevloed van metingen uit het nieuwe DXB zeer beperkt bleef ten gevolge van de storingen in die ontvanger.

De ontwikkelings- en interpretatiecomputer (VAX 780) zag zijn schijfcapaciteit uitgebreid tot 940 MB door vervanging van 2 schijfeenheden door grotere (merk System Industries); aan deze eenheden is een 2 MB buffergeheugen gekoppeld dat de gemiddelde afhandeltijd per opdracht aanzienlijk beperkt. Verder werd een laserprinter/plotter toegevoegd ter vervanging van de Gould, die zijn levenseinde nadert; de driemaal hogere beeldscherpte en het contrast van de nieuwe plotter zijn indrukwekkend.

De lang verwachte overgang van het operating systeem VAX/VMS versie 3 naar versie 4 kreeg in augustus zijn beslag. Daaraan was een langdurige periode van voorbereiding voorafgegaan in verband met een groot aantal elk op zich vrij kleine wijzigingen die nodig waren in allerlei eigen programma's en procedures. Op grond van soortgelijke ervaringen elders heeft de fabrikant aangekondigd, voortaan de systeemwijzigingen gelijkmatiger te zullen doseren.

#### b. CPU-bezetting.

De ontwikkeling van de bezettingsgraad van de VAX 780 baart ernstige zorgen. Met name in het derde kwartaal, toen een viertal zomerstudenten zich in Dwingeloo in het bewerken van SRT-gegevens bekwaamden, was de machine vrijwel onafgebroken (dag en nacht, ook in de weekends) voor 100% bezet, dat wil zeggen in feite flink overbezet. Na een rustige periode ten tijde van de assemblée van de Internationale Astronomische Unie naderde de bezetting tegen het eind van het jaar opnieuw de limiet.

Het beschikbaar komen van VAX-capaciteit in Leiden en Groningen zal in de loop van 1986 het beroep van Universitaire astronomen op de SRZM computers wellicht doen verminderen. Aan de andere kant blijft de reputatie van SRZM bezoekers aantrekken die voor kortere of langere tijd in Dwingeloo neerstrijken. Hun de benodigde faciliteiten te kunnen bieden is voor SRZM een levensvoorraarde.

In het licht van deze ontwikkeling is de afwijzing van onze aanvraag voor een toewijzing uit het door de Minister van Onderwijs en Wetenschappen nieuw ingestelde Intentioneel Apparatuur Schema - waaruit een vervanging van de VAX 750 door een VAX 785 bekostigd had moeten worden - een zeer ernstige tegenslag.

#### c. DWARF (Hamaker, Lem, Kombrink, Olnon).

Mede naar aanleiding van ervaringen in het gebruik werden een aantal aspecten van de communicatie tussen programma's en hun gebruikers nader gedefinieerd of aangepast. Voor dit doel werd de

PPD-compiler volledig opnieuw opgezet. (Deze compiler vertaalt een tekst van de programmeur in een besturingstabel die voor de DWARF routines alle eigenschappen van elke programma-stuurparameter definiëert). Met behulp van de bij deze gelegenheid gecreëerde subroutines werden later de andere compilers in het systeem in een vloek en een zucht gemoderniseerd.

Het subsysteem dat de fout-afhandeling en berichtgeving verzorgde werd opnieuw geschreven om het voor onderhoud en uitbreiding toegankelijker te maken. Voor een zelfde operatie op het zeer ingewikkelde programma-parameter-subsysteem werd een voorstudie ondernomen.

Aan de periferie van het systeem werden een reeks onderhoudsprocedures opgezet en uitgebreid. Zij voorzien in automatische uitvoering van alle administratieve operaties rondom het vervangen van programma modules, het toevoegen van nieuwe applicatieprogramma's etc. Hun gebruik garandeert de interne consistentie van het geheel van programma-teksten, "object"-bibliotheeken en "executable" programma's. Daarnaast werden nieuwe grote stukken documentatie toegevoegd.

Ook voor het samenstellen van "export"-magneetbanden en het elders installeren van DWARF vanaf een dergelijke band werden procedures en documentatie ontwikkeld. Aan het eind van het jaar werden banden verstuurd naar Nijmegen, Penticton, Leiden, Bologna en Beijing. De twee eerstgenoemden zijn vooral geïnteresseerd in DWARF als programmeer-omgeving, de overigen gaan het primair om applicatieprogramma's (het Redundancy-pakket).

d. Plot-programma's (Brouw).

Aan het eind van het jaar werd begonnen met een revisie van de in het verleden voor de Gould plotter ontwikkelde raster-plot-software. De bedoeling is deze te optimaliseren voor de VAX en voor de nieuwe laser-printer (resolutie 3x die van de Gould) en te voorzien van een interface die voldoet aan de voorschriften van het GKS (Graphical Kernel System), dat als internationale standaard geaccepteerd begint te raken.

Het plotpakket werd als applicatie-pakket in het DWARF systeem opgenomen.

e. SRT reductiepakket (Spoelstra, Vosmeijer, Brouw).

Het meeste onderhoudswerk dit jaar vloeide voort uit de verdere integratie van de waarneem-modus met redundante basislijnen in het pakket. Daarnaast werden enkele functies toegevoegd, zoals de mogelijkheid in Westerbork gemeten meteorologische parameters bij de berekening van refractiecorrecties te gebruiken.

Ervaringen in het dagelijks gebruik gaven ook aanleiding tot een reeks verbeteringen. De belangrijkste was het besluit, de programma's zo aan te passen dat in het vervolg ruwe i.p.v. gecalibreerde gegevens gearchiveerd worden. Dit levert een besparing op in het aantal magneetbandoperaties per waarneming, hetgeen van

praktisch belang is omdat deze operaties een belangrijk knelpunt vormen.

Sinds de opzet van het reductiepakket voor de PDP11, nu meer dan tien jaar geleden, is het talloze malen aangepast, onder meer voor de overgang naar de VAX en voor de toevoeging van vele nieuwe functies in samenhang met steeds verfijndere bewerkingen op de gegevens. Tot de langzamerhand onvermijdelijk grondige revisie werd in beginsel besloten en aan een ontwerpstudie daarvoor begonnen.

f. Calibratie-onderzoek (Spoelstra).

Het onderzoek naar ionosfeer-effecten in de radio-interferometrie in samenwerking met H. Kelder (KNMI) werd - op een betrekkelijk laag pitje - voortgezet. Aan een uitnodiging tot het geven van een overzichtsvoordracht op een conferentie te Leningrad kon door visum-problemen geen gevolg worden gegeven.

Het voorgenomen onderzoek naar mogelijkheden om de routine-procedures voor calibratie van de SRT te verbeteren kreeg ten gevolge van andere verplichtingen maar weinig aandacht. Funderend hiervoor werd samen met Kahlmann onderzoek gedaan naar mogelijke fouten in calibratie en correctie van WSRT waarnemingen. Doel hiervan is ondermeer om beter inzicht te krijgen in toleranties voor de verschillende foutencomponenten om een bepaald gewenst dynamisch bereik in de uiteindelijke kaarten te verkrijgen.

g. SRT-reductie programma's te Leiden (Weerstra, Lugtenborg) en Groningen (Akkerman, Coolen).

In de Groningse versie van LINEMAP (het programma voor de productie van hemelkaarten uit SRT-metingen) kwam in de loop van dit jaar een ernstige fout aan het licht die zich uitte in het optreden van valse bronnen in het centrum van de kaart. Pas na overkomst van de oorspronkelijk voor het programma verantwoordelijke ontwerper kon de fout gelokaliseerd worden: Een onjuiste aanpassing voor de overgang van een sterretijd- op een zonnetijdklok.

h. Programma's voor de interpretatie van SRT-waarnemingen (Brouw, Lem, Olnon).

Aan de verdere uitbouw van het Redundancy pakket werd met voortvarendheid gewerkt. Al in het begin van het jaar werd het oude kaartmaak-programma uit het KNEAD pakket vervangen door een voor redundancy-toepassingen geschiktere eenheid. Een CLEAN programma met specifiek op Redundancy toegesneden opties volgde tegen de zomer. Deze en de al bestaande programma's werden verder met talloze nieuwe functies uitgebreid.

i. Programma's voor de Dwingeloo telescoop (Lem).

Overeenkomstig de afspraken tussen SRZM en gebruikers beperkte onze bemoeienis zich tot het operationeel houden van de programma's. Aangezien zij alle het stadium van de kinderziektes al

lang achter zich hebben gelaten, was de vereiste inspanning minimaal.

j. Calibratie en Reductie van SRT metingen te Dwingeloo (Slottje, Moorrees, Tenkink).

Voor de gegevensverwerking was 1986 een rustig jaar. Na de 21-cm periode waar het mee begon was er nog sprake van een achterstand, maar deze werd spoedig ingelopen. In de zomer trad een kleine kink op ten gevolge van een fout bij de invoering van een "schrikkel-seconde" in Westerbork die herbewerking van een reeks waarnemingen nodig maakte.

Teneinde het aantal magneetband-operaties per waarneming te verminderen werd besloten in het vervolg ruwe in plaats van gecalibreerde data te archiveren. Deze procedure sluit beter aan op de steeds vaker voorkomende situatie, waarin een gebruiker zelf de correcties specificeert op basis van een Redundancy-analyse van de ruwe gegevens, en het aanbrengen van "standaard"-correcties dus overbodig is. Konsekventie van deze procedure is, dat het afleveren van gecalibreerde gegevens nu meer vergt dan alleen het copiëren van een stuk magneetband; vertragingen kunnen optreden als veel gebruikers hun data gelijktijdig oproepen.

De verandering van werklast ten gevolge van het vertrek van Drenth als reductie-coördinator werd door het overblijvende team goed opgevangen.

2.3.4. UK/NL werkzaamheden.

a. Stationering buitenlands (Noordam, Van der Velde).

Van der Velde was gedurende het eerste half jaar van zijn verblijf op La Palma de enige software-specialist ter plaatse. Hij maakte zich daar in korte termijn onmisbaar door de verantwoordelijkheid te nemen voor een systematisch beheer van de aanwezige programmatuur en het opzetten van vaste procedures. Pas naarmate het programmeursteam in de loop van het jaar versterkt werd, kreeg hij meer tijd voor het beheer en onderhoud van de in Dwingeloo opgezette programma's voor het archiveren van alle waarneemgegevens. Dat zijn uitzending een succes is, moge blijken uit het feit, dat hij reeds nu besloot, voor twee jaar bij te tekenen (tot eind 1988).

Ook Noordam kwam terug op zijn eerdere voornemen, dit jaar naar zijn basis terug te keren. Zijn uitzending naar het Royal Greenwich Observatory (RCO) werd met een derde jaar verlengd. Een verslag van zijn werkzaamheden volgt hieronder.

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

Fase 1 van het project werd afgesloten met de officiële oplevering van programma's en bijbehorende documentatie op 10 mei, (binnen de in het contract voorziene termijn). Deze fase omvat het

inbrengen van gegevens in het archief met de daaraan verbonden administratie en het beheer van het archief (backup procedures, het opvragen van inhoudsoverzichten, e.d.).

Doordat RGO een aantal data-structuren pas later dan voorzien kon definiëren, werden dit jaar de gegevens in La Palma tijdelijk op FITS tapes geschreven. Voor het later converteren naar de voor het archief voorziene "packet tapes" schreef Kombrink een speciaal programma. Hij besteedde in oktober twee weken aan het installeren ervan in La Palma en maakte van de gelegenheid gebruik om ter plaatse andere activiteiten in verband met het project een zetje te geven.

De hoofd-activiteit in het tweede half jaar was de definitie van de methoden voor het terugvinden van gegevens in het archief en de bijbehorende gebruikers-interface. RGO accepteerde de resulterende voorstellen in december vrijwel ongewijzigd.

De samenwerking met de opdrachtgever (RGO) verloopt zeer soepel. Zowel rechtstreeks als indirect vernamen wij meerdere malen dat men de kwaliteit van ons werk, zowel qua conceptie als in de praktische uitwerking, als uitstekend beoordeelt.

c. Hoog ruimtelijk oplossend vermogen bij optische golflengten (Noordam).

De calibratie van radio-waarnemingen maakt in toenemende mate gebruik van een heldere referentiebron in het veld. Het ligt voor de hand om te proberen deze techniek ook toe te passen bij optische golflengten.

De situatie in het optisch gebied is vergelijkbaar met die in radio-VLBI: Het is onmogelijk om een fase-stabiele interferometer te maken. Voor beeldvorming essentiële fase-informatie kan alleen worden verkregen met behulp van een combinatie van meer dan drie telescopen. Het verschil met VLBI is, dat de signalen van de verschillende telescopen niet afzonderlijk versterkt en paarsgewijze gecorreleerd kunnen worden. Er blijken echter methodes te bestaan om de bijdrages van de verschillende interferometers in het systeem van elkaar te onderscheiden nadat ze allemaal tegelijk zijn gecombineerd op een tweedimensionale detector. Dit maakt dan het gebruik van de succesvolle zelfcalibratie-techniek uit de radio-interferometrie mogelijk.

Hoewel de waarnemetechniek dus heel anders is, is verdere verwerking van de gegevens in grote lijnen overeenkomstig met de "Redundancy" methode die met zoveel succes bij de SRT wordt toegepast (zie de omslag van dit Jaarverslag). Door haar ervaring kan RZM een essentiële inbreng hebben in dit gebied, dat voor de optische sterrenkunde nog vrijwel terra incognita is.

Het door Noordam in samenwerking met Atherthon (voorheen Kapteyn Sterrewacht, Roden) en Greenaway (Royal Radar Establishment, Malvern) op deze basis voorgestelde project OASIS (Optical Aperture Synthesis In Space) is door de European Space Agency opgenomen in zijn lange-termijn plan Horizon 2000.

Voor waarnemingen vanaf de grond is het OASIS concept in principe eveneens toepasbaar, al worden de mogelijkheden daarbij door de onvermijdelijke atmosferische turbulentie ("seeing") sterk beperkt. Het OASIS-team is ook bij de uitwerking van ideeën in deze richting betrokken. Voor een aantal experimenten op La Palma is in 1986 waarneemtijd toegewezen.

Het belang van goede faciliteiten voor het uittesten van deze gecompliceerde voorstellen wordt benadrukt in het voorstel voor een permanent test-platform (Ground-based High-Resolution Imaging Laboratory) bij de 4,2 m William Herschel Telescoop op La Palma. Het moet geplaatst worden in één van de beide Nasmyth afbeeldingsvlakken. Deze vlakken hebben de bijzondere eigenschap dat zij een vaste plaats hebben in het verlengde van de elevatie-as en daardoor toegankelijk zijn voor veel grotere apparatuur dan de andere, om deze as meedraaiende beeldvlakken.

Mede op grond van zijn betrokkenheid bij dit plan (als autor intellectualis en gangmaker van de realisatie) werd Noordam's detachering bij RGO met een derde jaar verlengd.

Aan de experimentele kant werden in 1985 verkennende experimenten uitgevoerd op de 2,5 m Isaac Newton Telescoop met behulp van ad-hoc instrumentatie, verpakt in de omhulling die normaal de TAURUS spectrometer huisvest. Voor verdere proeven op deze telescoop wordt nu een speciale "Imaging Box" gebouwd, die gemakkelijke toegang verschafft tot het pupilvlak; in dit vlak worden de interferentie-patronen gevormd, die het optisch analogon vormen van de "zichtbaarheden" die in de radio-interferometrie gemeten worden.

Verdeling van mankracht over projecten en activiteiten  
(Cijfers in man-maanden).

|   |       |        |
|---|-------|--------|
| Dwingeloo Ontwikkeling/Onderhoud                    |       |        |
| Infrastructuur                                      |       | 26.71  |
| Systeembeheer                                       | 7.31  |        |
| DWARF   | 15.29 |        |
| Diversen  | 6.11  |        |
| Applicaties   |       | 29.40  |
| SRT calibratie/correctie                            | 13.33 |        |
| SRT interpretatie                                   | 15.92 |        |
| Dwingeloo Telescoop                                 | 0.15  |        |
| Westerbork Ontwikkeling/Onderhoud                   |       | 26.65  |
| Systeembeheer                                       | 1.09  |        |
| SRT on-line   | 8.85  |        |
| SRT off-line  | 12.21 |        |
| VLBI  | 4.50  |        |
| UK/NL Ontwikkeling/Onderhoud                        |       | 38.89  |
| La Palma archief                                    | 14.89 |        |
| Stationnering RGO en La Palma                       | 24.00 |        |
| Dienstverlening                                     |       | 27.92  |
| Assistentie SRT waarnemingen                        | 3.33  |        |
| Reductie SRT data                                   | 19.57 |        |
| Beheer Dwingeloo Telescoop                          | 1.72  |        |
| Beheer Dwingeloo Bibliotheek                        | 0.41  |        |
| Ondernemingsraad                                    | 2.26  |        |
| Publieksvoortichting                                | 0.63  |        |
| Contacten universiteiten,<br>assistentie gebruikers | 9.73  |        |
| Diversen SRZM, UK/NL                                | 10.99 |        |
| Diversen  |       | 40.43  |
| Verlof  | 25.07 |        |
| Ziekte  | 4.91  |        |
| Studie/Literatuur/Conferentie                       | 6.18  |        |
| Wetenschappelijk Onderzoek                          | 1.72  |        |
| Overig  | 2.55  |        |
| Totaal  |       | 192.00 |

## 2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst

### 2.4.1. Algemeen

1985 kan beschouwd worden als een overgangsjaar: werd tot nu toe de technische mankracht uitsluitend aan werk voor de Synthese Radio Telescoop besteed, thans neemt het werk voor het UK/NL-samenwerkingsproject de overhand. Deze tendens wordt nog versterkt door de uitzending van technici naar La Palma en Hawaii. In de loop van augustus zijn er drie: Dekker, de Haan en Schipper naar Hawaii vertrokken om het constructieteam voor de Maxwell Telescoop (MT) te versterken. Tegelijkertijd vertrok P. Riemers voor een verblijf van een jaar naar La Palma waar hij samen met de Graaf deelneemt aan het onderhoud van de telescopen. Half augustus vertrok eveneens van 't Land naar Hawaii waar hij, tot de kerst, betrokken is geweest bij de bekabeling van de MT.

In het kader van de UK/NL samenwerking is, via contracten, in de afgelopen jaren een aantal ontwikkelingsprojecten door het laboratorium aangenomen en uitgevoerd. Deze hebben geleid tot voorstellen voor de bouw van apparatuur voor zowel de optische als de millimetertelescopen.

Voor de 4,2 m-telescoop op La Palma bijvoorbeeld zal RZM de fabricage van de "CCD controllers", nieuwe stijl, voor haar rekening moeten nemen. Hiermee wordt aan de aflossing van het Nederlandse aandeel in de benodigde mankracht bijgedragen. Dit project heeft in de ontwikkelingsfase voor een zestal manjaren geteld; er wordt voor de fabricage nog een negental manjaren gerekend.

Voor de millimetertelescoop wordt ook op RZM gerekend, met name voor het ontwerpen en vervaardigen van een breedbandige spectrometer voor de Maxwell Telescoop. Het betreft zowel analoog als digitaal werk. De autocorrelator zelf is gebaseerd op een door RZM ontwikkelde correlatorchip. Met dit project zijn meer dan tien manjaren gemoeid.

Het zogenaamde frontendwerk voor de MT vergt een enorme inspanning, in eerste instantie van onze mechanische technici. Het fabriceren en hanteren van onderdelen van kleine afmetingen met micronprecisie is een zeer tijdrovende bezigheid zoals verder in dit verslag zal blijken.

Voor de SRT werden in 1985 twee grote projecten, zeker wat de constructiefase betreft, afgesloten: de uitbreiding van het Digitaal Lijn Backend (DXB) en de breedbandige opteller voor het VLBI werk. Wat betreft het DXB, medio '85 in bedrijf gesteld, is een aantal problemen gerezen die veel aandacht hebben gevraagd en waarvan enkele aan het eind van het jaar nog niet waren opgelost.

Begin september werd P. Dooley van NRAO, een specialist op digitaal gebied, bij het laboratorium gedetacheerd. Dooley is voor een jaar, in het kader van de NRAO-RZM uitwisselingsovereenkomst, in Dwingeloo te werk gesteld.

In de volgende hoofdstukken zijn de Laboratorium en CTD projecten in meer detail toegelicht. De projecten zijn in twee grote groepen verdeeld: SRT-projecten en projecten in het kader van de UK/NL-samenwerking.

#### 2.4.2. Projecten ten behoeve van de Westerbork Synthese Radio Telescoop.

Het onderhouden van het frontendontvangerpark is een zeer tijdrovende bezigheid die ook in 1985 heel wat manuren heeft gekost. De SRT is uitgerust met ontvangers voor het waarnemen op vier golflengten. In de praktijk komt dit neer op het optimaal houden van drie series van vijftien frontendontvangers waarvan een zestal - de zogenaamde cryogene - gekoeld is. Het is gebleken dat daarvoor, vrijwel continu, drie medewerkers nodig zijn. Er bleef daardoor, helaas, weinig ruimte over om de vernieuwingsplannen voor onze frontendontvangers flink aan te pakken.

Behalve de routinereparaties, zijn enkele omvangrijke problemen gerezen in verband met de veroudering van ons ontvangerpark. Zo moesten bijvoorbeeld de bestaande 6 cm FET versterkers, zowel gekoelde als ongekoelde, vervangen worden wegens instabiliteiten of onbetrouwbaarheid. Uit praktische overwegingen werd besloten deze versterkers "in huis" te vervangen volgens een eigen ontwerp. De fabricage en optimalisatie vooral van de tot 15K gekoelde versterkers vergen een grote inspanning. De - 21 maal - frequentievermenigvuldigers van de 6 cm-ontvangers hebben eveneens veel last veroorzaakt. Deze gekochte modules spelen een kritieke rol bij het waarnemen en tonen na zeven jaar gebruik kuren. De gebrekige vermenigvuldigers werden grondig gerepareerd terwijl tegelijkertijd aan een oplossing voor op de langere termijn werd gewerkt.

Naast deze inspanningen kon toch enige vooruitgang geboekt worden met de ontwikkeling van een verbeterd "feed"-systeem voor de 21 cm frontendontvangers. De nieuwe breedbandige 21/18 cm-antennesectie werd door de instrumentmakerij afgeleverd en getest. De metingen zien er veelbelovend uit maar gaven aanleiding tot enige wijzigingen. De nieuwe antennesectie maakt gebruik van "monopool"-probes, waardoor de RF-signalen direct, zonder balun en met lage verliezen, naar de voorversterker getransporteerd worden. Er wordt thans aan een rotatiemechanisme gewerkt dat vermoedelijk geen radicale mechanische ombouw van de bestaande ontvangers zal vragen.

Aan verbeterde ongekoelde 21/18 cm-voorversterkers (met FET of wellicht HEMT) wordt ook gewerkt. Een Peltiertestopstelling is eveneens gereedgekomen om deze versterkers bij lagere temperaturen te testen.

Een onderzoek is gedaan naar coaxiale feeds met een lagere afsnijfrequentie dan die van de 92 cm frontendontvangers. Daarmee wordt beoogd het waarnemen met de SRT naar 260-330 MHz te kunnen verschuiven om zodoende bronnen met grote roodverschuiving met het

DXB te kunnen waarnemen. Er werd geëxperimenteerd met een schaalmodel (1:11) waarbij o.a. de lengte van het uitstekende gedeelte van de centrale pen werd gevarieerd. Er blijkt een configuratie te zijn waarbij het stralingspatroon in E- en H-vlak praktisch gelijk is.

Na de installatie eind 1984 van het DXB werden aan het grondig testen van het systeem vele manuren besteed. Tal van soms lastige fouten moesten geïdentificeerd en verholpen worden. In het tweede kwartaal kon tenslotte voor het eerst met 20.000 kanalen in de 1 bit mode waargenomen worden. De uitbreiding van het aantal kanalen wordt o.a. benut om op 327 MHz in de "redundancy" mode te waarnemen. Het ziet er naar uit dat in deze mode het systeem succesvol functioneert. In de spectrale mode waar de "recirculatie" gebruikt wordt om de spectrale resolutie te vergroten is een niet goed begrepen fout ontdekt. Deze fout uit zich in een "random" verandering van de "offset"-waarden van een aantal correlatieproducten. Dit probleem is nog in behandeling.

Het "Digitaal Continuum Backend" (DCB) werd in 1985 uitvoerig gebruikt. Een probleem met de DCB computer heeft helaas nogal veel zoektijd gekost. De documentatie voor het DCB toonde vrij veel tekortkomingen. Daaraan werd de nodige aandacht besteed. Het laatste ontbrekende onderdeel van deze ontvanger, de "monitor controller", is qua hardware vrijwel gereed. Aan de software die in Pascal geschreven wordt en op een "OS9 operating System" moet draaien, wordt thans gewerkt.

Begin 1985 werd in Westerbork begonnen met de installatie van de breedbandige opteller voor VLBI waarnemingen. Dit omvangrijke apparaat zorgt voor de verbinding tussen het DCB en de Mark III VLBI-terminal. Met dit nieuwe ontvangersysteem kunnen VLBI waarnemingen met een bandbreedte tot 64 MHz gedaan worden. De breedbandige opteller werd in een recordtijd geïnstalleerd en getest en kon met succes ingezet worden bij de VLBI-sessie van mei. Alleen een kernel van de microprocessorsoftware voor de "control unit" is klaargekomen. Aan de realisatie van de besturing wordt nog gewerkt. Hetzelfde geldt voor de calibratievoorzieningen in de vorm van 1 MHz "rail injectie". Een modificatie bleek noodzakelijk die thans uitgevoerd wordt.

Er werd verder aan de integratie van het Mark II en Mark III-systeem gewerkt. De nieuwe rek indeling in de ontvangerruimte, bedoeld voor een handiger gebruik van de videorecorders, is gereedgekomen.

Voor de "real time fringe verificatie" is de nodige hardware aangeschaft c.q. gebouwd. Daarmee wordt beoogd de verschillende stations vóór een VLBI-waardeemsessie in "real time" te testen via telefoonlijnen en modems. Tot nu toe vindt de verificatie plaats in Bonn aan de hand van verzonden magneetbanden.

Naast deze ontwikkeling moesten in de loop van 1985 tal van problemen onderzocht en opgelost worden, zoals fase-instabiliteiten, een amplituderieimpel in het autocorrelatie-spectrum, etc.

In het eerste kwartaal, op tijd voor de VLBI-sessie in mei, werd de waterstofmaser afgebouwd. De maser is in de kelder in Westerbork geïnstalleerd en gekoppeld aan het lokale oscillatornet en het kloksysteem. Het levert stabiele signalen op van 10 MHz, 170 MHz en 1 puls per seconde.

Nadat bleek dat het outputniveau aan het dalen was werd de maser gedemagnetiseerd met behulp van een experimentele opstelling waarna de output weer op de oorspronkelijke waarde terugkwam. Via de dagelijkse tijdvergelijking met het TV-kanaal werd de frequentiestabiliteit op lange termijn bepaald:  $8 \cdot 10^{-13}$  per 24 uur.

Het Laboratorium werd in 1985 ook betrokken bij het bestuderen van twee toekomstige VLBI-satellietprojecten: QUASAT en RADIOASTRON. De bijdragen aan QUASAT zijn verwerkt in het QUASAT Assessment Study Report. Het RADIOASTRON project betreft een Russische satelliet die vermoedelijk omstreeks 1990 gelanceerd zal worden. Via Dr. Bonnet, directeur van het Scientific Program van ESA werd de belangstelling gepeild van de Europese VLBI-instituten voor een deelname aan de missie, hetgeen ook een deelname aan de bouw van de hardware zou betekenen. Het gaat eigenlijk om het 6 cm-ontvangergedeelte. Er werd bij het EVN-directeurenoverleg van 15 november besloten tot een "feasibility study" die binnen 6 maanden afgerond moet zijn. RZM en MPI hebben hiervoor mankracht beschikbaar gesteld.

Naast de genoemde "grote" projecten hebben tal van bescheiden ontwikkelingen plaatsgevonden. Onder het motto van modernisering van het SRT-systeem werd bijvoorbeeld het equalizer-systeem voorzien van IF-signaalsplitsing met hoge isolatie. Het LO-systeem beschikt nu over een volledig reservesysteem. Er zijn ook in 1985 uurhoekkadranten van een drietal telescopen mechanisch gereviseerd.

#### 2.4.3. Projecten ten behoeven van de UK/NL samenwerking

Medio 1985 werd aan de integratie van de zogenaamde UKIRT-ontvanger begonnen. Deze ontvanger zal in het vervolg, om hierondergaande redenen, "MT 350GHz ontvanger" heten. Vrijwel alle onderdelen waren voor dat doel aanwezig. Bij de tests deden zich spoedig ernstige problemen voor in het bijzonder met de 690 GHz-bolometer. Het bleek dat bij testmetingen in de hybride cryostaat microfonische instabiliteiten in de bolometer optreden die veroorzaakt worden door het trillen van het coldend ondanks de voorzieningen om die trillingen klein te houden. Dit verschijnsel was niet geheel onverwacht: reeds in 1983 is aan Queen Mary College (QMC) een verzoek gedaan om dit probleem te onderzoeken. Door gebrek aan mankracht aldaar is dit blijven liggen. De bolometer werd door QMC in 1984 aan RZM geleverd maar kon pas in 1985, met het hele ontvangersysteem, getest worden. De bolometer is nu terug bij QMC om het microfoonisch verschijnsel ter plaatse verder te onderzoeken.

Bij de integratietests zijn uiteraard nog meer problemen aan het licht gekomen. De betrouwbaarheid van het phaselock-oscillatorsysteem bleek bijvoorbeeld ontoereikend. Met dit systeem wordt beoogd het 350 GHz carcinotron (BWO) in fase op een 150 MHz-synthesizer te "locken" voor spectrale lijnwaarnemingen. Zo'n systeem is op de genoemde frequentie nog niet elders gerealiseerd. Een extra bijzonderheid is dat tussen carcinotron en zijn voeding een afstand van circa 50 m (retourlengte) bestaat. Het probleem werd o.a. opgelost door de hoogfrequente en laagfrequente componenten van het foutsignaal te scheiden. Het hoogfrequente signaal (mV-niveau) wordt via een hoogspanningstrafo (10kV) direct in het frontend geïnjecteerd terwijl de laagfrequente component rechtstreeks naar de voeding wordt geleid. De in eigen beheer gebouwde hoogspanningstransformator sloeg na enige tijd door en moest vervangen worden door een buitenshuis vervaardigd exemplaar.

Een derde probleem betreft de microprocessorbesturing van het frontend- en LO-systeem. Dit werk valt onder de verantwoordelijkheid van SRON, Groningen. Door verschillende omstandigheden ondervond dit project eveneens aanzienlijke vertraging. Gezien de complexiteit van het frontendsysteem is deze computerbesturing van essentieel belang.

De gekoelde Schottkymixer voor 350 GHz ook een nieuwe ontwikkeling. Er zijn misschien 2 à 3 instituten op de wereld die deze kunnen maken. Medio 1985 werd, na vele tegenslagen, een tot 10K koelbaar en betrouwbaar (herhaaldelijk koelbaar) mixercontact geleverd. Helaas werd de mixer tijdens de laboratoriumtests beschadigd. Door gebrek aan mankracht moest de reparatie uitgesteld worden.

Toen bleek dat de UKIRT-ontvanger pas begin 1986 naar Hawaii verstuurd zou kunnen worden en kort daarop - september 1986 - naar de MT zou moeten verhuizen werd besloten de ontvanger maar rechtstreeks op de MT te plaatsen. Daarvoor is een aantal aanpassingen nodig.

Begin december zag de ontvanger er gezond uit op het inmiddels voor onbeperkte tijd uitgestelde bolometergedeelte na. Het systeem werkte met een ongekoelde Schottkymixer met een DSB (Double Side Band) systeemtemperatuur (bij 350 GHz) van 1250-1500K. De stabiliteit ziet er ook goed uit. Aan de gekoelde mixer wordt tegelijkertijd hard gewerkt. Men hoopt daarmee de verkregen systeemtemperatuur minstens te halveren.

Het phaselocksysteem blijkt ook in de definitieve versie goed te functioneren. Tussen berekend en gemeten spectrum tijdens faselus is een uitstekende overeenstemming verkregen. Een stabiliteit van de lus beter dan  $10^{-12}$  (Allan variantie) is gemeten na integratie over 100-1000 seconden.

De besturing van de frontend-processor (door Sterrewacht Utrecht ontworpen en gebouwd) met behulp van een microprocessor (PC) werd getest en werkt voor zover het om het versturen van afzonderlijke commando's vanaf het toetsenbord gaat. Software voor instel/afregel procedures wordt nu geschreven en getest.

Langzaam maar zeker groeit de betrokkenheid van RZM bij de bouw van de Maxwell-telescoopontvangers. De telescoop zelf stond aan het eind van 1985, op de panelen na, opgesteld in de carrousel zoals te zien is op figuur 2.4.1. Figuur 2.4.2. laat de ontvanger-cabine zien waar de frontend-ontvangers hun plaats zullen krijgen.

Zoals al gezegd in de inleiding is een viertal technici direct bij de bouw van de telescoop betrokken. Ten dele betrof het bekabelings-werkzaamheden. Aan RZM werden ook de constructie (te Dwingeloo) en de assemblage (in Hawaii) van de kabels-"turner", waارlangs de kabels tussen de roterende telescoop en de vaste omgeving worden geleid, toevertrouwd.

Een contract voor de bouw van het MT-IF-systeem werd eveneens aan RZM gegund. Dit standaardsysteem zorgt voor de verbinding tussen de verschillende frontend- en backendontvangers; het werkt op 1,5 GHz en 4 GHz. Hiermee is een drietal manjaren gemoeid.

Het resterende werk aan de MT vond plaats in het kader van contracten voor ontwikkelingswerk. Een cryostaat werd gebouwd om de ruis eigenschappen van de gekoelde 350 GHz-mixer te kunnen meten. Een meetopstelling om de 690 GHz-frequentieverdubbelaar te testen werd ook afgeleverd.

Door gebrek aan mankracht en wegens technische problemen vond het werk voor het multibeamproject weinig vooruitgang. Zo moest het etswerk in goudfolie voor de 350 GHz "crossguide coupler" aan de TH Twente uitbesteed worden. Aan de theoretisch kant werd vrij veel werk gedaan waarover in interne verslagen gerapporteerd werd.

RZM is in dit kader de ontwikkeling begonnen van SIS (supergeleider-isolator-supergeleider) mixers. Deze mixers gebruiken zeer weinig vermogen voor lokale oscillators, (enkele nanowatts) en zijn derhalve uitermate geschikt voor multibeam-configuraties. De stand van de techniek bij onze golflengtes (350 en 470 GHz) is nog in de ontwikkelingsfase. In de instrumentmakerij is een mixer blok vervaardigd dat binnenkort uitgerust zal worden met een door Kent University vervaardigde SIS-junctie. De IV-karakteristieken van de geleverde juncties (ook die van de TH-Delft) worden nu routinematieg gemeten.

Binnen het kader van de werkpakketten dient tenslotte het werk aan het ontwerp van de 1 GHz digitale correlator voor de MT te worden vermeld. Er is in 1985 een grondige analyse gedaan van de correlator-architecturen waarin de te ontwikkelen correlator-chip past. Op grond hiervan is bepaald welke functies al dan niet in de chip geïntegreerd moeten worden. De chip werd in het vierde kwartaal volledig gedefinieerd, het ontwerp houdt rekening met toepassing bij de SRT en de VLBI-processor. Na een marktonderzoek werd een geschikte fabrikant gevonden. De fabrikant, LSI Logic, kan een chip realiseren die, gebruik makend van 6072 cellen, een 16 kanaals-2-bit-correlator bevat en op minimaal 40 MHz werkt. De interne integratietijd is minimaal 25 msec. Een simulatieprogramma dat de testpatronen levert voor het prototype nadert zijn voltooiing.

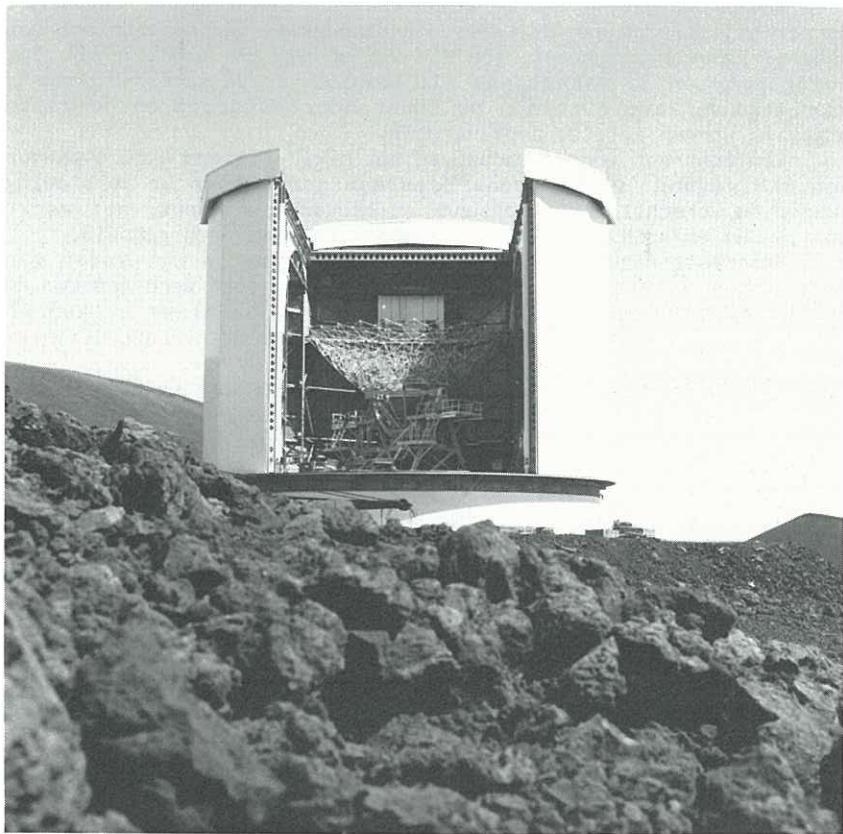


Fig. 2.4.1.

Foto van de James Clerk Maxwell Telescoop genomen in de herfst van 1985 na installatie in de "carrousel". Alleen de 276 aluminium panelen ontbreken nog. De telescoop zelf werd door de firma Genius uit IJmuiden gebouwd.

Photograph of the James Clerk Maxwell Telescope taken in the Fall of 1985 after its erection in the carousel. Missing are the 276 aluminium panels. The telescope was built by the firm Genius from IJmuiden, the Netherlands.

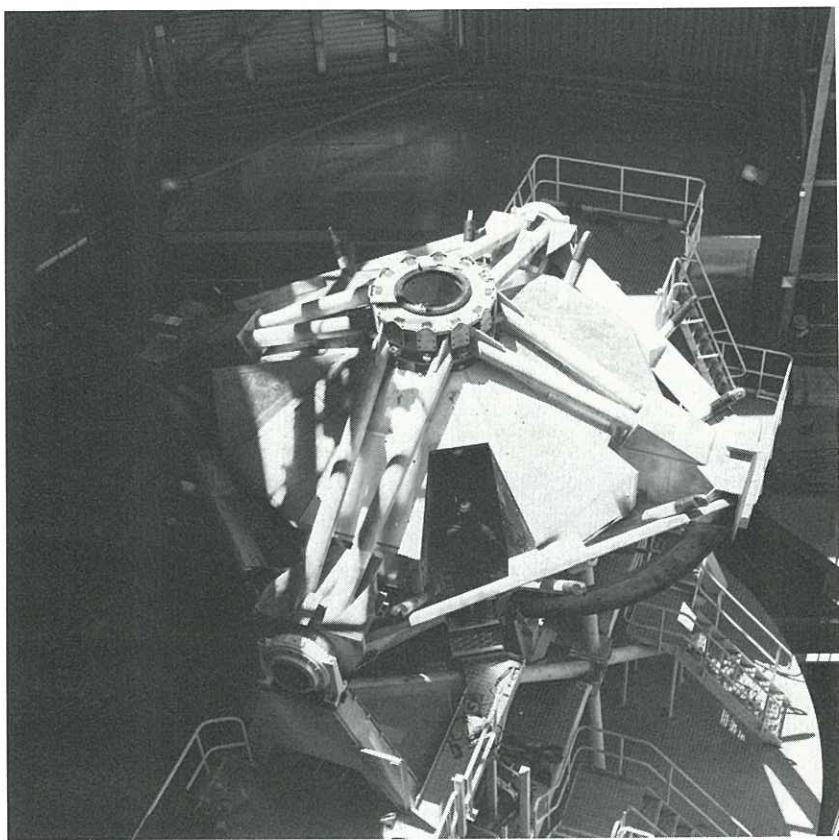


Fig. 2.4.2.

Foto van de ontvangercabine genomen vóór het hijsen van de reflectorstructuur. Duidelijk zichtbaar zijn de elevatielagers en de twaalf pijpen waarop de reflector aansluit.

Photograph of the receiver cabin taken before the installation of the reflector backing structure. One can clearly see the elevation bearings and the twelve beams which will support the backing structure.

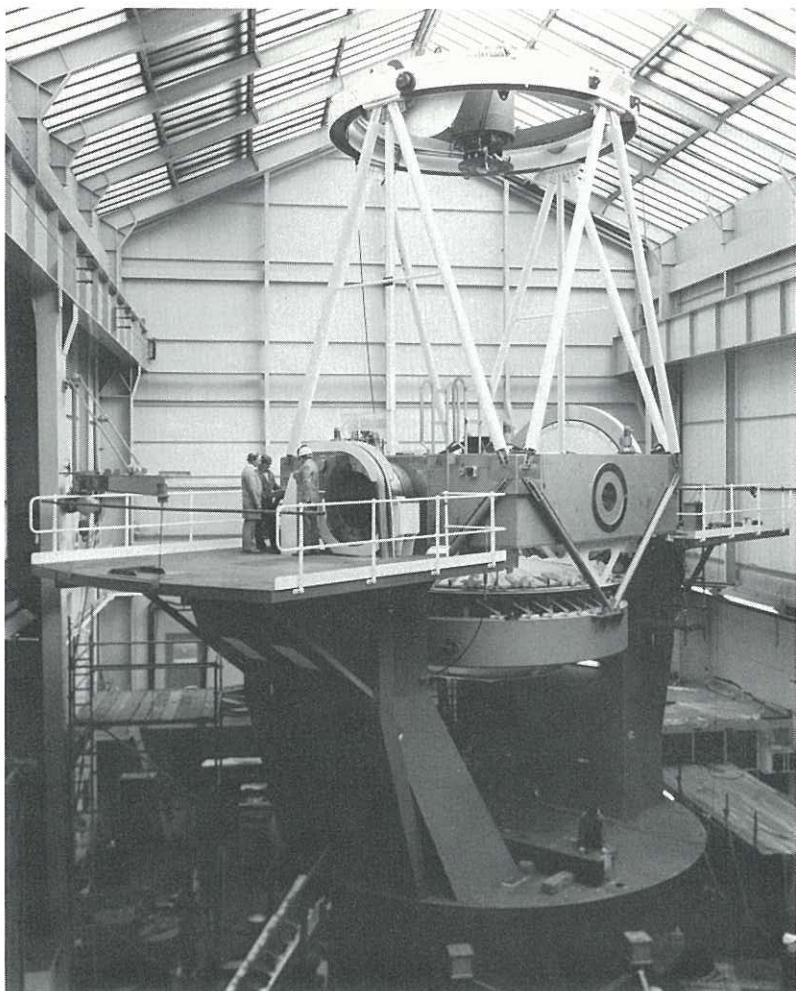


Fig. 2.4.3.

Foto van de 4,2 m William Herschel Telescoop genomen bij de fabriek (Grubb Parsons) in Newcastle tijdens de acceptatie-test.

Photograph of the 4.2 m William Herschel Telescope taken at the factory (Grubb Parsons) in Newcastle during the acceptance tests.

Begin januari werd tussen RZM en RGO (via SERC) een contract getekend voor het ontwerp en de bouw van een prototype CCD "controller" met zeer geavanceerde eigenschappen voor de 4,2m W. Herschel Telescop op La Palma (figuur 2.4.3.). Deze controller moet in het kort aan de volgende eisen voldoen:

- lage vermogendissipatie (50W) in verband met de "seeing" in de dome;
- mogelijkheid om een aantal niet-identieke CCD-chips simultaan te sturen en met minimum ruis uit te lezen;
- uitleesformaat van 16 bit;
- compacte modulaire opbouw.

Deze ongeëvenaarde eisen hebben ons ertoe gebracht een geheel nieuwe strategie te ontwikkelen. Om de warmtedissipatie binnen de tolerantie te houden werd van geschakelde voedingen uitgegaan. Om hiermee aan de stabiliteit en lage ruiseigenschappen te voldoen moest er een wonder gebeuren. Dit werd gerealiseerd door gebruik te maken van een voorversterker met differentiële ingang en balansuitgang waarmee de "Correlated Double Sampler" (CDS) wordt aangestuurd. De totale "common mode"-onderdrukking van deze combinatie is van de orde 100 dB, waardoor de CCD met 1 $\mu$ V nauwkeurigheid uitgelezen kan worden, temidden van 100mV stoorsignaal.

Er werd een tweetal bezoeken aan RGO gebracht om het prototype-systeem te demonstreren. Een laatste demonstratie vond plaats in oktober in Dwingeloo in aanwezigheid van RGO stafleden. Hierbij werd aangetoond dat het prototype volledig aan de eisen voldoet. De resultaten van de test zijn in een evaluatieverslag vastgelegd (Note 484). Samenvattend kunnen we zeggen dat twee "heads" met CCD's van verschillende types simultaan uitgelezen kunnen worden. Hierbij wordt met de cryogene gekoelde driefase GEC-chip een uitleesruis van 4,5 electronen gehaald terwijl in de controller toch alleen van geschakelde voedingen gebruik gemaakt wordt. De tweede head bestond uit een in eigen beheer gebouwde Peltier-gekoelde cryostaat uitgerust met een Thomsonchip.

Kort daarna werd een ontwerpvoorstel voor een compacte controller geschreven. Kenmerkend is het gebruik van een distributiebus met "sequencer" en besturingslijnen voor alle analoge kaarten. Op deze bus bevindt zich ook een 16 bit A/D-omzetter voor een gemultiplexte uitlezing van de CDS-uitgangen en een "fiberlink"-module voor 10 MHz serieel datatransport. Hiermee kunnen maximaal twee heads met ieder een grote of elk een array van vier kleine CCD's onafhankelijk gelezen worden.

#### 2.4.4. Diverse laboratoriumontwikkelingen.

Het ontwikkelingswerk voor de MT heeft ons genoodzaakt moeite te doen om aan een minimale laboratoriumtestuitrusting te komen. Er werd in 1985 dan ook veel tijd in de bouw van een testopstelling voor het automatisch meten van millimetermixers en "doublers"

geïnvesteerd. In het meetsysteem is een aantal functies automatisch instelbaar met behulp van stappenmotoren (zoals trouwens ook bij de frontendontvanger): DC-instelling van signaal- en harmonischen-mixer, afregeling van de mixer-backshorts voor maximale detectie van LO-vermogen en het schakelen van "hot en cold load".

De besturing van het zogenaamde "millimetermeetsysteem" kan met een HP87 microcalculator of met een OS-9 (MT compatible microcontroller system) uitgevoerd worden. Het OS-9 systeem is gebaseerd op een 6809 microprocessor met G-64 bus en is geprogrammeerd in Pascal.

Op bescheiden niveau werd deelgenomen aan een ontwikkeling voor optische apertuursynthese in samenwerking met onder andere de Kapteyn Sterrewacht, Groningen, voor het verkrijgen van niet door de atmosferische "seeing" beperkte beelden met optische telescopen. De techniek maakt gebruik van het feit dat tijdens een "speckle tijd" (20 msec) de fase van de interferentie tussen twee kleine aperturen (seeing cells) stabiel is en gemeten kan worden. Een note werd opgesteld waarin een projectbeschrijving wordt gegeven van het realiseren van "Seeing Cell Aperture Synthesis Interference Spectrograph" (SCASIS). Een voorstel tot toepassing op de 4,2 m Herschel-telescoop werd later ingediend. Een experimentele opstelling waarmee de beginselen van de methode getest werden, werd bij SRON, Groningen, opgezet. Na een geslaagde demonstratie werd het onderzoek voortgezet om tot een bruikbare experimentele opstelling in de Taurus-spectrometer te komen ten einde met de 2,5 m Isaac Newton telescoop op La Palma optische apertuursynthese bedrijven.

Op de telescoopcomputers in Dwingeloo is een "1200 baud full duplex modem" aangesloten, zodat vanuit ESTEC met een HP2648 grafische terminal waargenomen kan worden. In samenwerking met Westerbork is ook begonnen het "modem communicatie pakket" uit de Mark III "field software" operationeel te maken. Hiermee is het niet alleen mogelijk met elk type terminal in te "loggen" waarbij een "access code" en een "password" gebruikt moet worden, maar is ook "file transport" van HP computer naar HP computer mogelijk. Dit laatste is nodig voor "real time fringe fitting", waarbij eerst een blok gegevens uit de "data buffer" van de andere waarnemstations uitgelezen moet worden. Tevens is dan vlotte verspreiding van de "schedulefiles" mogelijk. Dit pakket zal tezijntijd ook in Dwingeloo en in ESTEC geïnstalleerd worden.

Het OS-9 "operating system" voor microprocessors, dat als standaard voor de MT geldt en ook binnenshuis in "controllers" zal worden gebruikt, werd op onze reeks van beschikbare G-64 kaarten geïmplementeerd. Hiertoe moesten enkele "device-drivers" worden geschreven. Het resultaat is een zeer bruikbaar en goed werkend geheel, waarin alleen onze GPIB-printkaart nog niet is opgenomen qua software. Van deze laatste print is nog een enkel aspect niet getest. Alle overige printen zijn beschikbaar. De documentatie van sommige is nog niet gereed.

#### 2.4.5. Instrumentatiegroep

De instrumentatiegroep draagt verantwoording voor onderhoud en calibratie van alle meetinstrumenten en computers binnen de RZM. Vanuit de groep was tot nu toe een man continu gedetacherd bij de computergroep voor onderhoud van de stichtingscomputers. Om praktische redenen is besloten om deze man definitief bij de computergroep onder te brengen waar hij dan tevens alle onderhoudscontracten beheert. Het vertrek van B.A.P. Schipper naar Hawaii voor de duur van 2 jaar in UK/NL-verband is in deze groep goed merkbaar.

Dit jaar werden weer veel grote en kleinere reparaties binnenshuis uitgevoerd, zij het dat in een aantal gevallen ook de importeur ingeschakeld moest worden. De post onderhoud liep dan ook flink in de rode cijfers. De veroudering van het meetinstrumentenbestand is hier duidelijk voelbaar. Ondanks de bescheiden bezetting van de groep is toch voor meer dan een half manjaar assistentie verleend aan de laboratoriumprojecten.

#### 2.4.6. Meetinstrumentencommissie

De kentering in de financiële middelen welke reeds in 1980 werd gesigneerd heeft zich ook dit jaar weer sterk doen voelen. Dit betekent dat steeds minder instrumenten worden aangekocht terwijl de wensenlijst mede door veroudering van de instrumenten steeds langer wordt. Veel instrumenten zijn door de dure dollar en de hoge inflatie in Amerika 3 à 5 maal duurder dan 5 jaar geleden, terwijl het bestedingsbudget afgenomen is. Ook de toenemende complexiteit van de instrumenten speelt een grote rol. Vooral bij de digitaal gerichte instrumenten gaat de veroudering steeds sneller. Dat de financiële situatie snel verslechert bleek ook uit de onderhoudspost die al vroeg in het jaar in de rode cijfers kwam. Een grote tegenvaller was vervolgens het niet gehonoreerd worden van de I.A.S.-aanvraag. Dit leek een mogelijkheid om de ergste knelpunten weg te nemen. Alles bij elkaar geen aantrekkelijk perspectief voor het meetinstrumentenbeleid. De commissie vergaderde in 1985 7 maal. De voornaamste aankopen waren: een networkanalyzer, een Data I/O programmeersysteem een micro-zoom microscoop en een softwarepakket voor het berekenen en ontwerpen aan H.F.-schakelingen.

#### 2.4.7. Verdeling van de werktijd over de projecten

In 1985 bestond de personeelsbezetting van de afdelingen Laboratorium en Centrale Technische Dienst, inclusief het in het buitenland gestationeerde personeel uit ca. 51 medewerkers, waarvan gemiddeld 4 stagiaires en 1 W.V.-medewerker. Afwezigheid wegens vakantie en verlof bedroeg 13,4% van de bruto werktijd en

wegens ziekte 3,3%. De algemene leiding van de afdeling nam 4,7% in beslag en aan stafvergaderingen, conferenties, colloquia, literatuurstudie, e.d. werd 3,3% van de tijd besteed. De netto resterende tijd, rechtstreeks te besteden aan de projecten en vaste diensten bedroeg ca. 9550 mandagen. Deze werd procentueel als volgt verdeeld:

|    |   |       |
|----|---|-------|
| 1. | <u>Bouw en onderhoud van electronische waarneemapparatuur</u>   | 20,9% |
| a. | Frontendontvangers Westerbork   | 5,8%  |
| b. | DXB (uitbreidig digitaal line backend)  | 2,4%  |
| c. | DCB (digitaal continuum backend)  | 1,0%  |
| d. | VLBI (very long baseline interferometrie)<br>o.a. de integratie MKII - MKIII systemen,<br>de breedbandopteller en de afbouw van de<br>waterstof maser   | 7,0%  |
| e. | Dwingeloo waarneemsysteem   | 0,5%  |
| f. | Diverse projecten, o.a. de power-dividers<br>voor het equalizersysteem en de afbouw van<br>het reserve LO-systeem voor de WSRT  |       |
| g. | Onderhoud van de cryogene installatie   | 0,8%  |
| 2. | <u>Ontwikkeling van nieuwe systemen en ontvangers</u>   | 21,4% |
| a. | DXB o.a. het testen van programma's en<br>het schrijven van documentatie  | 1,9%  |
| b. | VLBI o.a. de adding section terminal interface,<br>de IF polarisatieselector, de 1 MHz rail-<br>distributor, het residuele fringedemodulator-<br>systeem en de ontwikkeling van de software voor<br>de controle-eenheden. | 3,9%  |
| c. | Laboratoriumontwikkelingen<br>o.a. microprocessorontwikkeling SIS-junctions,<br>multibeam werk, meetopstelling 690 GHz en het<br>automatische ruismeetsysteem op sub-mm golflengte  | 14,8% |
| d. | Cryogeen ontwikkelingswerk  | 0,8%  |

|    |  |       |
|----|--|-------|
| 3. | <u>UK/NL samenwerking</u>  | 37,4% |
| a. | UKIRT (sub-mm ontvanger)   | 12%   |
| b. | RMO projecten (La Palma optische telescopen)<br>o.a. het CCD controller project en assistentie<br>van 2 vaste medewerkers op La Palma  | 9,2%  |
| c. | MT-projecten (mm-telescoop op Hawaii)<br>o.a. het standaard IF systeem, koelbare mixers<br>de bekabeling van de telescoop en assistentie<br>van 4 vaste medewerkers op Hawaii en in Engeland                                 | 11,4% |
| d. | Mm en optische ontwikkeling<br>Dit omvat ontwikkeling van quasi optische<br>componenten als lenzen, hoorns, traliewerk etc.  | 4,8%  |
| 4. | <u>Voorzieningen telescopen</u>  | 1,4%  |
|    | Onderhoud en modificatie van de Westerbork en<br>Dwingeloo telescopen o.a. het slijpen van de<br>uurhoekkwadranten   |       |
| 5. | <u>Vaste diensten</u>  | 18,9% |
|    | Dit omvat computeronderhoud, instrumentatie,<br>printfabrikage, technisch tekenen, offsetdruk,<br>magazijn, technische documentatie, assistentie<br>gebouwen beheer, fotografie, publieksvoorlichting<br>en praktikantenzorg |       |

## 2.5. Astronomengroep.

### 2.5.1. Algemeen.

De groep telde gedurende het hele jaar zes leden (zie appendix B.6). Naast hun primaire taak, het verrichten van wetenschappelijk onderzoek, droegen ze ook verantwoordelijkheid voor een aantal dienstverlenende bezigheden. Ook over de inspanning van niet-leden van de astronomengroep op verwante gebieden (b.v. Olnons IRAS werk) wordt hier verslag uitgebracht.

Leden van de astronomengroep onderhielden contacten met de universitaire onderzoeksgroepen door hun regelmatige bezoeken aan Nederlandse instituten. Met bezoek van ettelijke tientallen buiten Nederland werkzame astronomen aan Dwingeloo en Westerbork droeg ertoe bij dat onze betrekkelijk kleine groep geen gevaar liep te worden geïsoleerd. Voor periodes van langer dan enkele weken hadden wij o.a. S.G. Neff, R.J. Hanisch, I. de Pater, S. Bolton, W.B. McAdam als gasten in ons midden.

### 2.5.2. Dienstverlenende taken.

#### a. Preprints en reprints.

RZM zorgt voor het voorbereiden en rondsturen van kopieën van ingediende maar nog niet gepubliceerde artikelen (z.g.n. preprints), alsmede de distributie onder astronomen wereldwijd van overdrukken (reprints). Het gaat om wetenschappelijke artikelen gebaseerd op metingen gedaan met stichtingsinstrumenten en alle publicaties van stichtingsmedewerkers. De Bruyn is verantwoordelijk voor de administratie ervan. Een zeventiental preprints en vijftiental overdrukken zijn gedurende 1985 rondgestuurd.

#### b. VLBI werkzaamheden.

Voor de dienstverlening in verband met VLBI in het algemeen en de werkzaamheden van het Europees VLBI Network (EVN) in het bijzonder dragen Schilizzi en Foley de primaire verantwoordelijkheden. De plaatselijke organisatie van een drietal waarneemcampagnes (in april, mei en oktober) was grotendeels in handen van Foley, zij het dat andere leden van de groep in een enkel geval 's nachts wachtdienst hebben gedaan. Foley heeft zich ook ingespannen ter verbetering van het pakket van VLBI reductie programma's die gedraaid kunnen worden op de VAX in Dwingeloo, alsmede programma's voor gebruik in Westerbork.

Schilizzi is de coordinator van het project om een Europees centrum voor het verwerken van VLBI gegevens van de grond te krijgen. Hij droeg zorg voor de redactie van een brochure waarin de werkzaamheden van het Europees VLBI Consortium zijn omschreven, een brochure die grotendeels door hemzelf geschreven moest worden. Hij heeft ook veel tijd besteed aan de QUASAT Assessment Study

en aan gesprekken met astronomen uit de Sovjet Unie in verband met mogelijk Europese deelname aan het Russische VLBI ruimte project Radioastron. Schilizzi was gedurende het gehele jaar voorzitter van de EVN programma commissie.

c. WSRT gegevensverwerking werkzaamheden.

Veel bezoekers uit binnen- en buitenland hebben de Dwingeloo reductie faciliteiten gebruikt in verband met verwerking van WSRT gegevens en met name het benutten van de zogenaamde. redundant informatie. Hierdoor is een zeer hoog dynamisch bereik haalbaar die informatie geeft over zeer zwakke emissie nabij sterke radio bronnen. De Bruyn heeft veel van deze bezoekers bijgestaan en geadviseerd bij de reductie van hun waarnemingen. Om dit te vergemakkelijken heeft hij ook een gebruikers handleiding geschreven en tests van de door Brouw ontwikkelde programmatuur uitgevoerd.

d. De J.C. Maxwell Telescoop en millimeter astronomie.

Werkzaamheden op het (sub)millimeter gebied in Nederland zijn nog in opbouw. Om de belangstelling onder Nederlandse astronomen een stimulans te geven heeft Watt in samenwerking met Van Ardenne en F. Israël (Leiden) een workshop georganiseerd waaraan ongeveer veertig gefascineerde mensen hebben deelgenomen. Watt heeft vanaf juli veel tijd gestopt in het testen van de software voor het (Acousto Optical Spectrometer) AOS backend bestemd voor installatie op de MT. Voorbereidingen zijn ook gemaakt om de AOS samen met het in Dwingeloo gebouwde 350 GHz frontend te testen vóór verscheping naar Hawaï met behulp van metingen van atmosferische ozon lijnen.

e. Gegevens- en beeldverwerking.

Naast de programma's die specifiek zijn bestemd voor het reduceren van WSRT gegevens (in het bijzonder "redundancy", zie C.), hebben astronomen in Dwingeloo ook de beschikking over het door NRAO ontwikkeld AIPS pakket. Skillman, vaak bijgestaan door Van der Hulst, zorgt voor een soepel verloop van de AIPS programma's. In de loop van 1985 zijn er drie nieuwe versies van AIPS geïnstalleerd. Samen met leden van de computergroep heeft Skillman een aantal "bugs" verwijderd en ook een fout ontdekt in het programma WSLOD, die Van der Hulst kon verhelpen. Er zijn ook pogingen gedaan, met medewerking van Brouw, om bepaalde CPU-intensief programma's zoals CLEAN te versnellen, echter zonder erg veel succes.

Skillman heeft ook astronomen uit Groningen bijgestaan tijdens het gebruik van hun eigen software op de Dwingeloo VAX 780. Verder organiseerde hij verscheidene vergaderingen in kleine kring over gebruik van computers.

f. Zomerstudenten programma.

In 1985 heeft de Stichting voor het eerst een onderzoeksprogramma georganiseerd voor een groepje buitenlandse studenten sterrenkunde. Na een eenvoudige selectie procedure konden vier

deelnemers gekozen worden - een uit Amerika, een uit Polen en twee uit Italië. Ze hebben tussen juni en september, na een inleidende week samen met leden van de astronomengroep ieder aan een eigen stukje onderzoek gewerkt. Reacties op het programma waren wederzijds positief, en de astronomengroep is voornemens zo'n zomerprogramma ook in 1986 te organiseren. De Stichting is het Leidse Kerkhoven-Bosscha Fonds zeer erkentelijk voor financiële steun waarmee een deel van de kosten gedeckt konden worden tijdens dit eerste jaar.

g. Diversen.

De Bruyn heeft deelgenomen aan de januari PATT (Panel for the Allocation of Telescope Time) vergadering, als Nederlandse vertegenwoordiger. Hij moest ook het nodige voorbereidende werk doen voor twee andere PATT bijeenkomsten. Strom was de externe referee voor een PATT voorstel.

De Bruyn, Van der Hulst en Strom moesten voorstellen beoorde- len voor verschillende Landelijke Werkgemeenschapsvergaderingen. Van der Hulst was secretaris van de LWG Sterrenstelsels.

Naast het voorzittersschap van de EVN programma commissie, moet Schilizzi verscheidene commissie- en werkgroepvergaderingen bijwonen in VLBI verband.

Skillman heeft gewerkt aan een WSRT informatie pakket voor gegadigde astronomen buiten Nederland.

Strom heeft aan twee vergaderingen van de WSRT programma commissie deelgenomen, en daarvoor het nodige voorbereidende werk gedaan.

2.5.3. De Atlas van IRAS spectra.

Gedurende de eerste maanden van dit jaar heeft Olnon vrij veel tijd besteed aan de productie van de Atlas van Lage Resolutie IRAS Spectra. De atlas bevat alle 5425 spectra uit de LRS catalogus en zal binnenkort verschijnen in een speciaal nummer van *Astronomy and Astrophysics Supplements*.

Een speciale complicatie was dat de laser plotter in Dwingeloo nog niet beschikbaar was, zodat het programma voor de VAX en de oude Gould plotter geschreven werd en daarop ook werd getest, maar uiteindelijk in Leiden op de Amdahl en de Versatec plotter werd gedraaid. Met behulp van Weerstra werd het tekenkarwei geklaard in drie weken tijd.

## 2.6. Algemene Zaken / Het Bureau.

### 2.6.1. Algemeen.

Het Bureau verzorgt in principe alle niet-technische dienstverleningen in de Stichting. De hoofdtaken zijn het beleidsondersteunende en -uitvoerende werk voor het bestuur en de directie; het secretariële werk voor het bestuur, de directie en de afdelingen van de Stichting; het voeren van een personeelsbeleid en een inkoop- en financiële administratie in overleg met Z.W.O.; het werk dat samenhangt met het uitzenden van personeel naar het buitenland in de UK/NL samenwerking; het beheer van de Radiosterrenwacht.

Zaken die extra aandacht vroegen waren het voorbereiden van het uitzenden van de gezinnen van een drietal medewerkers naar Hawaï; het laten bouwen van een huis op La Palma en de meubilering ervan ten behoeve van een uit te zenden gezin; een aantal facetten van de zomerassistentschappen, die dit jaar voor het eerst plaatsvonden.

Twee niewelingen traden aan in de huishoudelijke- en kantine-dienst.

### 2.6.2. Personeelszaken.

De arbeidstijdverkorting, die met ingang van 1 augustus 1985 werd uitgevoerd, hield voor ons personeel voor dit jaar 5 extra vrije dagen in; in overleg met de O.R. werden deze dagen als vrij opneembaar aangemerkt. De mogelijkheid is open gelaten gebruik te maken van de "meerjaren-variant". Van de 12 medewerkers in deeltijd hebben 11 gekozen voor een aanvulling van hun salaris met 5% uit de herbezettingsgelden; één heeft gekozen voor vrije tijd. Ook werd uit het herbezettingsgeld voor 1985 gedurende het gehele jaar een jong instrumentmaker aangesteld. Vooruitlopend op een compleet beeld van de besteding van de voor 1986 toegewezen herbezettingsgelden is reeds besloten tot verlenging van de aanstelling van de instrumentmaker, het - voorlopig - tijdelijk aanstellen van een jonge administratieve kracht en het aanstellen van een electronicus in een permanente positie op La Palma.

Als vanouds is ons personeel zeer honkvast. Het aantal mutaties, en dan nog voornamelijk in de dienstverlenende sector, bleef beperkt tot 5%. Gelukkig is de studie zin onder ons personeel vrij groot. Verschillende onzer medewerkers volgen cursussen in programmeertalen. Een ontslagname bij de Computergroep kon dan ook leiden tot een vijftal interne mutaties, een probaat middel tegen een voortschrijdende vergrijzing. Bij aanstellingen door ontslagname en bij herbezetting is de selectie op jeugdige leeftijd een belangrijk criterium.

De samenwerking met het Gewestelijk Arbeids-Bureau te Beilen bij het opvullen van vakatures is zonder meer goed te noemen. In vrijwel alle gevallen speelden zij een bemiddelende rol. Een tweetal in overleg met dit Arbeidsbureau tot stand gekomen aanstellingen voor electronicici onder de werkverruimende maatregel, liep in de tweede helft van het jaar af. Eén ervan resulteerde in een aansluitende permanente aanstelling elders. Eveneens in samenwerking met het Arbeidsbureau en de Gemeenschappelijke Medische Dienst te Assen werden twee mensen onder de W.A.O.-regeling therapeutisch tewerkgesteld in Westerbork.

In het kader van de stafuitwisseling met de National Radio Astronomy Observatory, U.S.A. werd per 1 september voor een tijdvak van één jaar met een beurs van Z.W.O. een technisch medewerker van dit Amerikaanse instituut tewerkgesteld in Dwingeloo.

Via een cultureel verdrag tussen Nederland en China werd vlak vòòr de jaarwisseling een Chinees technicus voor één jaar tewerkgesteld in Dwingeloo.

Deze zomer werd een proef genomen met het plaatsen van zomerpupilstudenten bij de Stichting. Een Amerikaanse, één Poolse en twee Italiaanse studenten werkten ruim  $2\frac{1}{2}$  maanden te Dwingeloo. Dit bleek succesvol te zijn; ook in de zomer van 1986 zal de mogelijkheid van zomerassistentschappen worden geboden.

Zoals reeds zeer lang gebruikelijk bood de Stichting ook in het verslag jaar een tiental studenten aan T.H., H.T.S. en M.T.S. een stageplaats voor periodes van 4 maanden of meer op de beide Radiosterrenwachten. Drie leerlingen van M.E.A.O. en M.B.O.-Civiele Dienst liepen stage te Dwingeloo.

Regelmatig vonden overlegvergaderingen plaats tussen de O.R. en de directie over zaken in ons aller belang. Voor de verslaggeving wordt verwezen naar het Jaarverslag van de O.R.

Aan het eind van het verslagjaar werd een eerste aanzet gegeven tot een funktiewaarderingsonderzoek voor het R.Z.M.-personeel. Dit onderzoek zal door een functionaris van Z.W.O. worden begeleid.

Het ziekteverzuim bleef in 1985 wederom laag en bedroeg 3,17% (in 1984: 3,78%).

Na jarenlang gebruik gemaakt te hebben van de diensten van de Rijks Geneeskundige Dienst te Assen, besloot Z.W.O. de gezondheidszorg voor het gehele personeel van de organisatie onder te brengen bij de Bedrijfs Geneeskundige Dienst. Vanaf 1 juli j.l. ressorteert de gezondheidszorg voor R.Z.M. onder de B.G.D. te Assen.

De Personeelsvereniging was dit jaar actief met het organiseren van een groepsdienstreis naar Genius B.V. te IJmuiden waar de mm-telescoop voor Hawaï gereed gekomen was. In het najaar vond een zeer geslaagde "oud hollandse" feestavond plaats in de gezellig ingerichte kantine van de Radiosterrenwacht te Dwingeloo. Onze gepensioneerden namen hieraan enthousiast deel. Traditioneel viert Sint Nicolaas zijn verjaardag op de Radiosterrenwacht te Dwingeloo. Dit jaar arriveerde hij - per heuse - rijdende - stoomboot

vanaf de heide, geassisteerd door een opvallend groot aantal hulp St. Nics.

Het personeelsblad "Telescopium" - 12<sup>e</sup> jaargang verschafte ons dit jaar 4x lichte kost over sterrenkunde, techniek, La Palma, Hawaï en andere zaken.

#### 2.6.3. Financiën.

##### 2.6.3.1. Gewoon Subsidie 1984.

Dit subsidie werd in de loop van dit jaar afgesloten met een klein tekort, dat ten laste werd gebracht van het Gewoon Subsidie 1985.

##### 2.6.3.2. Subsidie 1985.

Nadat de toekenningsbrieven van Z.W.O. voor het Gewoon Subsidie en het Investerings Subsidie 1985 waren ontvangen, werden de begrotingen voor dit jaar vastgesteld. Deze begrotingen lieten geen ruimte om vervangeningen te doen in ons van vitaal belang zijnd, maar immiddels sterk verouderd, laboratorium instrumentarium. Hiervoor was onze hoop gevestigd op een bijdrage uit het Intentioneel Apparatuur Schema.

##### 2.6.3.3. Meerjarenraming 1986-1990.

Ook dit jaar werden de "Beleidsintenties Astron/R.Z.M. 1986-1990" opgesteld in samenwerking tussen de besturen van de stichtingen Astron en R.Z.M. Het geeft de gezamenlijke intenties van beide stichtingen voor de toekomst van het sterrenkundig onderzoek in Nederland weer.

In de "Meerjarenraming 1986-1990" gaan de bedragen uit boven de door Z.W.O. aangegeven meerjarcijfers. Dit is een direct gevolg van het samenvallen van de kapitaalsbijdragen en de exploitatiekosten voor de Brits/Nederlandse Samenwerking in de periode tot 1991.

##### 2.6.3.4. Subsidie 1986.

In december j.l. werden de bedragen van het Gewoon Subsidie en het Investerings Subsidie bekend en werd de begroting 1986 door het Algemeen Bestuur vastgesteld. Vergelijken met de aanvraag, die een reële behoefte weergaf, is deze begroting zeer veel lager. Aan de uitvoering van de taken die aan R.Z.M. zijn opgedragen ten behoeve van de sterrenkunde worden hierdoor ernstige beperkingen opgelegd, bovendien kan wederom geen verlichting gebracht worden

in de uiterst gespannen computercapaciteit of kunnen investeringen worden gedaan ter hoog nodige vervanging in ons verouderd laboratorium instrumentarium.

#### 2.6.3.5. Intentioneel Apparatuur Schema (I.A.S.).

Tot grote teleurstelling werd vernomen dat R.Z.M. in 1986 geen gelden uit het I.A.S. worden toegekend, ondanks het feit dat de aanvraag volledig paste binnen de daarvoor gestelde regels. Daar de indruk bestaat dat de in het ontwerp I.A.S. voorgestelde toekenning werd geannuleerd als gevolg van onvoldoende inzicht bij onder meer de R.A.W.B. in de accentverbreding binnen de Nederlandse sterrenkunde en de activiteiten van R.Z.M., die hiermede verband houden. Wederom dus geen soelaas in de overbezetting van de R.Z.M.-computers en voor verjonging van onze meetinstrumenten.

#### 2.6.3.6. Financiële administratie.

De op de computer ingebrachte inkoop- en budget administratie draaide goed. Financiële projectadministratie en inkopen, alsmede het overzee versturen van goederen en het regelen van de belasting aspecten in verband daarvan, verbreden het takenpakket van deze twee man sterke afdeling.

#### 2.6.4. Brits/Nederlandse samenwerking.

Een hoogtepunt in deze samenwerking was de officiële ingebruikstelling van de sterrenwachten op La Palma op 29 juni 1985, waarbij enkele bestuursleden en directieleden aanwezig waren.

Op bestuurlijk niveau werden de Nederlandse bijdragen aan de samenwerking gecoördineerd in de Stuurgroep UK/NL-samenwerking, de contacten met de Britse partners hierover in de Joint Steering Committee. Deze twee commissies kwamen in het verslagjaar tweemaal bijeen. Een belangrijk punt van bespreking in een van de Stuurgroep bijeenkomsten was het formaliseren van de samenwerking van ZWO/RZM en de universiteiten.

In verband met het toenemen van het aantal uitzendingen naar La Palma en Hawaï met een permanent karakter werd in juni j.l. een concept uitzendreglement voor permanente uitzending voor commentaar aan ZWO voorgelegd.

Op een reeds in ons bezit zijnd bouwterrein op La Palma werd een huis gebouwd en gemeubileerd, dat vervolgens door een Leids astronoom en zijn gezin werd betrokken.

In de loop van dit jaar vertrok een drietal medewerkers met hun gezin voor een tijdelijk of permanent verblijf naar Hawaï; een medewerker ging met zijn gezin voor een verblijf van een jaar naar La Palma.

#### 2.6.5. Beheer Radiosterrenwacht Dwingeloo.

Het stimuleren van bezoeken van collegae vanuit de gehele wereld aan de Drentse radiosterrenwachten heeft succes. Vele technici en sterrenkundigen van andere instituten werken met onze mensen samen in projecten en verblijven daartoe één of meerdere dagen te Dwingeloo. Regelmatig zijn astronomen, van wie programma's worden uitgevoerd met de Westerbork SRT, met de 25 m telescoop te Dwingeloo of van wie waarneemprogramma's gereduceerd worden, enige dagen te gast in Dwingeloo. Ook is Dwingeloo dikwijls het trefpunt voor deelnemers aan vergaderingen.

Het is heel belangrijk voor het uitwisselen van ideeën dat de Radiosterrenwacht gelegenheid heeft om medewerkers van andere instituten gastvrijheid te kunnen verlenen. De toename van het aantal bezoekers wordt geïllustreerd door het stijgend aantal overnachtingen op de sterrenwacht t.w. in 1983 - 300, in 1984 - 600 en in 1985 - 800; voorzover onze accommodatie niet toereikend is, wordt - vooral voor langere verblijfsperioden - gebruik gemaakt van faciliteiten in de directe omgeving. De kantine- en huishoudelijke dienst verzorgt personeel en gasten.

Naast de dagelijkse zorg aan de gebouwen en het dienstvervoer werd de nodige aandacht besteed aan het groter onderhoud van dienstgebouwen, -woningen en het terrein. Deze zomer kreeg het waarneemgebouw een grondige schilderbeurt, in de winterperiode werd een aanvang gemaakt met een grote schilderbeurt van de gastenaccommodatie.

Het begin 1984 gereedgekomen energiebesparingsproject heeft duidelijk positieve resultaten. De besparingen op de energierekeningen zijn in 1984 ca. kfl. 24 en in 1985 ca. kfl. 20 geweest.

De stichtingswoning te Dwingeloo was gedurende het gehele jaar verhuurd aan buitenlandse gastmedewerkers.

Wat het dienstvervoer betreft werd de Renault 4, voornamelijk in gebruik tussen Dwingeloo en Westerbork "ingeruild" voor een van ZWO aangekochte Fiat 127-bestelauto. Aan het eind van het verslagjaar werd besloten de ruim 4 jaar oude Fiat personenbus in te ruilen voor een Renault personenbus.

#### 2.6.6. Popularisering.

De beide radiosterrenwachten zijn het gehele jaar door een trekpleister voor de vele amateurastronomen in ons land en toeristen. Met een zeer beperkt budget, maar veel enthousiasme wordt getracht de vele belangstellende bezoekers een zo goed mogelijk beeld te geven van hetgeen er in Dwingeloo en Westerbork gebeurt. Er wordt goed samengewerkt met de Volkssterrenwacht Drenthe te Emmercompascuum op het terrein van de voorlichting aan het publiek.

Des zomers wordt op woensdagmiddag onder de 25 m telescoop een stand ingericht bemand door onze medewerkers, die van daaruit

de toeristische bezoeker te woord staan; een dia voorstelling in de kantine vormt een vast programma punt.

Gedurende het gehele jaar worden schoolklassen op excursie en groepen uit alle lagen van de bevolking ontvangen voor een rondleiding en een dia presentatie. Binnenshuis werden o.m. excursies gegeven aan een leraren opleiding te Zwolle, Jongerenwerkgroepen van de Nederlandse Vereniging voor Weer en Sterrenkunde, vereniging 't Nut te Beilen, Staatsbosbeheer, MTS, Groningen en Utrecht, TNO Apeldoorn en Stichting Isotopenonderzoek.

In dit jaar konden we een kleurenposter, formaat 50 x 70 cm laten verschijnen van de Dwingeloo radiotelescoop. Samen met de populaire uitgave "Telescopium" voorziet dit materiaal in een behoefte.

3. ASTRONOMISCHE VERSLAGEN / ASTRONOMICAL REPORTS.

(3.1. Summary of highlights in Dutch; 3.2-3.7 Radio astronomical research of Institutes in English)

3.1. Samenvatting van hoogtepunten van het onderzoek in 1985.

Redactie: Ger de Bruyn, Ernst Raimond en Richard Strom.

Uit ervaring is gebleken dat het RZM jaarverslag door collegae in het buitenland veelvuldig wordt gebruikt om zich op de hoogte stellen van het meest recente onderzoek in Nederland. Teneinde aan deze behoefte beter tegemoet te komen is besloten de volledige astronomische verslagen van de bij het werk van RZM betrokken instituten in de Engelse taal te schrijven. Dit hoofdstukje (3.1) is bedoeld om ook voor niet-astronomen een leesbaar overzicht te geven van het onderzoek dat met RZM instrumenten is gedaan of dat naar aanleiding van waarnemingen met de Dwingeloo en Westerbork telescopen is uitgevoerd.

3.1.1. Ver-extragalactisch onderzoek

a. Hoog dynamisch bereik:

Een belangrijke ontwikkeling, nu al weer enkele jaren gaande, voor het ver-extragalactische continuumonderzoek was de verregaaende verbetering van de kwaliteit van gesynthetiseerde kaarten door toepassing van zelf-calibratie technieken en gebruikmaking van redundante basislijnen. Deze voor Westerbork unieke software techniek stelt de astronoom in staat om kaarten met een extreem hoog dynamisch bereik te produceren, slechts beperkt door de thermische (ontvanger-) ruis.

De Bruyn (Dwingeloo) is al enkele jaren werkzaam op een gebied waar dit hoge dynamische bereik essentieel is. Zo is er een klasse van uiterst compacte, flux veranderlijke radiobronnen waarvan men vermoedt dat ze gerelateerd zijn aan de 'super luminal' radiobronnen: bronnen die plasma met relativistische snelheden in onze gezichtslijn uitstoten. Door relativistische aberratie wordt de kern zo helder dat omhullende zwakke radio structuren relatief zeer zwak of onzichtbaar worden.

De bron OJ287, een zeer bekend voorbeeld van deze klasse objecten, was tot nu toe in alle onderzoeken onopgelost gebleven. WSRT waarnemingen op 6 cm in oktober en november 1985 registreerden echter duidelijk een asymmetrisch langgerekte radio-structuur (Fig. 3.2.3) tot op 28" van de kern. Een dynamisch bereik van meer dan 10000:1 was hiervoor nodig. Op de grote afstand van dit object vertaalt deze hoekafmeting naar een lineaire afmeting van 170 kpc. Dit is wel erg groot als dit object in onze gezichtslijn staat te stralen en dus sterk verkort zou moeten zijn

door projectie. Het hierboven beschreven resultaat staat niet op zichzelf. Samen met Schilizzi (Dwingeloo) heeft de Bruyn een statistisch onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van uitgebreide emissie rondom compacte, veranderlijke, bronnen. Rondom alle bronnen werd uitgebreide emissie gevonden. Deze resultaten, en hun implicaties, werden gepresenteerd op het IAU Symposium No. 119 over "Quasars" in Bangalore, India in december 1985.

b. Clusters van melkwegstelsels.

De verdeling van melkwegstelsels in het heelal is niet homogeen. Er zijn talrijke groepen van melkwegstelsels, ook wel clusters genaamd, waar de dichtheid van melkwegstelsels vele malen groter is dan in het "vrije veld". Tussen deze melkwegstelsels bevindt zich heet gas, het interclustergas, dat voor een groot deel waarschijnlijk afkomstig is van de stelsels zelf.

In zijn promotie onderzoek naar HI eigenschappen van de spiraalstelsels in de Virgo cluster heeft Warmels (Groningen) hier indirekte aanwijzingen voor gevonden. Hoge resolutie kaarten van de HI verdeling, gebaseerd op waarnemingen met de WSRT, van stelsels in de binnen- en buitendelen van de cluster alsmede in het vrije veld tonen duidelijk een gebrek aan neutraal waterstof gas in die stelsels die met hoge snelheid door het centrale deel van de cluster bewegen. De dynamische tegendruk van het ijle cluster-gas is voldoende om de buitendelen van de stelsels van hun gas te ontdoen. Dit met zwaardere elementen verrijkte gas wordt daarbij sterk verhit en vervolgens vermengd met het interclustergas. Het zijn vooral de minder sterk (gravitationeel) gebonden buitendelen van de stelsels die hun HI verliezen. Dit komt tot uiting in een systematisch kleinere HI diameter. Al deze resultaten verschijnen in het proefschrift van Warmels (april, 1986).

Clusters van melkwegstelsels zijn ook uitermate boeiende objecten als men ze in de radio continuum straling onderzoekt. Op een golflengte van 92 cm is in één complete synthese ( $4 \times 12$  uur waarnemen) vaak een gehele cluster in kaart te brengen. De belangrijkste reden voor waarnemingen van clusters is de bijzondere vorm die radiobronnen in zo'n cluster kunnen aannemen. De Perseus cluster is een beroemd voorbeeld. Deze bevat een aantal heldere radiobronnen waarover, door studies op allerlei golflengten en met allerlei telescopen, al zeer veel bekend was. Toch had de WSRT 92 cm kaart een aantal verrassingen te bieden. De reductie van de waarnemingen noodzaakte echter allereerst de verdere ontwikkeling van het redundantie en zelf-calibratie software pakket van Brouw (Dwingeloo). Deze waarnemingen worden bewerkt door De Bruyn, Brouw en Miley (Space Telescope Institute, Baltimore). Een radiofoto van het binnenste deel van de Perseus cluster siert de omslag van dit jaarverslag; een contourenkaart vindt u als Fig. 3.2.4. Het heldere, sterk gekromde, beeld boven het centrum behoort toe aan de radiobron 3C83.1A, en is geassocieerd met het melkwegstelsel NGC 1265. Dit object is het klassieke voorbeeld van een zo genaamde kop-staart radiobron: achter de heldere kop, ter plaatse van het

moederstelsel, bevindt zich een lange staart met langzaam afnemen-de helderheid. De staart is het gevolg van de dynamische druk van het interclustergas op het door de kern van het moederstelsel uitgestoten relativistische plasma in de richting tegengesteld aan haar beweging.

De nieuwe 92 cm waarnemingen tonen een staart die ruim drie maal zo lang is als tot nu toe bekend was. De uiteinden van de staart vertonen een zeer steil radio spectrum (de helderheid op 92 cm is zo'n 3-4 keer groter dan op 49 cm; op 21 cm is de staart zelfs te zwak om waar te nemen). Dit steile radio spectrum is het gevolg van verouderingsprocessen die de energie van de stralendeeltjes, en daarmee de frequentie van de uitgezonden straling, doen verminderen. De verste delen van de staart, gezien vanuit de kop, zijn waarschijnlijk bijna een miljard jaar oud. De vorm van de staart met zijn scherpe afbuigingen en grote, discontinue helderheidsverloop is echter niet eenvoudig te begrijpen.

Andere resultaten van de Perseus cluster metingen die het vermelden waard zijn, zijn:

- De aanwezigheid van zeer diffuse emissie in de dichtste delen van de cluster. Misschien zien we hier de restanten van de melkwegstelsels die vroeger actief waren en zich nu op een andere locatie in de cluster bevinden.
- De detectie van minstens 5 nieuwe melkwegstelsels waarvan enkele een zeer steil radio spectrum vertonen. Het totaal aantal clusterleden met detecteerbare radio straling maakt het mogelijk om de radio lichtkracht functie van melkwegstelsels in een cluster te bepalen. Door vergelijking met die functie voor stelsels in het vrije veld hopen we iets te leren over de oorzaken van radio-aktiviteit in melkwegstelsels.

#### c. Multi-spectrale waarnemingen van radiobronnen.

Een bijzondere klasse van extragalactische radiobronnen zijn de reuzen stelsels, bronnen met een afmeting groter dan 1 Mpc. De bron 4C73.08 is er daar een van. Jägers en Dumoulin (Leiden) hebben recentelijk een zeer uitvoerige studie van dit object voltooid. De radiobron heeft een bijzondere morfologie met twee gescheiden lobben, elk met een kruis-achtige structuur. (Fig. 3.5.10). De totale afmeting van de bron beslaat 19 boogminuten hetgeen overeenkomt met 1.1 Mpc in lineaire maat. Door deze grote hoekafmeting is het een uitermate geschikt object om met de WSRT te karteren op golflengten van 21, 49 en 92 cm. Een opvallende eigenschap van de bron is zijn zeer hoge graad van lineaire polarisatie die plaatselijk tot boven de 70% stijgt op 21 cm. Dit is het theoretische maximum voor synchrotron straling, hetgeen betekent dat het magneetveld volkomen uniform is. Ook op 49 cm en 92 cm is de bron sterk gepolariseerd. Door vergelijking van de polarisatie-hoeken en -percentages kan de magneetveldrichting en de dichtheid aan thermische electronen in de bron bepaald worden. De gevonden dichtheid is  $130 \text{ electronen}/\text{m}^3$ . Door vergelijking van de

helderheid op 21, 49, en 92 cm kon tevens de spectrale index verdeling bepaald worden waarmee verouderingsprocessen onderzocht kunnen worden. De bijzondere vorm van de bron wordt toegeschreven aan de verstorende krachten die optreden bij de baanbeweging van het moederstelsel om enkele nabije stelsels, en aan de precederende beweging van de as waarlangs de uitstoting plaatsvindt.

d. Actieve kernen: IRAS en radio waarnemingen.

De IRAS satelliet heeft een groot aantal bronnen ontdekt die geassocieerd zijn met actieve melkwegstelsels. Een deel van deze stelsels blijkt een zeer heftige episode van stervorming door te maken. Een ander deel heeft te maken met activiteit in de kern. De Grijp (Leiden) heeft uit deze laatste groep een homogene verzameling stelsels met mogelijke Seyfert aktiviteit in de kern geselecteerd en verder onderzocht op optische en radio golflengten. Bij het radio onderzoek zijn zowel de VLA als de WSRT betrokken. Ongeveer 80% van de geselecteerde objecten is op radiogolflengten gedetecteerd, wat erop duidt dat infrarode, optische en radioaktiviteit bijna altijd samengaan. De uitwerking van deze gegevens is momenteel in volle gang.

Een ander multi-spectraal onderzoek betreft de studie van quasars met sterke FeII optische emissie en compacte radio kernen. De radio kernen zijn met VLBI technieken, waarbij de WSRT als één van de netwerk telescopen meedoet, op eerdere epoches in kaart gebracht. Een voorbeeld is te zien in de figuren 3.5.11 en 3.5.12. Door vergelijking van de radiostructuur met de op ongeveer dezelfde epoch verkregen optische spectra hoopt de Waard (Leiden) verbanden te kunnen leggen tussen de sterkte van FeII emissie en de aanwezigheid van compacte radio componenten buiten de kern. Een dergelijk verband is voorspeld in een theorie opgesteld door Norman en Miley (Space Telescope Institute, Baltimore).

e. Diepe surveys, bron tellingen en kosmologie.

Een traditioneel sterke tak van onderzoek met de WSRT is het nauwkeurig in kaart brengen van alle bronnen binnen het gehele beeldveld van de synthese telescoop. Daartoe worden waarnemingen van meestal 4 keer 12 uur gecombineerd tot één beeld. In een unieke waarnemessessie uit 1984 is één veld zelfs 16 keer 12 uur waargenomen. M. Oort (Leiden) en verscheidene Leidse studenten zijn bij dit onderzoek betrokken.

Het "diepste" veld dat tot nu is gereduceerd heeft een ruis van 15  $\mu$ Jy (NB: dit is 80 x gevoeliger dan de 12 uur syntheses uit de beginjaren van de WSRT!). In dit veld zijn ruim 200 bronnen gedetecteerd. Voor dit veld, en andere minder diepe velden, zijn optische identificatie programma's gestart of aan de gang. Het doel is om de radiolichtkrachtfunctie (die aangeeft hoeveel stelsels van een bepaald type en helderheid er per volume eenheid zijn) voor rode en blauwe melkwegstelsels te bepalen als functie

van kosmische epoche. Ook zullen de verschillende surveys op aanwijzingen voor (an-)isotropie van de bronnen verdeling worden onderzocht.

Het grote beeldveld op 327 MHz (een gebied van ongeveer  $4^{\circ}$  diameter) maakt die frequentie uitermate geschikt voor survey werk van grote aantallen bronnen. Door de lage frequentie worden daarin vooral bronnen met een steil spectrum gedetecteerd. Dit type bronnen treft men vooral aan in de latere evolutiestadia van radiostelsels. Met deze, en andere, oogmerken zijn in maart tot juni 1985 twee aangrenzende velden met de WSRT waargenomen, elk 6 keer 12 uur. Een deel uit een van de resulterende hemelkaarten is te zien in Fig. 3.2.6.

Elk van de velden bevat meer dan 500 radiobronnen tot een grens van 3 mJy (5 maal de ruis). De analyse van deze data is nog in volle gang. Wieringa en Katgert (Leiden) en De Bruyn zijn bij dit project betrokken. De gegevens zullen ook onderzocht worden op aanwijzingen voor lijn straling van neutrale waterstof, maar dan wel op een roodverschuiving van  $3,34!$  (immers, de neutrale waterstof lijn in rust bevindt zich op een frequentie van 1420 MHz).

### 3.1.2. Nabij-extragalactisch onderzoek

#### a. Op zoek naar "onzichtbare" materie in spiraalstelsels.

De totale massa van sterrenstelsels en de verdeling van die massa als functie van de afstand tot het centrum kan alleen bepaald worden door de beweging van materie onder invloed van het gravitatieveld van die massa te bestuderen. Een goed inzicht in de verdeling van de snelheden van het waterstofgas tussen de sterren kan worden verkregen door het waarnemen van de lijn straling op 21 cm golflengte. Van Albada, Begeman, Carignan en Sancisi in Groningen, Van der Burg en Shane in Nijmegen en Van der Hulst in Dwingeloo (samen met Bosma en Athanassoula in Marseille) hebben van een aanzienlijk aantal, meest spiraalvormige, sterrenstelsels zeer nauwkeurige rotatiekrommen (de rotatiesnelheid van het gas als functie van de afstand tot het centrum) bepaald (zie bijvoorbeeld Fig. 3.4.12). Op grond van de verdeling van de sterren in het sterrenstelsel en van de aannname dat alle massa in het stelsel verdeeld is als de sterren kan een rotatiekromme worden voorspeld. Het blijkt dat de waargenomen en voorspelde rotatiekrommen in het algemeen goed met elkaar kloppen in het binnenste gedeelte van het stelsel (Fig. 3.4.13) doch niet in de buiten gebieden. Om de gehele rotatiekromme te kunnen begrijpen is het nodig om aan te nemen dat er een aanzienlijke hoeveelheid 'onzichtbare' massa in het stelsel aanwezig is. Voor sommige stelsels is zelfs vier maal zoveel donkere als lichtgevende materie nodig. Met behulp van een door Van Albada geschreven computer programma kunnen rotatiekrommen worden berekend voor verschillende massamodels, rekening houdend met de hoek waaronder een stelsel wordt gezien en de mate waarin de straling wordt versmeerd door de bundel van de telescoop. De best passende modellen bestaan uit een discusvormig vlak

(meestal in vorm redelijk overeenkomend met het zichtbare deel van het stelsel) en een min of meer bolvormige halo van onzichtbare materie. Figuur 3.4.14 laat zien hoe de aanpassing van het model aan de waargenomen gegevens in zijn werk gaat.

b. Waterstof in onregelmatige sterrenstelsels.

Skillman (Dwingeloo) heeft, voor een deel in samenwerking met Van Woerden en andere Groningse collegae, gewerkt aan de eigenschappen van de neutrale waterstof in zogenaamde onregelmatige sterrenstelsels. Zowel leden van de lokale groep sterrenstelsels, waartoe ook het melkwegstelsel en de later te bespreken stelsels M31 en M33 behoren, als verder weg gelegen stelsels werden bestudeerd. In de nabije stelsels is het oplossend vermogen groot genoeg om door vergelijking met optische waarnemingen vast te stellen dat vorming van nieuwe sterren op die plaatsen gebeurt, waar de concentratie van neutrale waterstof het hoogst is. Hoewel in de verder weg gelegen stelsels deze detail vergelijking niet mogelijk is blijkt ook hier voor stervorming een zekere minimum waterstofdichtheid nodig te zijn.

Bestudering van de bewegingen leert dat het gas in het gebied waar ook de sterren zichtbaar zijn in het algemeen min of meer als een wiel roteert. Dat wil dus zeggen dat niet, zoals in het melkwegstelsel, het gas in de centrale gebieden veel kortere omlooptijden heeft dan dat aan de buitenkant. De grootste en daardoor het meest gedetailleerd te bestuderen stelsels blijken echter behalve het algemene patroon van rotatie ook sterke verstoringen van het snelheidsveld te vertonen. De naam onregelmatig is dus niet alleen op de sterverdeling, doch ook op de verdeling van de snelheden van toepassing.

Helaas is het voor slechts één van deze onregelmatige sterrenstelsels mogelijk gebleken om uit de bewegingen van het gas een verdeling van de totale massa af te leiden. Voor dit stelsel blijkt de verhouding van massa tot zichtbaar licht (hoeveelheid sterren) ongeveer gelijk te blijven over een zeer groot gebied. Er is dus tot nog toe weinig of geen aanleiding om te denken dat zich in onregelmatige stelsels 'onzichtbare' materie bevindt.

c. Detailonderzoek van onze naaste buren.

In eerdere jaarverslagen is reeds melding gemaakt van het zeer grote onderzoek van de Andromeda nevel (M31), die door zijn nabijheid in veel meer detail kan worden bestudeerd dan enig ander stelsel. De enorme hoeveelheid gegevens uit een aantal golflengtegebieden (optisch, infrarood en radio, Figuren 3.5.3 en 3.5.4) wordt in Leiden door Walterbos in samenwerking met Gräve (Bonn), Kennicutt (Minnesota), Shane (Nijmegen), Brinks (ESO, München) en Schwering gecombineerd en geanalyseerd. Uit dit onderzoek komen onder meer gegevens over de verhouding van de hoeveelheden gas en stof in dit sterrenstelsel (Fig. 3.5.5). Afsluiting van een belangrijk deel van dit onderzoek zal in het volgende jaar plaats vinden.

Een andere naaste buur van het melkwegstelsel, waarover nog niet zoveel is bericht, is het stelsel M33. Deul (Leiden) en Van der Hulst (Dwingeloo) hebben de reductie van de grote survey van de 21 cm lijnstraling van dit stelsel dit jaar afgesloten. Eén van de belangrijkste resultaten van de analyse van deze gegevens is dat het waterstofgas in dit stelsel uitermate asymmetrisch verdeeld is (zie Fig. 3.5.6). De zuidelijke helft van het stelsel bevat ongeveer tweederde van de totale hoeveelheid waterstof. Een belangrijk deel van de asymmetrie moet worden toegeschreven aan de verschillende waterstof "inhoud" van de binnenste spiraalarmen.

De verdeling van de snelheden van het waterstofgas in M33 (Fig. 3.5.7, 3.5.8. en 3.5.9) tonen aan dat het vlak van het sterrenstelsel niet plat is maar gekromd. Dit is een verschijnsel dat reeds bij een aantal spiraalstelsels is waargenomen.

Behalve de grote schaal structuur van het stelsel worden ook een groot aantal details bestudeerd, waaronder belangwekkende "gaten" in de waterstofverdeling. Er zijn aanwijzingen dat expansie snelheden van ongeveer 15 km/sec rondom enkele van deze gaten voorkomen. In de naaste toekomst wordt dit onderzoek volledig gepubliceerd.

#### d. Recombinatielijn waarnemingen van M82

De geïoniseerd waterstof van het sterrenstelsel M82 is door Roelfsema en Goss (Groningen) voor het eerst op radio golflengten in kaart gebracht. Het blijkt dat het geïoniseerde gas dezelfde rotatie uitvoert als bijvoorbeeld het CO gas (zie Fig. 3.4.18). Ook lijkt het waarschijnlijk dat een groot deel van de straling in de 166 $\alpha$  recombinatielijn wordt veroorzaakt door gestimuleerde emissie in het gas dat zich tussen ons en de zeer compacte VLBI bron 41.9+58 bevindt.

#### 3.1.3. Galactisch onderzoek

In dit onderzoeksgebied staan zowel de onderdelen (sterren, wolken, nevels enz.) van onze eigen Melkweg als hun structuur en evolutie centraal. De Dwingeloo en Westerbork telescopen zijn beiden benut om op dit terrein waarnemingen te verrichten. Dwingeloo wordt voornamelijk gebruikt om surveys uit te voeren. Een aantal van de sterke eigenschappen van de Westerbork telescoop (kaarten maken van uitgebreide structuren op 92 cm, lijn waarnemingen met zeer nauwe kanalen) komen in het galactisch onderzoeksgebied volledig tot hun recht.

De reuzachtige moleculaire wolken (zgn. GMC's) zijn omvangrijke gebieden rijk aan sterren, gas en stof. Hier komt men een aantal processen tegen die betrekking hebben op de levensloop van sterren. Watt (Dwingeloo) is bezig om daadwerkelijk waarnemingen te doen van een aantal typen moleculen. Samen met Van Ardenne (Dwingeloo) heeft hij UKIRT gebruikt om lijn emissie van de mole-

culen CO, SO en CCH te meten. De SO gegevens zullen gebruikt worden naast CS waarnemingen om, door middel van modelberekeningen gedaan door Watt en Charnley (UMIST, Engeland) grenzen te stellen voor de verhouding  $[C]/[O]$ .

Van de 26 bronnen onderzocht naar de aanwezigheid van CCH emissie zijn er in ieder geval 9 gedetecteerd. Uit de lijn breedtes is af te leiden dat de emissie niet afkomstig is van de dichte kerngebieden van GMCs. Dit is in overeenstemming met Watts eigen modelberekeningen die aantonen dat CCH zeldzaam moet zijn in gebieden van hoge dichtheid, omdat het wordt omgezet in  $C_2H_2$  en soortgelijke moleculen.

Het is te verwachten dat met het in dienst stellen van de nog in ontwikkeling zijnde 350 GHz ontvanger op de MT, het waarnemend onderzoek op dit gebied meer gestalte zal krijgen.

De zware jonge sterren in een GMC zorgen voor ionisatie van het omliggende gas door de grote hoeveelheid energie die ze uitzenden. De structuur van zulke zogenaamde HII gebieden is onderwerp van een aantal Groningse onderzoeken geweest. Roelfsema en Goss hebben metingen gedaan van de recombinatielijn emissie (lijn emissie rechtstreeks geproduceerd door geïoniseerde atomen) afkomstig van het HII complex W3. Hiermee kunnen ze de hoeveelheid helium ten opzichte van waterstof bepalen, en vinden verschillen tussen verschillende HII gebieden. In W3 bv. (Fig. 3.4.2.), is de hoeveelheid waargenomen helium te hoog, waarvoor men nog geen verklaring heeft.

Waterstof recombinatielijn emissie waargenomen op 327 MHz met de WSRT is waarschijnlijk afkomstig van een oud HII gebied naast de "kern" van W3. Metingen van de koolstof recombinatielijn emissie zijn te interpreteren als afkomstig van twee wolken: één voor en één achter W3. Ze stemmen ook overeen met het idee dat geïoniseerd koolstof een laag tussen het HII gebied zelf en de moleculaire wolk daaromheen vormt.

Van der Werf en Goss (Groningen) zijn begonnen met onderzoek naar neutrale waterstof (HI) geassocieerd met HII gebieden. WSRT waarnemingen van W3 hebben de aanwezigheid van aanzienlijke hoeveelheden HI aangetoond. In tegenstelling met eerder gedane metingen uitgevoerd met de kleine Penticton en Cambridge synthese telescopen waarmee uitgebreide HI emissie was gevonden, bestaat de HI waargenomen met Westerbork uit kleinschalige concentraties die alleen in absorptie te zien zijn. De kleinere telescopen kunnen deze structuren niet oplossen, terwijl de korte basislijnen nodig voor het meten van de grootschalige emissie ontbreken bij de WSRT. Daarom wordt gebruik gemaakt van zowel Westerbork als Penticton waarnemingen. Een voorbeeld is te zien in Fig. 3.4.5.

De aanwezigheid van veel sterren in GMC's, in het bijzonder juist jonge sterren, doet vermoeden dat we getuige zijn van de geboorte van sterren tussen deze wolken met hun sluiers van stof. Er zijn redenen om aa te nemen dat gerichte uitstroom van moleculair gas wijst op de vroegste stadia van stereorevolutie. Watt is, samen met Burton (Leiden), Liszt (NRAO) en Choe (Korean National

Observatory), bezig met een studie van CO emissie van zo'n object, NGC 7023. Ze hebben ook OH emissie gemeten met behulp van de Dwingeloo telescoop. Gebruik makend van alle beschikbare gegevens hebben ze een model voor de geometrie en de excitatie van de bron vervaardigd (zie Fig. 3.2.1.). Nieuwe waarnemingen met de Effelsberg en Nobeyama teleskopen zullen in de loop van 1986 uitgevoerd worden.

Het laatste stadium van de levensloop van zware sterren eindigt met een geweldige explosie - de zogenaamde supernova. Wat daarna overblijft is een snel expanderende nevel, de supernovarest, en misschien een pulsar of een ander compact object. Braun (Leiden) en Strom (Dwingeloo) hebben veel aandacht besteed aan de evolutie van supernovaresten, gebaseerd op hun eigen radio en infrarood waarnemingen in combinatie met röntgen en optische gegevens van elders. Uit de analyse van de kaarten van jonge resten (zie Fig. 3.5.1.) hebben ze geconcludeerd dat de oorspronkelijke energie en massa van verschillende supernovae vergelijkbaar zijn.

WSRT waarnemingen van IC443 en een aantal andere oude resten hebben de aanwezigheid van versnelde HI wolken in het schokgebied van deze objecten aangetoond. De radio gegevens samen met infrarood kaarten, gemaakt met IRAS, leidden tot de conclusie dat er al voor de supernova explosie een schil om de ster moet hebben bestaan. Deze schil had zijn vermoedelijke oorsprong in massa verlies van de ster zelf tijdens zijn levensloop, en is later bepalend voor de vorm en andere eigenschappen van de supernovarest. Strom is bezig, samen met Greidanus (Leiden), om dit werk aan supernovaresten voort te zetten. Een aantal andere resten vertonen sterke infrarood emissie, waarvan Puppis A een fraai voorbeeld is (Fig. 3.2.2.).

In Watt's werk aan modelberekeningen van molecuulvorming heeft hij ook, samen met Mitchell (Halifax, Canada), aandacht aan de rol van schokken besteed. Een van hun conclusies is dat CO in het gas achter een schok veel informatie bevat over de schokeigenschappen. Het ligt in de bedoeling om met de WSRT naar OH emissie in IC443 te gaan zoeken.

SS433 is een bijzonder object dat wellicht iets met de eindfase van sterevolutie te maken heeft. Het bevat een dubbelster systeem waar gas met zeer hoge snelheid uit stroomt, het geheel liggend ongeveer in het centrum van een supernova rest. Schilizzi (Dwingeloo), samen met Vermeulen en Icke (Leiden), is bezig radio VLBI, optische en Röntgen gegevens van SS433 te verwerken. De eerste VLBI kaarten vertonen een klonterige, "jet"-achtige structuur, terwijl de optische spectra P-Cygni profielen laten zien. De omvangrijke verzameling van gegevens vereist verdere analyse alvorens concrete conclusies getrokken kunnen worden.

Planetaire nevels (PN's) worden gevormd wanneer gas wordt uitgesloten door een ster op een minder gewelddadige manier dan in het geval van een supernova. Verschillende groepen zijn met studies van PN's bezig. Olmon (Dwingeloo) heeft de IRAS lage resolutie spectrometer gebruikt om infrarood spectra van ongeveer 50

PN's te krijgen. Hij heeft in veel gevallen neon lijnen kunnen waarnemen, waarmee eigenschappen zoals dichtheid en temperatuur in deze nevels bepaald kunnen worden.

Taylor en Pottasch (Groningen) hebben de flux dichtheden van een aantal compacte PN's bepaald op golflengten van 2 cm t/m 92 cm. Uit hun waarnemingen gedaan met de WSRT en de VLA blijkt een goede overeenkomst met modelberekeningen gebaseerd op een stellaire wind waarvan de dichtheid afneemt met het kwadraat van de straal. Het centrale gedeelte is leeg. De afmeting ervan is afhankelijk van het tijdstip waarop de wind ophield, terwijl de centrale ster maar een deel van het omringende gas heeft geioniseerd. De waargenomen spectra kunnen gebruikt worden om de afmetingen van het geioniseerde gebied, de snelheid van het massa verlies en de lichtkracht van de centrale ster te bepalen.

Taylor en Pottasch zijn ook bezig om naar HI te zoeken dat volgens hun model in een schil om de PN's moet liggen. Spoelstra (Dwingeloo), Pottasch en Goss zijn eveneens op zoek naar (continuum) halo's geassocieerd met PN's, terwijl Roelfsema recombinatielijn waarnemingen van de schil om NGC 7027 gebruikt heeft om de expansie te onderzoeken. De waargenomen snelheid, de eerste radio bepaling voor een PN, is in goede overeenstemming met optische bepalingen. Westerbork HI absorptie waarnemingen zijn in Groningen ook gebruikt door Gathier, Pottasch en Goss om de afstanden van PN's te bepalen.

Habing, Le Poole (Leiden) en Olnon hebben IRAS waarnemingen van sterren gebruikt om een beeld van de hele Melkweg te produceren. Voor het eerst kon ook het op optische golflengtes sterk verduisterde kerngebied in kaart gebracht worden. Olnon heeft ook IRAS spectra gebruikt in een studie van sterren nabij het galactisch centrum. Er zijn aanwijzingen dat een deel van deze sterren veel jonger is dan de Melkweg zelf. Dit impliceert dat sterformatie in de kern langer heeft geduurde dan normaal wordt aangenomen.

Schwarz (Groningen) en Balick (Seattle) hebben WSRT metingen op 327 MHz van het galactisch centrum uitgevoerd. Door de lage declinatie kon geen volledige waarneming uitgevoerd worden, hetgeen onzekerheid betekent over sommige componenten in de uiteindelijke kaart. Er bestaat niettemin een goede overeenkomst tussen het resulterende beeld (Fig. 3.4.9a.) en een VLA kaart gepubliceerd door Liszt (Fig. 3.4.9b).

Een raadselachtig verschijnsel boven het galactische vlak is de aanwezigheid van HI wolken die snel naar ons toe bewegen - zgn. hoge snelheidswolken (of HVC's). Wakker (Groningen) is samen met Schwarz en Van Woerden bezig WSRT kaarten van een aantal HVC's te bestuderen. Opvallend zijn de kleine lijnbreedtes waargenomen in veel van deze wolken (zie Fig. 3.4.8.) ondanks hun hoge snelheden. De reductie van de gegevens vereiste de ontwikkeling van nieuwe verwerkingstechnieken.

### 3.2. Astronomical research done by Foundation staff.

Editor: Richard Strom.

#### 3.2.1. Introduction.

The primary task of the six members of the Astronomy Group is to carry out research and, together with the telescope astronomer stationed at Westerbork, they continue to account for the lion's share of astronomical work within the Foundation. The Westerbork Telescope, both in its synthesis mode and as one of the stations in the European VLBI Network (EVN), provides the bulk of the data used in this effort, but significant contributions also come from other radio instruments, as well as X-ray, optical and infrared telescopes. Almost as important as the data acquisition capability nowadays are the data reduction facilities. For the situation at Dwingeloo, the reader is referred to the section on the Astronomy Group (4.2.5.).

Thematically, most of the research carried out in 1985 fell in the general category of extragalactic studies, but an increasing amount of galactic work was also done. Some effort was devoted to studies of solar system objects. This section is organized using these three thematic topics, and presented in order of increasing distance from the Earth.

#### 3.2.2. Solar System Research.

Solar radio flare studies were continued by Slottje in collaboration with colleagues Karlicky, Tlamicha (Prague), Messerotti, Zlobec (Trieste), Ruzdjak (Hvar) and Urpo (Helsinki), and revealed an interesting relationship between radio activity at chromospheric levels (37 GHz) and decimetric short-lived spike activity. A model was constructed in which a propagating shock wave played a central role.

Slottje studied the use and usefulness of spectral classifications of radio flare structure, and presented it for joint discussion at the CESRA-Workshop on Radio continua of Solar Flares (May 1985, Trieste). He also presented a review of spectral fine structures of radio flares.

Strom investigated how observations of the occultation of radio sources by Halley's Comet might be used to study the comet's atmosphere. In the past, attempts have been made to look for refraction and Faraday rotation of the emission from background radio sources by the ionized gas in a passing comet, and the results have been rather inconclusive. Low frequency observations of the occultation of pulsars provide an additional opportunity, for dispersion by ionized gas in a comet will affect the arrival

time of the pulsed emission. For the strongest pulsars, the measurements would be sensitive to densities comparable to those which can be detected by refraction. Pulsar observations have the advantage that the density determination is far less model dependent. About a dozen pulsar occultation candidates were found, all at southern declinations, and the results of this work will be published at the beginning of 1986.

### 3.2.3. Galactic Research.

The presence of Olnon and Watt in Dwingeloo has done much to stimulate interest in the field of galactic studies generally. Much of Olnon's work was derived from his involvement with IRAS, especially the spectrometer. The forthcoming Dutch heterodyne receiver (345 GHz operational frequency) to be implemented on the 15 m Maxwell Telescope has prompted Watt to introduce elements of both observational and theoretical molecular line studies to Dwingeloo. In February, with A. van Ardenne and F. Israel (Leiden), he organized a workshop in Dwingeloo to promote millimeter wavelength astronomy.

#### 3.2.3.1. Stars and compact objects.

##### a. H<sub>2</sub>O survey.

Newly-born massive stars are hard to find. The associated HII region becomes visible only at a fairly late stage. But before that, shortly after nuclear burning begins, strong maser emission is generated in the 22.2 GHz water line. Systematic surveys in this line should be one of the best ways to find these stars. The problem is that one needs a fairly large telescope to get enough sensitivity and spatial resolution, but the corresponding beam size is fairly small. Since 1979 Olnon, together with H.E. Matthews (Herzberg Institute, Ottawa), A. Winnberg (Onsala) and B. Baud (now at Fokker) has measured about 1200 grid points covering two square degrees of sky. They observed in two narrow strips along the galactic plane, one at 20 degrees longitude (inter-arm) and one at 30 degrees (arm).

Up to now, 26 water sources have been found of which two-thirds are new. As expected most of the sources are found in the "arm"-region, and in several cases no associated continuum emission is found. The number of sources and the area covered are still too small to draw conclusions on the luminosity distribution, which should tell something about the mass function, or on large-scale variations in the formation rate.

##### b. OH/IR stars.

For about ten years Olnon, in collaboration with several colleagues, has been involved in a series of projects on OH/IR

stars. The latest one is a deep search for these stars close to the galactic centre in order to map the gravitational potential in that region at a resolution of about 10 pc. In order to show the feasibility of this method they have used the VLA to map a field of 34 by 34 arc minutes in the 18-cm OH line. The preliminary analysis yielded 33 OH/IR stars which shows that one can get enough sources to work with. Observing time for the full-scale project has been requested.

c. Novae and collapsed objects.

Another series of observations on SS433 has been carried out in a Ph.D. project of R. Vermeulen in Leiden, under supervision of V. Icke (Leiden) and Schilizzi. Six epochs of 6 cm Mk III VLBI data were obtained at 2-day intervals in May; the source was in a very quiescent phase so that the data quality on some interferometers left much to be desired. Mapping is in progress. Good optical data were obtained over the whole VLBI period at La Palma and La Silla, as well as radio flux measurements from 150 MHz to 8 GHz. Two EXOSAT observations were made, coinciding with the first and last VLBI periods. Analysis of all these data sets is in progress.

Data reduction of the first series of SS433 measurements from October 1980 to August 1981 was recommenced during a visit of I. Fejes (Budapest/MPIfR) to Dwingeloo. Using the Caltech VLBI software package and AIPS, Fejes and Schilizzi found excellent fits to all the data. It is clear that with only 3 to 5 baselines (as for this series) one has to be very careful to get essentially perfect fits to the data before attempting any interpretation. A paper with J.D. Romney (NRAO) is nearing completion.

Spoelstra has continued reducing data on the intense gamma-ray source Geminga (with W. Hermsen, LRO-Leiden). They are looking for a radio counterpart in their 6, 49 and 92 cm WSRT data. Spoelstra has also been involved, together with a number of British colleagues, in WSRT observations of the novae Vul 1984-1, Vul 1984-2, Aql 1982 and RS Oph.

d. Stellar populations.

Olonon continues to be involved in aspects of the IRAS project, both the all-sky survey and low-resolution spectrometer (LRS) observations. One of the most interesting features unveiled by IRAS is the presence of a bulge of highly reddened stars around the centre of our Galaxy. Within a typical radius of five degrees it contains more than 2500 stars. The infrared colours and luminosities indicate that these are evolved stars near the tip of the red giant branch, similar to the OH/IR stars. There are indications that at least a significant fraction of these stars is considerably younger than the Galaxy itself, which would mean that star formation in the centre of the Galaxy has continued much

longer than is usually assumed. However, a careful analysis involving the influence of metal abundance is necessary before one can resolve the issue.

The study of the brightest 12  $\mu\text{m}$  IRAS sources which Olmon has been involved in was useful because much is known about these sources from other wavelength regions. The analysis did not reveal anything unexpected. Essentially all the sources are normal stars and, since we are looking in the infrared, most of them are stars with significant mass loss. The analysis did show that the LRS spectra are very well suited to separate the oxygen-rich from the carbon-rich envelopes.

### 3.2.3.2. Nebulae and diffuse emission.

#### a. Molecular clouds.

In the middle of the year Watt and A. van Ardenne made an extended observing trip to use the UKIRT in Hawaii and to visit Caltech, JPL and Owens Valley Radio Observatory to investigate how much progress other workers in the submillimeter field were making, particularly with interferometry. Twelve nights of UKIRT time using the QMC millimetre heterodyne receiver were allocated for 3 projects to study molecular spectral line emissions from galactic sources. The first and second segments of this time were spent observing a sample of IRAS sources, selected on the basis of strong 100  $\mu\text{m}$  emission, to see if the CO( $J=2 \rightarrow 1$ ) emission showed a broad line profile,  $\Delta v > 20 \text{ km s}^{-1}$ , typical of an embedded source with outflow structure. Out of the 40 sources studied only 10 exhibited significantly wide lines while roughly a third of the sources showed no CO emission at all. These data are currently being analysed by K.J. Richardson (QMC, London). The third segment was spent with one night on a 344 GHz SO transition, to enable further analysis of Watt's previously reported 251 GHz SO observations, and three nights observing the ethynyl radical (CCH) at 349 GHz. Most of the SO and CCH spectra have now been reduced and calibrated with copies sent to T.J. Millar (UMIST, England) for further analysis using the chemical modelling schemes. Watt brought back not only the data but copies of the on-line data collection and reduction system and has successfully implemented these on the VAX. This is useful not only for data analysis but for modifying, refining and trapping errors in the system, for which time very rarely is available in Hawaii.

The sulphur monoxide (SO) data supplement previous observations which were used to obtain the abundance ratio [SO]/[SO<sub>2</sub>]. The modelling work by Watt and S.B. Charnley (UMIST, England) has predicted that this ratio can be used to limit the atomic ratio of [C]/[O]. This is primarily because sulphur oxides are formed by atomic sulphur reactions with O (or its hydrides) and destroyed by C or C<sup>+</sup>. The balance between C and O (which has a solar ratio C/O=0.85) is thus as crucial to the above ratio as it is to the formation of CO. Since the species SO<sub>2</sub> is generally hard to detect

(it spreads its energy over many lines in the millimeter region so any individual line is weak) the above authors are formulating an easier method using the ratio [SO]/[CS].

From 26 sources observed in CCH there were 9 detections with a further 5 possible with low signal to noise spectra. In particular the line profile from the Orion region is narrow indicating emission from the extended molecular cloud and not from the hot core. This is in good agreement with Watt's chemical modelling which indicates high fractional abundances for the CCH radical in regions of moderate density  $10^3\text{--}10^4 \text{ H}_2 \text{ mols cm}^{-3}$ , decreasing at higher densities due to increased destruction reactions forming acetylene ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) and its ion form  $\text{C}_2\text{H}_2^+$  which reacts with many neutral species to form longer hydrocarbons.

Watt has started a detailed programme of analysis on the little-studied source NGC 7023 from CO and  $^{13}\text{CO}$  ( $J=1\rightarrow 0$ ) maps obtained by W.B. Burton (Leiden), H.S. Liszt (NRAO) and S.U. Choe (Korean National Observatory). This source lies in an isolated part of the galactic plane and clearly exhibits outflow structure into one (more probably two) lobes. OH observations of the core have been made using the Dwingeloo Telescope and time has been awarded on Effelsberg to use the  $\text{NH}_3$  transitions in a study of the kinetic temperature structure in the source. A proposal has been put to the 45 m Nobeyama telescope to study spectral lines in the 85-115 GHz range and to make some supplementary scans of CO across the source. The outflow appears to be powered from an embedded B3 star and the energy in the outflowing material represents about 0.6% of that available from the stellar luminosity. It is not clear how this radiative energy can be turned efficiently into mechanical luminosity but the most widely accepted process involves radiation pressure on grains. The high-density clumps found at the ends of the outflow may be the result of compression of an ambient cloud by an expanding shell. A model for the source geometry and excitation (shown in Figure 3.2.1.) has been constructed and is now in preprint form.

Recent modelling by T.J. Millar has predicted that observations of the  $\text{HCS}^+/\text{CS}$  abundance ratio may be used to determine the relevant contributions of metal to non-metal ions on the charge in interstellar clouds, thus supplying information on grain<sup>+</sup> destruction and elemental depletions. The high abundance of  $\text{HCS}^+$  observed in the interstellar medium can now be understood in terms of recent laboratory and theoretical determinations of the recombination rate coefficient. In order to make quantitative studies of this topic Watt and Millar have submitted an application to the 12 m NRAO telescope to observe  $\text{HCS}^+$  at 256 GHz in several molecular clouds where Watt already has detections of CS at similar excitation.

The subject of confusion between observations and theory has been investigated by Watt using 345 GHz data from  $\text{HCO}^+$  and  $\text{HCN}$  detected in a selection of galactic sources. These data were taken by G.J. White (QMC, London) and coworkers. Both molecular species

NGC 7023

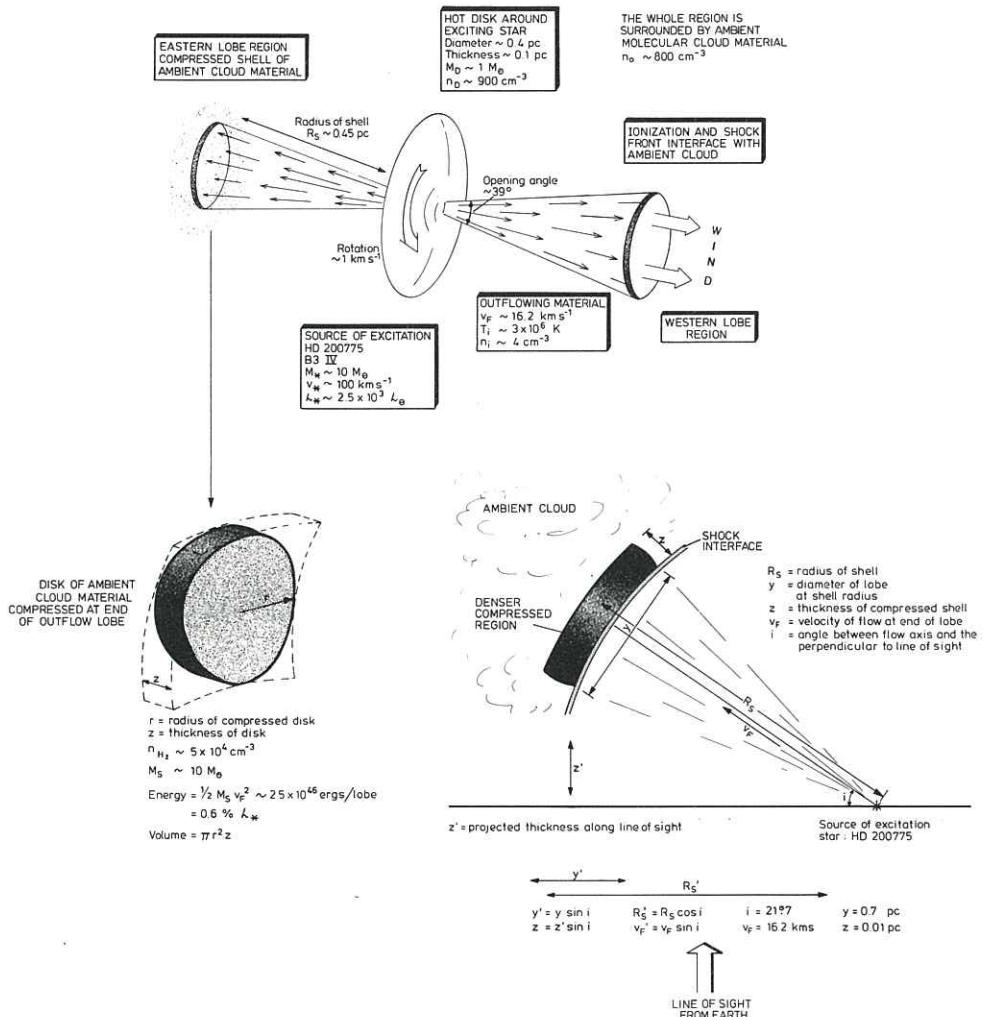


Fig. 3.2.1.

Schematic illustration of the geometry involved in the interpretation suggested by Watt et al. for the gas emission observed near NGC 7023.

Deze figuur geeft schematisch aan de geometrie voorgesteld door Watt et al. voor de emissie afkomstig van gas nabij NGC 7023.

possess similar excitation, but quite often completely different spatial distributions within a source. The ratio of HCO<sub>+</sub>/HCN is a better quantity to compare with column density ratios from modelling since its evaluation requires fewer assumptions than any involving H<sub>2</sub> abundances. The H<sub>2</sub> abundance cannot be determined directly but is derived from extinction measurements and CO abundances and may be subject to a great deal of error. The high frequency transitions were used so that only the dense core regions gave significant emission. There are many difficulties encountered when observational data are reduced to give molecular column densities or fractional abundances which are then to be compared with those values obtained from theoretical modelling. Watt has put a Monte Carlo radiative transfer code onto the VAX to attempt to reproduce the observed line profiles in some of these sources. This program can be used together with a large velocity gradient (LVG) radiative transfer model initially constructed by Watt at QMC but drastically upgraded and maintained by K.J. Richardson.

The series of papers in collaboration with S.B. Charnley predicting chemical abundances as functions of the C/O elemental ratio was temporarily stalled for most of the year due to Charnley writing up his Ph.D. thesis and Watt trying to implement the programs on the Dwingeloo VAX. The computations for the nitrogen species have been completed at UMIST but the data have not been studied. At Dwingeloo sections of these models have been duplicated on the VAX although the execution times are much longer. Supercomputer time on the Cyber 205 of SARA has been obtained by Watt and financed by ZWO for further development of these models during 1986.

b. Supernova remnants and interstellar shocks.

Strom and R. Braun (Leiden) have used the WSRT to investigate HI emission from four supernova remnants (SNR). In each case they find evidence for shock-accelerated neutral hydrogen associated with the remnant, indicating the presence of dense clouds in the ambient medium. Some of this information has been incorporated into the general study of one of the objects, IC443. The implications for the remaining three are still being investigated.

Much of the work on SNR which Strom has done with Braun was rounded off with the completion of papers describing IRAS and Westerbork observations of the Cygnus Loop and IC443. In the former, it appears that the remnant is interacting with an adjacent cloud and has partially excavated a cavity. There is much infrared emission which is strongly correlated with optical and radio structures. It is argued that all the data point to the shell now observed being the result of the blast wave having encountered and passed a pre-supernova shell, presumably produced by mass loss from the progenitor. In such a scenario, many puzzling aspects of this and other remnants can be explained.

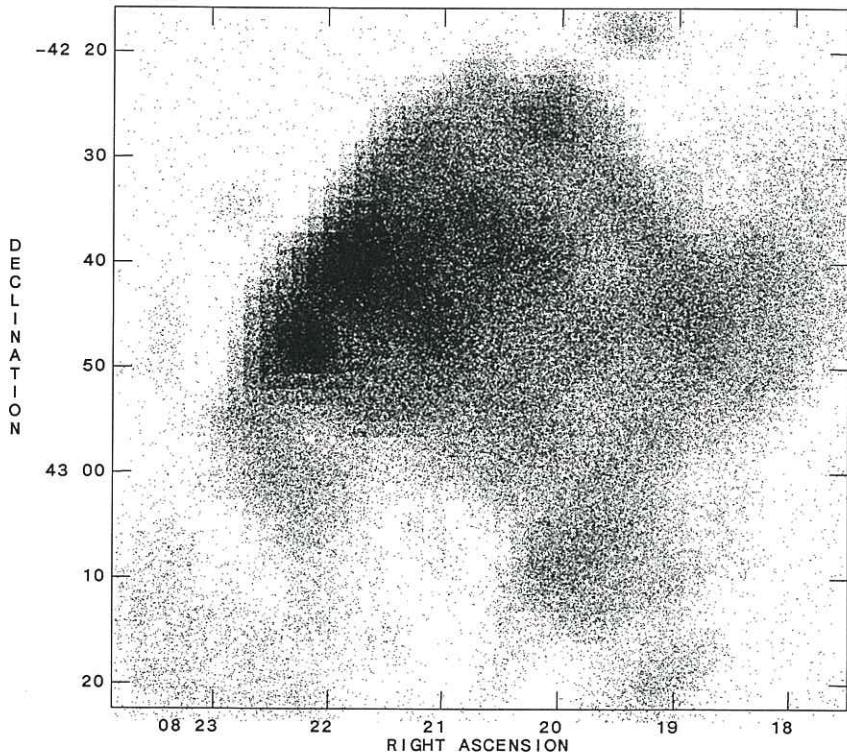


Fig. 3.2.2.

An infrared map of the southern supernova remnant Puppis A obtained from IRAS data. The irregular morphology agrees well with that observed at radio and X-ray wavelengths. The infrared emission originates in dust heated by the outward expanding shockfront.

Een van IRAS gegevens afkomstig infrarood kaart van de zuidelijke supernovarest van Puppis A. De waargenomen onregelmatige vorm is in goede overeenstemming met radio en Röntgen kaarten. De infrarood emissie is afkomstig van stof verhit door de schok.

A similar conclusion is drawn for IC443, although in its case the environment may play an even stronger role. Particularly striking has been the discovery of three adjacent, presumably interconnected, shells making up the IC443 complex. It is suggested that each of the pre-supernova shells required in the scenario was produced by one or more massive O/B stars, and a number of candidates have been suggested. Then, a single supernova would be sufficient to illuminate the entire complex.

Together with H. Greidanus (Leiden), Strom has begun a thorough search for infrared (IR) emission from all known galactic SNR using the IRAS survey. Many prominent, well-known objects have been detected, although in the majority of cases no IR emission is seen. In a large number of cases confusion from the galactic background is the limiting factor. An example of a strong IR source is Puppis A, a well-known southern radio source which also exhibits strong X-ray emission. The morphology in the three wavelength bands is very similar, and a map of the emission from shock-heated dust derived from IRAS observations is shown in Figure 3.2.2.

Watt's modelling of molecule production also considers the effects of interstellar shocks. A paper with G.F. Mitchell (Halifax, Canada) has been published on the molecular abundances behind low velocity shocks in diffuse clouds. These models used an initial hydrogen density of  $10 \text{ cm}^{-3}$  split equally between H and  $\text{H}_2$ , and a shock speed of  $10 \text{ km s}^{-1}$ . Various runs were completed with different values for initial density, shock velocity and molecular hydrogen fraction and the column densities of 112 molecular species were monitored and compared with observed quantities in low density clouds. In general, for the majority of  $\text{CH}^+$  sources there is more  $\text{CH}^+$  observed than the shock models can predict. Several species lie in good agreement with the modelling ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_2$ ) but a couple (CO and  $\text{C}_3$ ) seem to have much lower observed abundances than predicted. The authors conclude that shocks with speeds of up to  $20 \text{ km s}^{-1}$  will remain non-dissociative and that hot postshocked CO is a good potential shock diagnostic. For certain species ( $\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}^+$ ,  $\text{HCO}^+$ ) the contribution to the total column density from hot postshocked gas could be 90-100% while for others ( $\text{CH}$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{C}$ ) the column density is dominated by cold gas. A velocity difference of  $3/4 V_{\text{shock}}$  should be observable between species such as  $\text{CH}^+$  and  $\text{CH}$  due to the kinematics of the shock. It is puzzling that the observed velocity difference is less than  $3 \text{ km s}^{-1}$  implying shock speeds no greater than  $12 \text{ km s}^{-1}$ .

Watt has also attempted to relate the diffuse cloud shock results to a series of molecular observations by G.J. White of the clouds around the supernova remnant IC 443. It is not clear that the observers are interpreting the shock models correctly nor that the modellers are presenting the predictions in the most useful form. For example a molecular enhancement behind a shock is usually defined incorrectly as the increase in postshocked abun-

dance with respect to the preshocked values. However the postshocked gas may be at a density 100 times greater than the preshocked material so a molecular enhancement should be defined as the postshocked abundance with respect to the value in a non-shocked cloud of similar density. The effects of these enhancements, and of clumping in the clouds, on the spectral line profiles are currently being investigated.

Strom prepared a review of X-ray spectroscopy of SNR which he presented at an ESA Workshop on the XMM Mission.

c. Planetary Nebulae.

Olnon and Raimond were involved in observations made with the low-resolution spectrometer (LRS), one of the Dutch contributions to the IRAS instrumentation. It covered the spectral range from 7.5 to 22  $\mu\text{m}$  at a typical spectral resolution of 20. Although the instrument was primarily designed for a survey of the broad dust features in late-type stars, some interesting spectra of emission-line objects were obtained.

Useful spectra were obtained of about 50 planetary nebulae and one Wolf-Rayet star. In most of these objects Olnon and his colleagues find two neon lines, but in one of them, NGC 6302, they even found four neon lines, all of different ionization states. Three of these were observed for the first time, since they fall in wavelength regions that are inaccessible from the ground or from aircraft. In addition, sometimes two sulfur lines and an argon line are seen. This makes it possible to derive reliable estimates for abundances, densities and temperatures in these nebulae. In addition, an inventory of the broad-band IRAS spectra of all known Wolf-Rayet stars revealed planetary-nebula type envelopes around two more of these stars, throwing new light on the evolutionary status of these objects.

Spoelstra, together with S.R. Pottash and W.M. Goss (Groningen) is involved in a WSRT program to search for haloes around planetary nebulae. He has worked on the reduction of a WSRT observation of NGC 6543.

3.2.4. Extragalactic Research.

Quasars, galaxies and other distant constituents of the universe continue to play a central role in most of the research done by Foundation astronomers. The Westerbork Telescope provides much of the observational data for these studies, both as a synthesis instrument and in conjunction with telescopes elsewhere in the world for VLBI work. Some of the investigations presently being carried out are of a test nature and have the ultimate goal of providing astronomer users with new research capabilities.

Foley and Strom have made test observations using the EVN to check on the feasibility of polarization measurements. The first results show that at 6 cm the instrumental polarization on most

baselines is acceptable. A VLBI polarization capability would be valuable for studying sources whose polarization properties vary rapidly with time (e.g. BL Lac objects and OH maser sources), as well as for investigating the magnetic field configurations of extragalactic radio jets as they emerge from the nucleus. During the 6 cm EVN session in May Foley and Strom obtained second epoch observations. These contained repeat observations, to study long term (~0.5 year) instrumental stability, plus observations of another unpolarized source, to check shorter term (hour to hour) stability and to check that the effects seen are instrumental and not partly caused by source polarization.

During August Strom and Foley went to Bonn to correlate the data taken in the second epoch, and Foley made the total intensity maps of both sources to begin the correction of the data. He also began some of the programming necessary to produce the polarization maps.

Schilizzi is heavily involved in many aspects of the QUASAT project, which will provide increased angular resolution with unprecedented image quality compared with ground-based VLBI arrays. An essential element is to investigate sources with the highest resolution presently available, to look for candidates for QUASAT observations. To this end, 1.35 cm data have been obtained on sources with flat or rising spectra at 22 GHz which might be expected to be very compact. Thirty five out of 37 sources were detected with ratios of short baseline (Green Bank - Haystack) visibilities to long baseline (OVRO - Effelsberg) visibilities ranging from 0.3 to 0.9 with a mean of about 0.5. A number of the objects are being studied in more detail by the group involved, C.R. Lawrence and A.C.S. Readhead (Caltech), R.W. Porcas (MPIfR) and Schilizzi.

### 3.2.4.1. Quasars and active nuclei.

G.J. de Waard (Leiden), G.K. Miley (STScI) and Schilizzi continued work on a sample of radio sources with active nuclei for which optical spectroscopic information indicated some peculiarity in their spectra, a project which forms the bulk of De Waard's Ph.D. project. VLBI surveys and mapping of candidate objects have been carried out together with detailed optical spectroscopy in an attempt to find relations between the non-thermal and thermal material in active nuclei. Final analysis is in progress.

De Bruyn and E. van Groningen (ROE, now at ESTEC Space Science Department) continued their joint analysis of the broad emission line profiles of a number of Seyfert galaxies. The discovery of double-humped emission line profiles in Akn 120 (described in last year's report, and submitted for publication) was followed up by further observations of other objects that exhibited similar properties. These observations, obtained at the Isaac Newton Telescope of the Roque de Los Muchachos Observatory

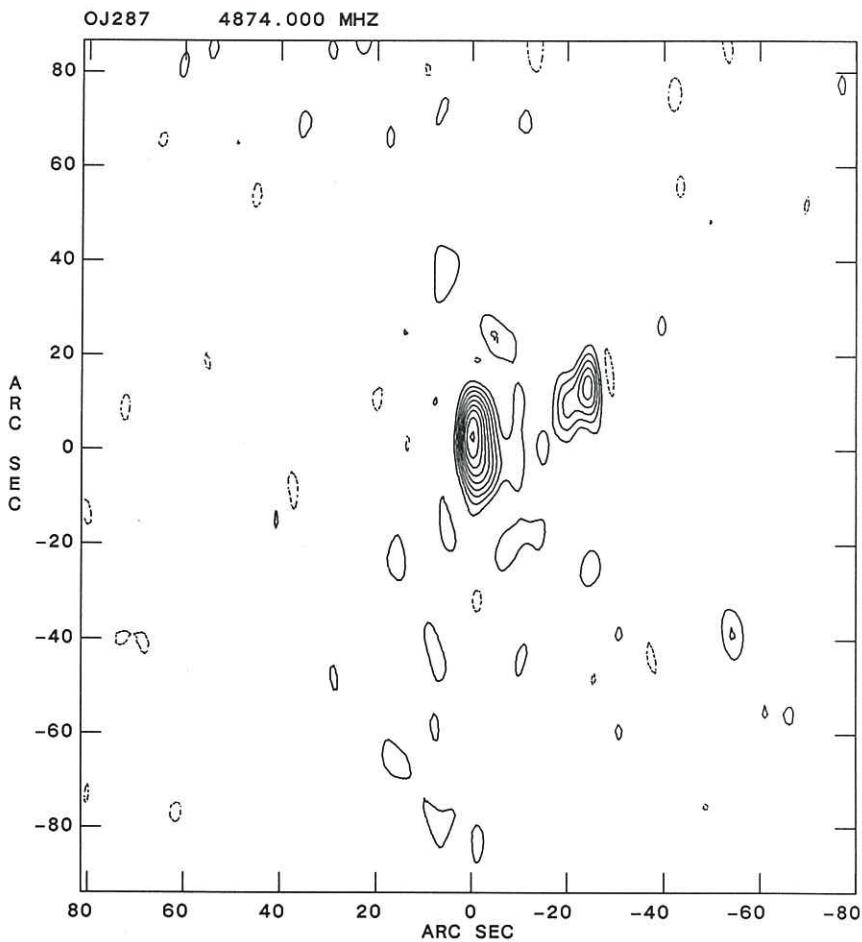


Fig. 3.2.3.

Map of the extended emission (3.5 Jy core subtracted at (0,0)) associated with OJ287. This map is the result of two 12 hour syntheses made with the WSRT at 4874 MHz. Contours are in increments of  $\pm 0.15$  mJy. The (peak-source/off-source rms noise) ratio is 50000:1.

De uitgebreide radiostructuur geassocieerd met het BL Lac-achtige object OJ287. Slechts dankzij het zeer hoge dynamisch bereik van de WSRT is de uitgebreide structuur boven de ruis te brengen. De sterke kern is van de kaart "verwijderd".

at La Palma, as well as the 1982 La Campanas data are used to construct accurate H $\alpha$ /H $\beta$  intensity ratios as a function of velocity. The results thus far provide further support for radial density stratification in this broad line region, with densities approaching  $10^{11}$ - $10^{12}$  electrons/cm $^3$ . Such high densities are far in excess of those possible within the canonical standard model for the broad line region. Support for these high densities has recently come from several different avenues.

De Bruyn and Van Groningen continued work on the interpretation of the broad wings underneath the [OIII]  $\lambda$ 5007 lines in most Seyfert 1 galaxies. They also made further observations of the near-infrared OI  $\lambda$ 8446 and Ca-triplet lines ( $\lambda$ 8498, 8542 and 8662). It is proving very hard to reconcile the observed properties of all of these lines with the standard or modified (to high densities) picture of the broad line region.

In collaboration with G. Stirpe (Leiden) the study of broad emission line profiles is being extended to objects of higher intrinsic luminosity, i.e. quasars. First data were acquired in June 1986 at the INT at the RMO. The analysis is yielding interesting results.

The study of the compact structure in the nuclei of lobe dominated quasars begun by P.D. Barthel as a Ph.D. thesis project is to be continued by J.R. Hooimeyer under supervision of Miley and Schilizzi. A second survey of candidate cores has been carried out and a mapping program begun at 6 and 2.8 cm with global VLBI networks. Hooimeyer, Miley and Schilizzi have also observed two LINER nuclei, NGC 2911 and NGC 4278, with a global Mk III network. The analysis is in progress.

De Bruyn used the high sensitivity of the broad-band continuum backend at 6 cm to monitor short term (<12 hours) variability in 5 very compact active galactic nuclei. In two objects unprecedentedly large fluctuations were seen; investigations of possible instrumental effects causing them had not yet been concluded at the end of the year. A by-product of these observations is high dynamic range maps of the extended emission surrounding the dominant radio cores. Figure 3.2.3. shows an example. This source had defied all previous attempts with both the VLA and MERLIN arrays to record any extended structure. The present 6 cm map has a dynamic range (peak/rms noise) of 50,000:1 over most of the map. Close to the subtracted core the noise is somewhat higher. The jet-like extension to the north-west is at 28" separation, corresponding to a linear separation of 170 kpc ( $H_0 = 50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ). This is embarrassingly large for this BL LAC-type object if its ejection axis is as close to the line-of-sight as demanded by current theories for its rapid variability. In fact, it is difficult to reconcile this result with the unified scheme of core-dominated radio sources. The simple version of this scheme is in jeopardy, conclude De Bruyn and Schilizzi in their discussion of a much larger sample of similar objects most of which reveal extended 100 kpc sized "haloes" or doubles. Their

result was presented at the Bangalore "Quasar" conference following the IAU General Assembly in December 1985.

Foley is reducing VLA (and some MERLIN) observations of the arc second scale structure associated with flat spectrum sources. The hope is that by comparing this emission with that found in extended steep spectrum sources, evidence can be found for alignment of the former along the line of sight, as would be expected in the relativistic beaming model. Evidence for possible relativistic beaming will also be sought in the larger scale structure. In April some 18 cm EVN observations were made of three of these sources with particularly compact ( $\leq 0.1$  arcsecond) extra nuclear components. If these prove to be compact and bright enough it should be possible to directly measure flow speeds in these quasar jets over a few years (at least if they are highly superluminal). Even if this is not possible, it should place more stringent limits on the minimum energy density inside these components which are several kiloparsecs from the quasar nucleus.

In another program, an attempt will be made to look for relativistic effects in flat spectrum low frequency variables. To this end, VLBI observations of five such objects have been made to look for superluminal motion. Thus far, only first epoch data have been obtained.

During a visit to Jodrell Bank Foley received some MERLIN observations of the source 1320+299 taken for him in 1984. This source is an extremely large 'D2' radio source (i.e. core and one-sided jet) and the optical identification is a very weak (20<sup>th</sup> magnitude) object, implying a redshift above 0.4. This would suggest a projected size of at least ~ 300 kpc, and this is very hard to explain if the one-sidedness is explained by relativistic beaming effects. Unfortunately there has proved to be some problem in the software that produced the data brought back.

C. and R. Fanti, P. Parma (all of Bologna), W. van Breugel (U.C., Berkeley) and Schilizzi have continued their study of 3CR compact steep spectrum objects using the EVN and MERLIN at 6 and 18 cm. Following publication of the results of the first 10 sources in the sample, a separate paper is in preparation on one of the objects, 3C119, which appears to have unusual circular structure at both 6 and 18 cm. The 18 cm map was obtained after combination of MERLIN, EVN and US network data all taken at different epochs.

Spoelstra, together with Gopal-Krishna and A.R. Patnaik (Bangalore), has obtained WSRT 49 cm observations of a sample of radio sources whose spectra peak at a frequency above 1 GHz. The aim of the project is to see if the spectra continue to turn down at low frequencies.

The reduction by Skillman of VLA 6 cm snapshot observations of 180 optically selected quasars resulted in 6 detections at the 0.2 - 0.5 mJy/beam level. These quasars all lie in deep Einstein fields, and the original purpose of the observations (done in collaboration with S. Anderson and B. Margon; Washington) was to

explore the trivariate luminosity function for optically selected quasars. Given the low number of radio detections (about 20% are X-ray detected), it is obvious that the primary goal of the observations cannot be met at present. It is hoped that these data can be combined with forthcoming data on a brighter quasar sample.

The study by Schilizzi of the nucleus of the giant radio galaxy, 3C236, has gone a step further with a "world-array" observation, in April 1985, utilizing 18 radio telescopes in Europe and the USA. These data have been correlated and have had the global fringe fitting algorithm applied to them by J. Benson (NRAO). Analysis is in progress.

Together with Biermann and N. Bartel (Center for Astrophysics, Cambridge, USA), Strom has worked on NGC 6212, an elliptical galaxy found to be a serendipitous X-ray source by the Einstein Observatory in a measurement of the quasar 3C345. Not only is it an X-ray source, but observations made over a period of months show it to be variable as well. Using existing WSRT observations of 3C345 at 21, 49 and 92 cm, radio emission was also detected from NGC 6212 and it was found to have a normal non-thermal spectrum ( $\alpha=0.8$ ). The radio emission is unresolved at 21 cm, indicating a size of less than 10" arc. The optical position was measured from the PSS, and is in excellent agreement with the radio and X-ray values. De Grijp (Leiden) was able to include in INT spectroscopic observations a short measurement of NGC 6212 showing it to exhibit very broad H $\alpha$  emission, with a redshift of about 0.027.

### 3.2.4.2. Radio Galaxies.

#### a. Clusters of galaxies.

The first results of WSRT 327 MHz observations were produced in 1985, and De Bruyn was involved in much of this work. Following the further development of the redundancy software package by W.N. Brouw the 1984 4 x 12 hour synthesis observations of the Perseus cluster of galaxies were further reduced. Making use of source models consisting of thousands of clean components to "align" the successive hour angle scans has dramatically improved the data and map quality. This has placed a heavy burden on the VAX 11/780 computer due to the very large amount of data (over one million complex visibility data points). The cover of this annual report shows only the inner 1°5 of the synthesized field in which sources were detected over an area of 5° in diameter. A contour map of the same area is shown in Figure 3.2.4.

The observations have revealed a large range of new phenomena, some of them completely unexpected. Perhaps the most interesting source in the cluster is 3C83.1A which is seen to more than triple its length. The furthest and presumably oldest part of the tail has a very steep spectrum ( $\alpha \leq -1.5$ ) and may represent emission from particles that left the nucleus up to 1 billion

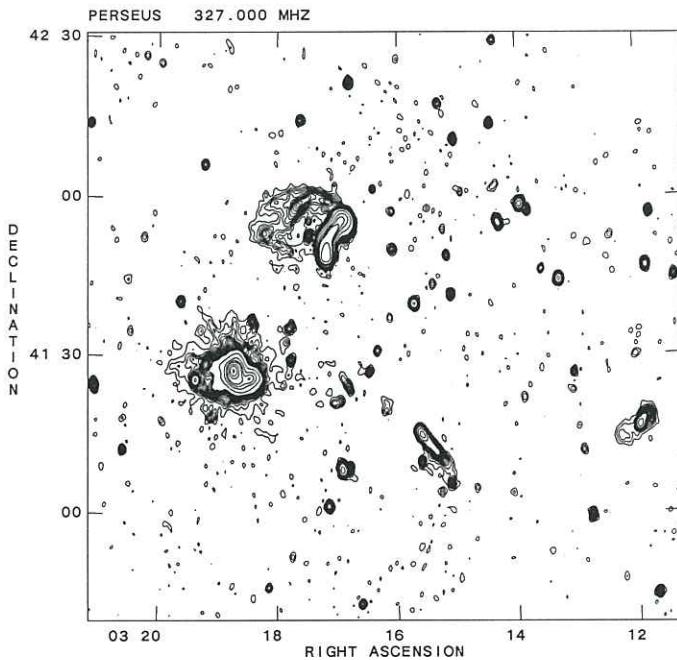


Fig. 3.2.4.

Contour map of the WSRT 327 MHz synthesis ( $4 \times 12$  hour) of the Perseus cluster of galaxies. Data from only one of seven narrow-band (0.3 MHz) channels have gone into this map. The observations were taken in the first month of operation of the WSRT at 327 MHz (January '84) and were affected by strong drifting interference. Lowest fifteen contours are linear with an increment of  $\pm 6$  mJy. Several strong point sources, including 3C83.1B (2.4 Jy) and 3C84 (16.4 Jy, core plus 30" component), were removed from the data. Note the very long curved tail of 3C83.1A (NGC 1265) and the size of the halo around 3C84.

Contour kaart van de WSRT 327 MHz synthese van de Perseuscluster van melkwegstelsels. Een radiofoto van dit gebied staat op de omslag van de jaarverslag.

years ago. Several sharp curves are seen in the tail, in one case accompanied by a factor ten fall off in surface brightness. Explanations involving buoyancy, curvature in the parent galaxy's trajectory (and possibly an encounter with another cluster member), and strong projection effects are being considered to explain the morphology of the source. No polarized emission was detected anywhere along the tail, nor anywhere else in the cluster. The halo surrounding 3C84 (NGC 1275) has, at 327 MHz, grown to more than 20' in angular diameter (0.6 Mpc for  $H_0 = 50$ ), with considerable structure in the outer regions. It required a very good dynamic range (-10,000:1) in order to bring it up. It is suggested that some of the structure in the halo is the result of turbulent acceleration of halo plasma in the wakes of other cluster members, when they plough through the dense halo. The 327 MHz map also revealed emission from half a dozen other galaxies, of which several have a head-tail morphology, which were not previously known to be radio emitting. Finally, at the western edge of the cluster a large (9') triple radio galaxy was discovered of which only the core (0309+41), and some weak secondary emission to the north-west was previously known. It is probably a background object belonging to the class of giant radio galaxies, a class first recognized in WSRT 610 MHz data more than 10 years ago. A paper, with W.N. Brouw and G.K. Miley (STScI), is in preparation.

b. Isolated radio sources.

As part of the summer student program held for the first time in Dwingeloo, K. Chyzy (Krakow) reduced 6 cm DCB observations of the radio galaxy 3C 382. The map obtained (Figure 3.2.5.) has both high dynamic range (about 33 dB) and a low noise level (approaching the theoretical value of 0.07 mJy r.m.s.). The data quality allows the extended emission to be traced out much further than was previously possible. 3C 382 shows several kinds of distortion suggesting interaction with the ambient medium. Noteworthy also is the almost circular shell-like structure of the bright part of the southwestern lobe.

A paper describing the results of Strom's work with R.G. Conway (Jodrell Bank) on a sample of 3C sources observed at 49 cm to determine their polarization characteristics was submitted and published. This work has continued with 92 cm observations of those objects significantly polarized at 49 cm. The first set of observations obtained in February were examined during Conway's visit in April. Preliminary maps of a handful of sources are in good agreement with what was previously known about their structures. In several cases genuine polarization has been found, though it is weaker than at 49 cm, continuing the established depolarization trend. As had been found in the 49 cm study, little if any of the polarization observed originates in the bridge emission between the outer components.

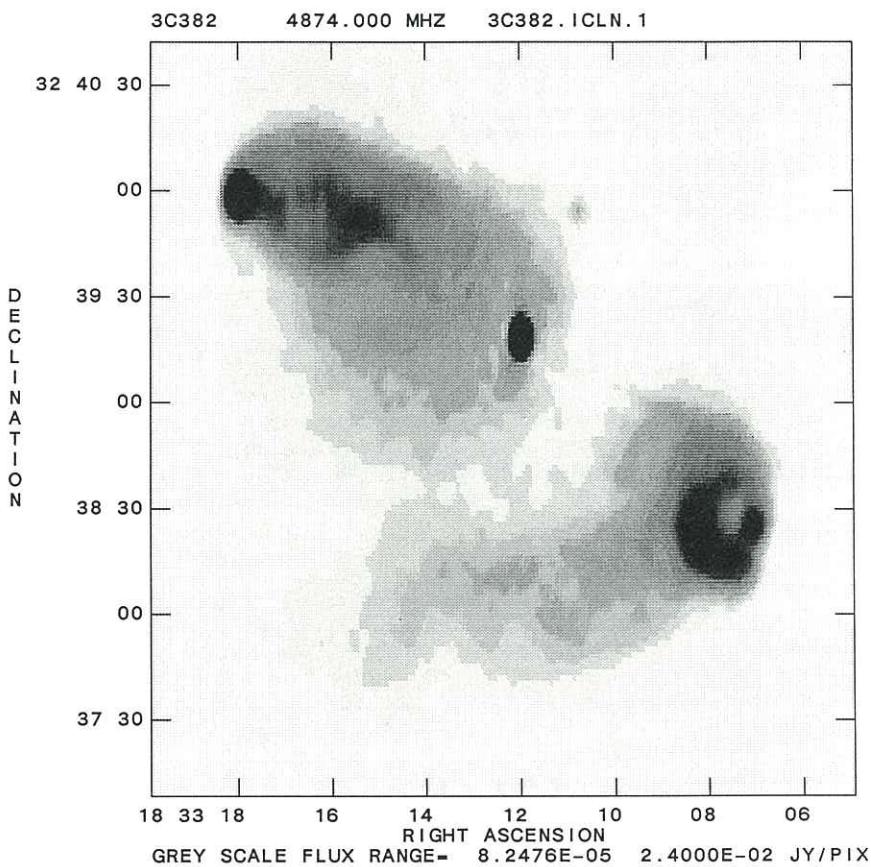


Fig. 3.2.5.

A high dynamic range WSRT 6 cm map of the strong radio source 3C382. The compact central component coincides with the optical galaxy, and the distortions in the outer components may indicate interaction with the ambient medium.

Een 6 cm WSRT kaart van hoog dynamisch bereik van de sterke radio bron 3C382. Het compacte centrale component valt samen met het optische stelsel. Vervorming van de buitencomponenten zou het gevolg van interactie met het omliggende gas kunnen zijn.

As a follow-up to this work on source depolarization, Strom and W. Jägers (Leiden) have been investigating the depolarization of bridge emission from double radio galaxies in the latter's sample of extended northern hemisphere sources. The effect noted previously, namely excess depolarization near the optical object, also appears to be present in the Jägers' sample, and the multi-wavelength nature of his observations enables one to conclude that it is a depolarization (rather than intrinsic) effect. The densities are reasonably consistent with what one might expect on the basis of X-ray observations of nearby elliptical galaxies, which show evidence for a hot halo. Interpretation of the effect continues.

The first 6 cm WSRT observations were made by Strom of several unidentified 3C sources suggested by H. Spinrad (Berkeley) in an attempt to detect nuclear emission, thereby pinpointing where the optical counterpart should lie. The first source observed, 3C114, produced the hoped-for result and an accurate position was communicated to Spinrad. He was able to detect a faint galaxy at this location in a CCD image obtained at Lick Observatory, and a low resolution spectrum reveals weak emission lines. The strength of the radio nuclear source seems to exceed the upper limit suggested by an observation made by Longair at 6 cm some years ago. This may imply variability, indicating that repeated observations of sources where nuclear emission has not been detected might eventually be rewarded with success. None of the other sources observed appears to have a nuclear component, although those observations were not done under optimal instrumental circumstances.

In a collaborative project with A. Eckart (Steward Observatory) and P. Biermann (MPI-Bonn), Strom has obtained a 49 cm map of an extended double source in the field of a compact quasar (4C 74.24). Previously observed at lower frequencies, it has been possible to construct a spectrum of the object and indicate several identification candidates, all weak galaxies. More information is needed for a secure identification and hence distance to the source, but it is likely to be an intrinsically large object. A paper describing this work has been published.

c. Source surveys.

De Bruyn, P. Katgert and M. Wierenga (Leiden) are collaborating on the analysis of two deep survey fields observed at 327 MHz in the spring of 1985. The fields are symmetrically located around ( $12^{\text{h}}43^{\text{m}}$ ,  $+66^{\circ}25'$ ) and partly overlap. Each field was observed for 6 x 12 hours (12-meter baseline intervals) resulting in a field with first grating response at  $4^{\circ}4$  radius. The resolution of the maps is  $54'' \times 59''$ . The observations were very successful and more than five hundred sources were detected in each field,  $6^{\circ}$  in diameter, down to 3 mJy (5 times noise). The noise level in the map is close to the confusion limit. A small area in one of the fields is displayed in Figure 3.2.6. The data were recorded in spectral line

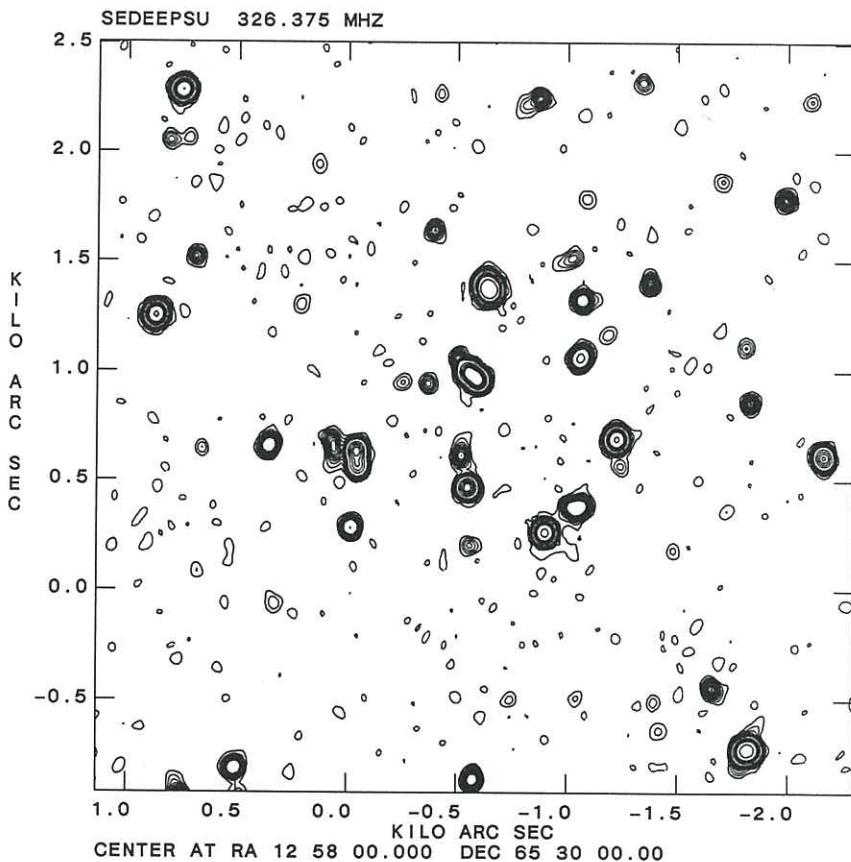


Fig. 3.2.6.

A small area, about 1 square degree, of one of the two 6x12 hour deep surveys obtained with the WSRT at 327 MHz in the spring of 1985. It reveals a dense grouping of mostly extended radiosources seen in the direction of an extremely distant Zwicky cluster. The noise level in the map is 0.6 mJy and near the confusin limit; the beam measures  $54'' \times 59''$ . The lowest ten contours are linear in increments of  $\pm 1.5$  mJy.

Een detail uit één van de twee zeer diepe survey velden waargenomen met de WSRT op 327 MHz. De dichte concentratie van enigszins uitgebreide bronnen is waarschijnlijk geassocieerd met een zeer ver verwijderde cluster van melkwegstelsels.

mode using the newly built recirculating backend (DXB) and yielded 15 independent line channels each about 0.16 MHz wide. This data cube will be searched for evidence of HI emission at redshifts of about  $z=3.3$ . The spatial and spectral resolution seem well matched for such a search. The continuum data also revealed complex structure in the galactic foreground polarized emission.

The large number of discrete background sources in a WSRT 327 MHz field (representing a total flux, on average, of about 15 Jy in sources brighter than 20 mJy) allows accurate selfcalibration. This property, combined with the inherent quality of the data following the exploitation of the redundant spacing information, was used by A. van de Boogaart (Leiden) and De Bruyn to search for low frequency variability in known and unknown low-frequency variables. The results of a pilot program, conducted in 1984 and 1985, suggest that variability measurements, including linear polarization, are possible to 1% or better of the source flux and are limited only by the thermal noise level in the data. The most significant result obtained was a 20% increase in flux density of the object 4C 38.41 in the period of one month.

d. Neutral hydrogen.

HI data on the large galaxies NGC 315 and DA 240 has undergone the first stages of reduction. Together with G.S. Shostak (Groningen), Strom hopes to find emission associated with strong HI absorption seen against the nucleus of NGC 315, and in the case of DA 240 HI associated with what is suspected to be a foreground galaxy. Maps have now been made, and the continuum subtracted, although thus far no HI emission has been detected.

Foley and Strom obtained 92-cm WSRT observations of the quasar OH 471 to look for absorption corresponding to a  $z=3.343$  optical absorption system seen in this object. At this redshift, the 21-cm line of HI falls precisely in the 327 MHz band. Should absorption be found, it would be the most highly redshifted HI observed. However, preliminary analysis shows that OH 471 is slightly weaker than was expected from previous measurements, and that there is a much stronger source (3C 169.1) near the edge of the field. Because of these drawbacks, it is so far only possible to say that no absorption is seen which exceeds 5% of the continuum flux. Analysis is continuing to improve upon this figure.

3.2.4.3. Normal Galaxies.

Skillman has studied the HI properties of irregular galaxies ranging from the Local Group to the Virgo cluster in distance and from absolute magnitudes of -11 to -18. High resolution ( $\text{FWHM} < 200 \text{ pc}$ ) studies of the Local Group irregulars show a good correlation between the HI surface density and the presence of star formation as indicated by HII regions. At a resolution of 250 pc, the correlation is still evident, but at a resolution of 500 pc,

the small scale HI structures are sufficiently smoothed over so that the point-to-point correlation observed in the high resolution images disappears. However, at the lower resolution a "threshold" phenomenon is evident, in that regions with a surface density exceeding  $1 \times 10^{21}$  HI atoms/cm<sup>2</sup> always show evidence of star formation, and regions below this threshold show no HII regions. This result is supported by all of the irregular galaxies that Skillman has observed.

Studying the kinematics and dynamics of these irregular galaxies is proving to be quite challenging. In general most of the galaxies show nearly solid body rotation across the extent of their optical disks. In all galaxies rotation dominates the velocity field, however in the largest systems (NGC 4214, NGC 4449, NGC 3239) the velocity fields are strongly perturbed. In all cases the velocity dispersion of the gas is of order 10 km/s, similar to that found in the disks of spiral galaxies. Unfortunately very few of the galaxies observed displayed the high degree of axial symmetry, moderate inclination, and large HI/optical size necessary for an accurate mass distribution analysis. The study of Sextans A (in collaboration with H. van Woerden; Groningen and R. Terlevich; RGO) presented the ultimate in frustration. The HI distribution in Sextans A was known from single dish observations to extend to many times the optical disk size, however most of this halo lies at a surface density below the sensitivity of the VLA observations. In the inner part of Sextans A, the optical and HI morphologies agree in shape and position angle, but that position angle is 30 degrees discrepant from the position angle shown by the velocity field. The problem is compounded by an asymmetric velocity field and an HI cloud at a discrepant velocity.

Of all of the irregular galaxies observed, IC 3522, a Virgo cluster member observed in a collaborative effort with G. Bothun (Caltech), and R. Warmels (Groningen and ESO), proved to be the most suitable for mass distribution analysis. Under the guidance of R. Sancisi (Groningen), a rotation curve was produced from VLA observations. By combining the mass distribution derived from optical surface photometry and the total HI image, a suitable fit to the rotation curve was found with a constant mass to light ratio out to 4 optical disk scale lengths. In summary, if there is dark matter associated with dwarf galaxies, it will require a very special set of circumstances to reveal it.

Significant progress was made on the radio wavelength study of the nearby spiral galaxy NGC 2403 in collaboration with F. Israel (Leiden). Comparable resolution (4" = 65pc) radio continuum observations were made at 20 cm (VLA) and 6 cm (WSRT). The brightest 20 HII regions are easily identifiable in these images. In a preliminary analysis one supernova remnant candidate was identified in one of the giant HII regions. The nonthermal disk emission will be measured by comparing existing WSRT 49 cm observations

with a new 92 cm observation. The HI data of Wevers is being re-analyzed at a higher resolution of 25". A number of "holes" were identified to be compared with the HII region distribution.

In collaboration with Van der Hulst, G. Bothun (Caltech) and R. Kennicutt (Minnesota), neutral hydrogen synthesis maps and optical surface photometry of two very red yet HI rich galaxies were reduced and analyzed in hopes of understanding the nature of these apparently inefficient star forming galaxies. These observations were combined with similar observations of an anemic (HI poor) galaxy in the Virgo cluster. Despite the very different integrated properties of these galaxies, they exhibit similar (low) HI surface densities. The fact that their peak HI surface densities are less than  $1 \times 10^{21}$  HI atoms/cm<sup>2</sup> probably accounts for their anomalously low star formation rates.

Van der Hulst and E. Deul (Leiden) finished the reduction of the WSRT HI observations of M33. The analysis of the HI data can now be pursued further and involves a variety of projects, such as: a study of the fine scale structure of the HI, involving a detailed comparison with the distribution of OB associations, HII regions, SN remnants, dust etc., a study of the detailed kinematics, especially on a small scale such as the prominent southern arm where they find evidence for density wave streaming, and a study of the distribution and morphology of HI rings and shells which are quite wide spread in M33.

Van der Hulst, A. Bosma and E. Athanassoula (Observatoire de Marseille) continued their study of the distribution of dark matter in low surface brightness galaxies. Westerbork HI observations of five such galaxies provide HI rotation curves and the distribution of neutral gas. Spectroscopic observations of three of these have so far been obtained at La Palma with the INT. These spectra provide a detailed rotation curve in the inner parts where the HI rotation curves are unreliable because of beam smoothing effects. The combined rotation curve provides information on the total mass distribution. From surface photometry one can on the other hand calculate the mass distribution in the disk, assuming a constant (and from the point of view of galactic evolution models, realistic) M/L ratio, so that it becomes possible to decompose the rotation curve into a disk and a halo contribution. To make the disk rotation curve more representative and realistic they include the contribution from the HI gas layer. Detailed modelling for two of the galaxies showed that the dark halo, assuming it is an isothermal sphere in all cases, is more centrally condensed than galaxies of similar morphological type but normal surface brightness. This more centrally condensed halo is probably an evolutionary effect though scenarios for its formation are at present unclear. The intriguing but also unanswered question is whether the low surface brightness of the disk and low star formation rate are a direct result of, or at least related to, this centrally concentrated halo.

Van der Hulst and E. Hummel (MPIfR) continued to work on projects concerning the continuum emission from normal and interacting galaxies. They completed their study of NGC 4038/39, also known as "the Antennae", using high resolution radio observations from the VLA at 6 and 20 cm. The radio maps show remarkable similarity to, but no detailed correspondence with, the distribution of star formation as outlined by the HII regions. Star burst models can account for most of the radio emission seen in the central sources and around the HII regions. The more diffuse radio emission is probably an older population of electrons as witnessed by its steeper radio spectrum. The equipartition magnetic field strength ( $10\text{-}40 \mu\text{G}$ ) is higher than normally found in spiral galaxies, probably enhanced by the interaction. If vigorous star formation continued since the time of closest approach, supernovae can account for the diffuse emission.

As part of a program to study the z-distribution of radio emission in edge-on galaxies, Van der Hulst and Hummel found a bridge of radio continuum emission connecting an edge-on galaxy, NGC 2820, with a very nearby companion, NGC 2814. This is the first detection of a bridge in radio continuum suggesting that such bridges are rare. It may be that they occur only in very close pairs and are a result of connection of the magnetic fields of the two galaxies to form a channel through which the relativistic particles can diffuse.

Van der Hulst, W.C. Keel (Leiden), R.C. Kennicut (University of Minnesota) and E. Hummel (MPIfR) are collaborating on a long term program to study the effects of galaxy interactions on the galaxy nuclei and the central region ( $r \lesssim 1 \text{ kpc}$ ). This program employs VLA radio data, H $\alpha$  imaging and spectrometry. The spectro-photometric results have been worked out and show that in a statistical sense the H $\alpha$  luminosities of galaxies in pairs and groups are a factor 2-3 higher than in galaxies which are isolated. Also the H $\alpha$  equivalent width, which is indicative of the present to past star formation rate, is larger by a factor 2-3 in the interacting galaxy sample. There is no strong dependence on projected separation between galaxies though the occurrence of Seyfert nuclei is significantly greater in the very close pairs. These results strongly support the idea that galaxy interactions stimulate star formation in the central regions of galaxies. Work on the radio data and the imagery is in progress.

Van der Hulst and P. Knezek (University of Massachusetts) used WSRT 92, 49 and 21 cm observations of M51 to study the extended radio emission in the disk. This project was part of the summer student program. The analysis is still underway, but first results indicate that M51 is about 30 percent brighter at 92 cm than expected on the basis of shorter wavelength data. Spectral index maps indicate that the underlying broad disk has a very steep spectrum between 49 and 92 cm ( $\alpha \sim -1.5$ ) suggesting that galaxies may have a not yet well studied steep spectrum disk. A significant flattening of the spectral index in the spiral arms was found which can to a great extent be ascribed to thermal

emission from the HII regions. Whether some of the spectral flattening is due to viewing a younger population of relativistic electrons will be investigated further.

Van der Hulst and F.P. Israel (Leiden) are using 6 and 20 cm radio data with 1.2" resolution from the VLA to study the small scale structure and sources in the irregular galaxy NGC 1569. They can identify many of the HII regions as thermal sources and will be able to study their physical properties using the radio data. In addition the data show the presence of more non-thermal sources than expected from source counts. Several of these could be supernova remnants with luminosities of 0.1-0.5 times Cas A.

J.H. van Gorkom (NRAO, VLA), G.R. Knapp (Princeton), Raimond, S.M. Faber (Lick Observatory) and J.S. Gallagher (NOAO) completed their VLA study of the active elliptical galaxy NGC 1052. They conclude that tidal capture from a dwarf or spiral member of the NGC 1052 group is the most likely source of the galaxy's HI gas. The redshifted absorption suggests the possibility of gas falling in towards the centre.

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

Editor: T. de Jong

Radio astronomical research done at the University of Amsterdam is modest in size and mainly devoted to studies of OH/IR stars based upon data obtained from both IRAS and ground-based infrared facilities. In addition to research projects reported in previous Annual Reports which will probably be completed in the course of 1986, a program of monitoring the main-line emission from OH masers with the Dwingeloo telescope has been set up. In this way students can obtain practical experience and fulfill this part of their course requirement.

3.4. Radio astronomical research at the Kapteyn Laboratory Groningen.

Editors: Renzo Sancisi and Peter Roelfsema.

3.4.1. Introduction.

The Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) plays a central role in astronomical research at the Kapteyn Institute in Groningen. Fundamental galactic (interstellar medium, stars, galactic centre) and extragalactic (nearby galaxies, galaxy clusters) research has been carried out in 1985, based on or closely related to observations with the WSRT. Highlights are the investigation of dark matter in spiral galaxies, based on 21-cm line observations, and the new galactic survey and galactic centre observations at 327 MHz.

Parallel to this major effort with the WSRT there has in 1985 been increasing use of the Very Large Array (VLA) for high resolution and high frequency studies or for southern objects, of optical telescopes (La Palma and ESO) and of IRAS data. It is clear that for a large number of projects these various sets of observations have a strong complementary character. At the same time considerable effort has gone into the interpretation of the observations and into theoretical work, especially on the dynamics of galaxies and physics of the interstellar medium.

A large number of Ph.D. Thesis projects, entirely or partly based on Westerbork radio observations, are being carried out by: Rein Warmels (Virgo cluster), Wim van Driel (Early-type galaxies), Kor Begeman (HI rotation curves), Tom Oosterloo (Spin orientation of galaxies), Peter Roelfsema (Radio recombination lines), Bart Wakker (High velocity Clouds), Remo Tilanus (Star formation in spirals), Roelof Bottema (Kinematics of galactic disks), Paul van der Werf (HI and HII).

The software development in Groningen in 1985 also reflects the broadening of research interests and wavelength range and the diversification of techniques and instrumentation. The main effort has still taken place using the PDP 11/70 computer and the GIPSY reduction system, with i) adaptation of existing programs and addition of new software for the reduction of IRAS data, and ii) development of new programs for advanced analysis of observational data (e.g. analysis of rotation curves, model profile fitting etc). Optical (TAURUS), infrared (IRAS) and radio (WSRT and VLA) data have been routinely reduced and analyzed with GIPSY by about 40 regular users and by means of 180 application programs. A VAX 8600 has now been ordered to replace the PDP 11/70 early in 1986.

The present report is restricted to radio astronomical and directly related research. A complete review of astronomical research at Groningen is presented in the Annual Report for 1985 of the Kapteyn Astronomical Institute.

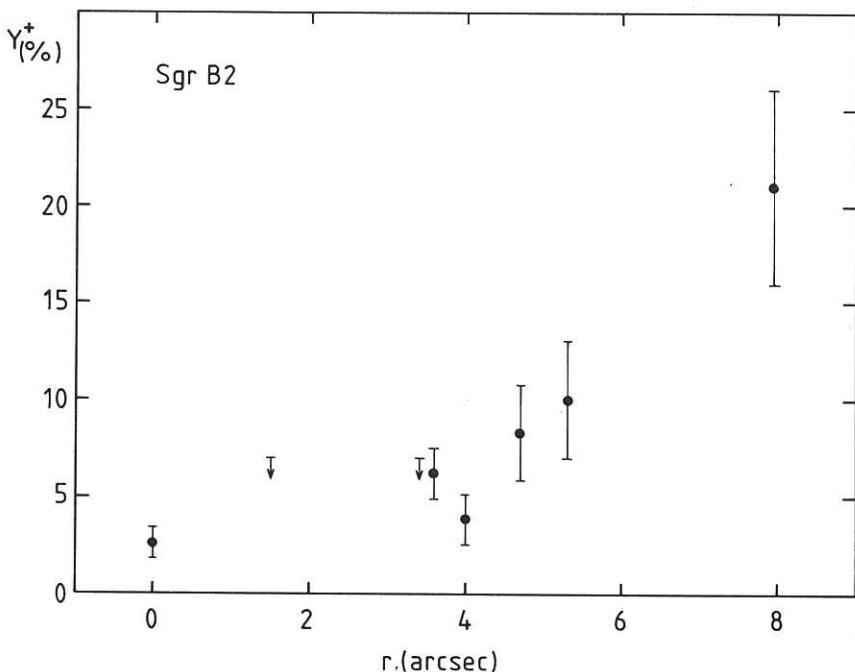


Fig. 3.4.1.

Observed abundance of ionised helium (by number) as function of distance to the continuum peak of component 3 at  $\alpha, \delta = 17^{\text{h}}44^{\text{m}}10^{\text{s}}_6, -28^{\circ}22'3''$ . The low 'abundance' near component 3 is thought to be due to the high continuum opacity of that source; we only see the outer shell of ionised hydrogen, the -slightly smaller- helium shell is invisible because of absorption. The error bars indicate the formal  $1\sigma$  errors as derived (from the line intensity deviations) from the gaussian profile fits. Note that the "observed abundances" are lower limits for the actual local helium abundance.

Waargenomen helium abudantie (verhouding van aantal He atomen tot aantal H atomen) als functie van de afstand tot de concentratie van continuum straling (component 3, zie tekst). De lage abundancies in het centrum van de concentratie is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat alleen de buitenkant van de schil van geioniseerde waterstof zichtbaar is.

### 3.4.2. Galactic Research.

#### 3.4.2.1. HII Regions and Molecular Clouds.

##### a. Radio recombination line observations.

Peter Roelfsema and Miller Goss continued the reduction of radio recombination line observations obtained with both WSRT and VLA (ASTRON-project). For this work a program to interactively fit model line profiles to the data was designed and implemented on the GIPSY system.

Reduction of the hydrogen and helium data for different sources has shown that the apparent He-abundance variation found in the HII complex W3 is a common feature of HII regions. Explanations for this effect are being sought. Possible causes for low 'abundances' are a high continuum optical depth masking the HeII region (as is probably the case in Sgr B2, see Figure 3.4.1.), a low effective temperature of the ionising star, or varying dust absorption properties. An explanation for the high 'abundances' (over 20% in W3, see Figure 3.4.2.) has not been found yet.

A new observation of W3 in the H272 $\alpha$  line (with the new WSRT 327 MHz system and extended DLB) was done in the spring. The preliminary results look promising; the line emission seems to originate in a large area with low-level extended continuum emission (probably an older HII region) to the west of the 'W3-core'.

The reduction of a C166 $\alpha$  observation of W3 was completed in June 1985. The carbon emission is found to originate from W3A only, at a velocity corresponding closely to that of the cold cloud in front of W3 postulated by several authors. These results can be interpreted in terms of the proposed two-cloud model: one behind and one in front of W3. The data also support the suggestion that the CII region forms a layer between the HII region proper and the molecular cloud surrounding W3.

The H110 $\alpha$  WSRT observation (6 cm) of the HII complex DR 21 is now being reduced and analyzed by fitting Voigt profiles to the lines for the first time. Pressure broadening in density enhancements ( $n_e > 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ) in this source gives rise to such Voigt profiles. This will give us an opportunity to map the very high density regions of DR 21. (The same effect also seems to be important in the HII complex K3-50.)

##### b. H<sub>2</sub>CO absorption.

Miller Goss, Rob Assendorp, and Helen Dickel (Illinois) have carried out 2 cm VLA observations of H<sub>2</sub>CO absorption in the direction of the giant HII complex W49A. The VLA C array observations were carried out in 1984. Figure 3.4.3. shows the continuum map of the central components of W49A with a resolution of 1.5 arc sec. The 2 cm H<sub>2</sub>CO opacity is quite small over many of the components but shows local enhancements. The opacity in the

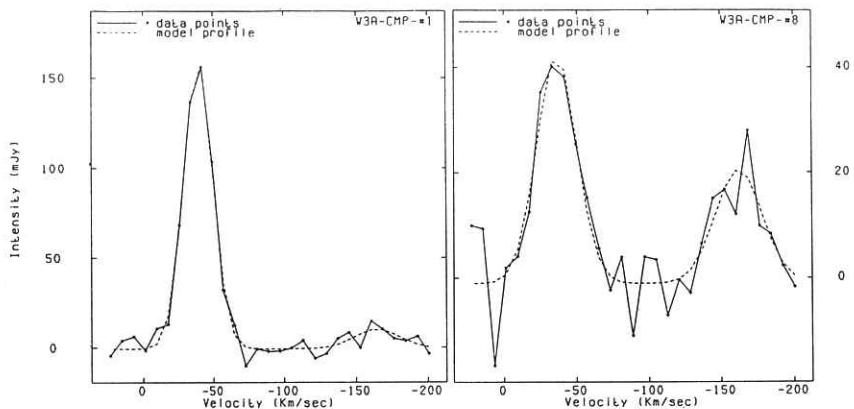


Fig. 3.4.2.

Two H<sub>76</sub>α line profiles showing the strong variations in helium 'abundance' in W3. The lefthand panel shows the profile over an area with an extremely high 'abundance' (= line-ratio) of  $58 \pm 20\%$ .

Twee voorbeelden van H<sub>76</sub>α lijn profielen in het gebied van de radiobron W3. De helium abundantie is zeer veel hoger in het gebied weergegeven in de linker figuur.

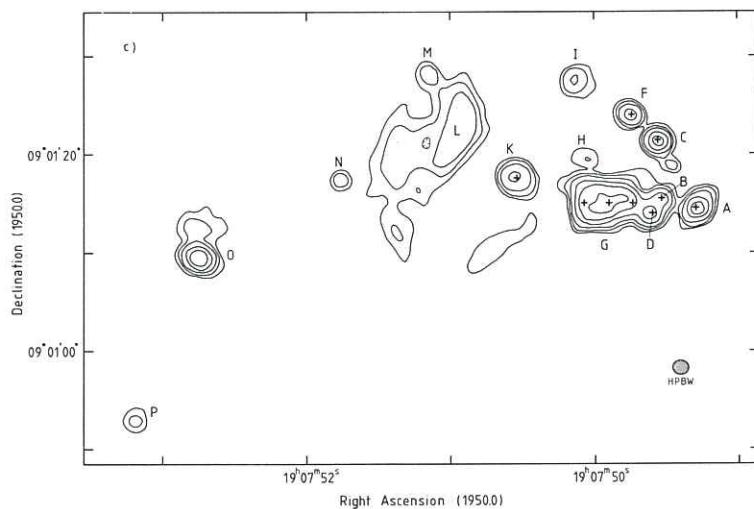


Fig. 3.4.3.

The central region of W49A in the continuum at 2 cm. The resolution is 1<sup>o</sup>5 arc. Various continuum components are indicated. The contours are 10, 20, 40, 100, 200 and 400 mJy/beam.

Radiokaart op een golflengte van 2 cm van het centrale gebied van W49A.

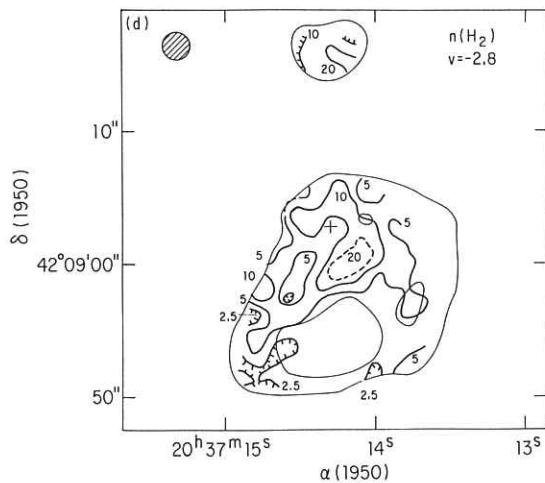


Fig. 3.4.4.

The  $H_2$  density distribution in the direction of DR 21 at  $-2.8 \text{ km s}^{-1}$ . The units of density are  $10^4 \text{ cm}^{-3}$ .

De verdeling van moleculaire waterstof in de richting van DR 21 bij een snelheid van  $-2,8 \text{ km/sec}$ .

direction of component A is an order of magnitude higher than in the direction of component G. The OH masers are close to components B and G and the H<sub>2</sub>O masers are associated with component G. The shapes of the profiles over the various components are quite variable and a high enhancement in the molecular cloud near component A has been detected.

Dickel (Illinois), Goss, Rots (NRAO, VLA), and Blount (Mount Holyoke College) have carried out 2 and 6 cm H<sub>2</sub>CO absorption observations in the direction of the compact HII region DR 21. The VLA was used in scaled arrays with angular resolutions of 2 arc sec. The velocity resolution is 0.5 km/s. By comparing the opacities of the two H<sub>2</sub>CO transitions it is possible to determine the local density of H<sub>2</sub> since this predominant molecule controls the excitation of H<sub>2</sub>CO. In addition the relative abundance of H<sub>2</sub>CO with respect to H<sub>2</sub> can also be determined. These two derived quantities vary by factors of five to six with typical errors of a factor of 1.5. In the direction of continuum component C the relative abundance of ortho-H<sub>2</sub>CO is highest; the uv-radiation field in this direction is most intense, judging from the radio continuum. The distribution of H<sub>2</sub> density is shown in Figure 3.4.4. The average density of H<sub>2</sub> over the source is about  $8 \times 10^4$  cm<sup>-3</sup>. The highest densities of H<sub>2</sub> ( $1$  to  $2 \times 10^5$  cm<sup>-3</sup>) are found toward the most compact HII region D to the North and the shell-like HII region B in the centre of DR 21.

c. Neutral hydrogen associated with HII regions.

The physical association of HI with HII regions has been studied by Paul van der Werf and Goss (ASTRON-project). The major questions that had been raised over the years were:

- 1) Is there a remnant of the original cloud that subsequently formed the O and B stars?
- 2) Does the ionization shock-front of the expanding HII region impart a significant amount of energy to the interstellar medium?

In recent years, the importance of molecular clouds near HII regions has led to the following questions:

- 3) Is there any HI in the H<sub>2</sub> regions?
- 4) What role do dissociation fronts (H<sub>2</sub> to HI) play near HII regions?
- 5) In what way does the wind from the central star affect the HII region and its environs?

Since the pioneering observations by Riegel with the 91 m telescope, which suffered from a lack of resolution, and subsequent high-resolution observations with the Penticton interferometer and the Cambridge Half-Mile Telescope, it has become clear that most HII regions in molecular clouds have associated HI concentrations, but that the detailed properties of these complexes depend on the evolutionary stage of the system. The systems observed with the Cambridge and Penticton instruments are fairly evolved, and show a broad layer of warm (T=100 K) HI visible in

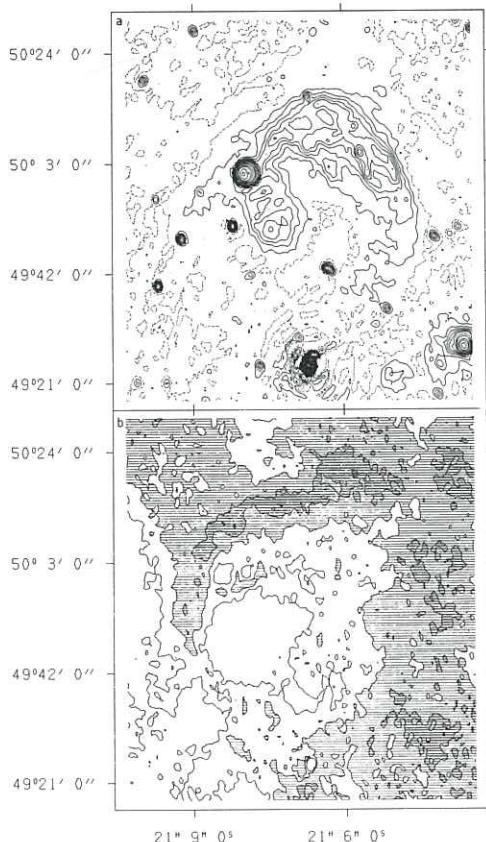


Fig. 3.4.5.

The field of BG2107+49 at 21 cm continuum (a) and in the HI line at -80 to -91.54 km/s (b).

(a) The contours (cleaned and corrected for primary beam effects) are 0 (dashed), 5 to 30 in steps of 5; 40, 50, 75, 100, 150 and 200 to 1200 in steps of 100 mJy/beam. The strong point source in the South is 3C428 (visible in absorption in figure b) and the extended source in the South-West is the foreground HII regions S121. The rms noise is 2.4 mJy/beam.

(b) The contours and gray level transitions are at 200, 300, 400, 500, 550 and 600 K. The blank region corresponds to brightness temperatures between 200 and 300 K.

The beamsize in both figures is 1'x1.25 ( $\alpha \times \delta$ ).

Continuum straling (a) op 21 cm en waterstof lijnstraling (b) in het gebied van BG2107+49.

emission between the ionization front and the molecular gas. WSRT observations of W3 showed the existence of substantial amounts of HI visible in absorption against the HII regions with which they are associated. The Penticton and Cambridge instruments cannot resolve these small concentrations, nor any shocked HI. On the other hand, the WSRT is insensitive to the large-scale structure seen by these instruments, since the low-order spacings cannot be observed with the WSRT.

Therefore, to tackle the problems formulated above, we decided to take a broad approach, involving theoretical work, HI emission and absorption and  $^{13}\text{CO}$  and  $\text{H}_2$  infrared observations.

The unusual HII complex BG2107+49 was observed with the DRAO (Penticton) synthesis telescope, at 21 and 74 cm in the continuum, and in the HI 21 cm line. The distance is assumed to be 10 kpc, so its large angular size makes it a truly huge object (some 160 pc across), too large in fact for an HII region. In the HI line data a conspicuous ring of HI, surrounding the source, is visible (see Figure 3.4.5). This strongly suggests that a powerful stellar wind has blown a hole in the interstellar medium. This observation will probably be of prime importance for our understanding of the effects of stellar winds on the late stages of evolution of HII regions.

VLA-data of Orion A and B are now available and being reduced. 21 cm WSRT observations of W3 (4 polarizations, which will enable us to determine the line-of-sight magnetic field in the HI) and of S252 have been carried out in December with the WSRT.

#### d. Molecular Clouds.

The dark cloud L134 has been studied by many authors in various molecular transitions (e.g. OH,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}$ , CO etc.). In 1971 Sancisi mapped L134 with the Dwingeloo 25 m telescope and discovered a decrease in HI emission in the direction of this dark cloud. Subsequently observations with the Owens Valley interferometer by Chu in 1975 and by Winnberg et al. with the 100 m telescope in 1980 with a 9 arc min resolution have produced maps of this dark cloud in HI self-absorption. The cold HI which is a trace constituent of the  $\text{H}_2$  molecular cloud is in absorption against the hotter background HI from the galactic disk. L134 is an ideal source for HI self-absorption since it has an angular size of about 30 arc min and is at a galactic latitude of 16 degrees; thus the HI confusion effects from galactic plane HI are less severe.

In August 1984, VandenBout (NRAO), Goss and Van der Werf observed HI in L134 with the VLA in the D array with an angular resolution of 49 arc sec. The data have been "cleaned" using the hybrid clean procedure: first the low resolution maps at 174 arc sec resolution are cleaned, then followed by a cleaning of the remaining structure at full resolution. The final maps have been smoothed to a resolution of 100 arc sec with a rms noise of 10 mJy/beam or 0.6 K in  $T_b$ . In Figure 3.4.6. we show a profile of the

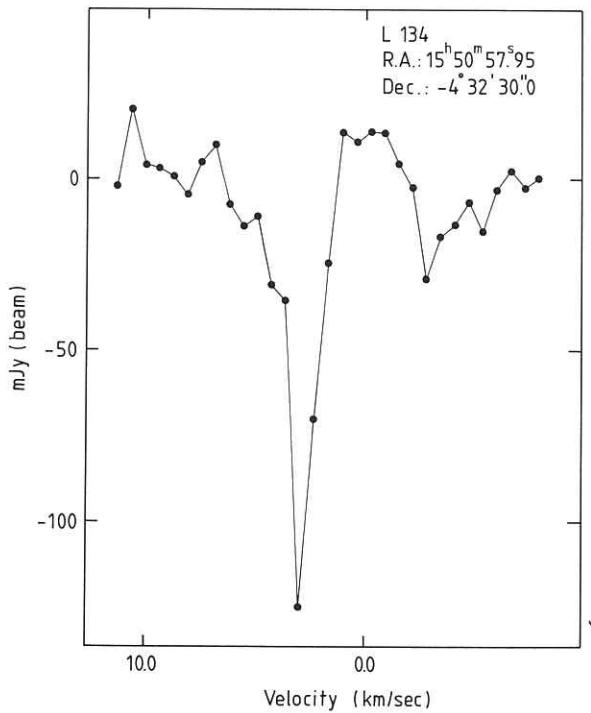


Fig. 3.4.6.

HI profile in the direction of the peak of component A (see Fig. 3.4.7) at  $3 \text{ km s}^{-1}$  in L134. The angular resolution is  $106''$  and the velocity resolution  $0.64 \text{ km s}^{-1}$ .

Waterstof lijnprofiel in de richting van het maximum van de bron L134. De hoekresolutie is  $106$  boogseconden.

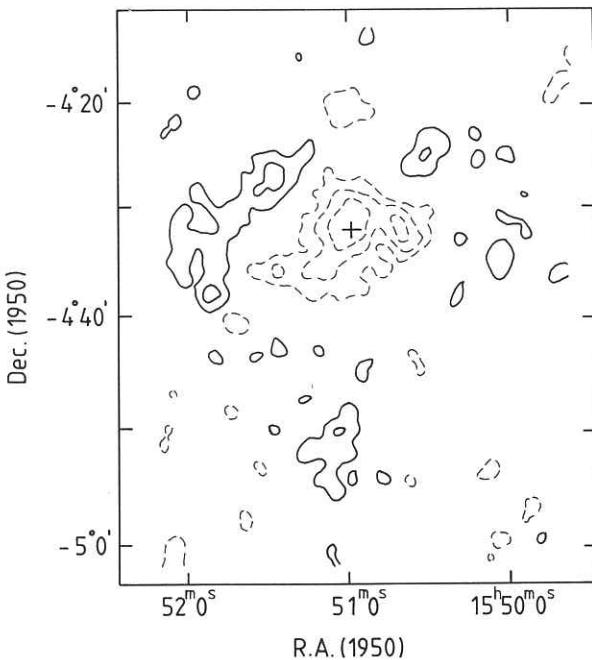


Fig. 3.4.7.

L134 channel map at  $3 \text{ km s}^{-1}$  in HI. The angular resolution is  $100''$ . The cross indicates the location of component A. Contours: -120, -90, -60, -30, 30, 60, 90 mJy/beam. 30 mJy/beam is 1.8 K in Tb.

Verdeling van de 21 cm lijnstraling bij een radiale snelheid van  $3 \text{ km/sec}$  in het gebied van L134. Het lijn profiel van Fig. 3.4.6 is in de richting van het kruisje genomen.

velocity component A at 3 km/s. The line width is about 1 km/s which corresponds to an upper limit for the kinetic temperature of only 22 K. In Figure 3.4.7. we show a channel map at 3 km/s of the 100 arc sec data. The dark cloud corresponds to the hole of HI (dotted contours). The most striking new result is the "halo" of HI emission with a  $T_b$  of 2-3 K. This may be the warmer HI gas in the interface between the molecular cloud and the surrounding, warmer, low density interstellar medium.

HI self-absorption line studies of the molecular clouds L1235 (WSRT) and L1551 (VLA-D and DRAO) are also being carried out. For this last object, a joint project with P.E. Dewdney (DRAO), VLA-data and DRAO-data will be combined (in this way solving the short-spacing problem), which will enable us to map both emission and absorption at high resolution, and over a wide field; the recent IRAS-discovery of an elongated hole surrounding L1551 and aligned with the jet makes this a very promising and important project.

Clark completed radio observations of a molecular cloud in Cygnus which contains six moderately bright IRAS point sources, several fainter ones, and a few very red POSS objects apparently not detected by IRAS. Using CO spectral lines, it was found that three of the moderately strong IRAS sources in this cloud possess well defined bipolar flows, have locally heated the gas, and may have blown at least one cavity into the edge of the cloud. OH has been detected in emission from these flows. Several papers are in preparation.

A program using the WSRT was started by Clark to detect continuum emission from the infrared objects in the Cygnus cloud discussed above. Clark also submitted an observing proposal to study the Cygnus cloud IRAS sources with the Isaac Newton Telescope, in order to attempt a spectral classification of them, and to examine their H $\alpha$  profiles.

Clark began a study of the heating effects on the dust of a "bipolar flow" associated with a young embedded star, from the molecular cloud in L1551. A paper in collaboration with René Laureijs is in press (A & A Letters).

Clark completed the first phase of a project to study the location of IRAS objects with respect to dense molecular cloud cores, in collaboration with Ed Bertschinger, now at UC Berkeley, and is now conducting an extension of this initial study to provide better statistical sampling. The present data suggest that IRAS point sources are seldom found precisely centered on dense molecular cloud cores, perhaps either due to proper motion or destruction of their environment. Radio molecular data are being taken to search for evidence for one or the other of these two options. Clark completed observations of OH emission and absorption from cavities of "bipolar flows" associated with embedded IRAS sources, in collaboration with B.E. Turner. Some sources exhibit only absorption, some only emission, and some both. The OH observations were designed to detect polarization predicted by a

reasonable excitation model utilizing the ionized wind itself, but none was detected, and no published excitation model seems to adequately explain the OH results. Several of these sources exhibit OH lines suggestive of higher opacity at higher velocity, which indicates that OH is produced within the high velocity flow itself, likely at the interface of the flow with the ambient molecular gas. A paper is in preparation. OH absorption and emission from some of these objects was studied with the VLA, in collaboration with A.H. Bridle and J.H. van Gorkom. Continuum emission from several new flow sources was detected.

### 3.4.2.2. Planetary Nebulae.

Russ Taylor and Stuart Pottasch have observed a number of compact planetary nebulae (radii less than a few tens of arc seconds) at wavelengths from 2 cm to 92 cm with the VLA and the WSRT. These sources generally have optically thick spectra at frequencies less than a few GHz, with spectral indices ranging from about +0.5 to +1.8. Moreover, this study has shown that the spectral indices exhibit an evolutionary trend in the sense that smaller nebulae have higher spectral index. This effect is accounted for via a wind-shell model for the nebulae, in which a stellar wind with gas density given by  $1/r^2$  is photoionized by the central star out to a limiting radius. The inner radius of the shell is determined by the time lapse since the end of the mass loss stage. Theoretical fits to observed spectra provide measurements of the inner and outer shell radius, the mass loss rate in the shell and the ionizing luminosity of the central star. This study provides strong evidence that planetary nebulae are in fact ionized shells of more extensive circumstellar envelopes produced via stellar wind mass loss during the precursor red giant stage. A paper has been submitted to *Astronomy and Astrophysics*.

In a related project, HI absorption spectra of a small sample of compact planetary nebulae are being obtained with the WSRT (by Taylor and Pottasch) to search for circumnebular, neutral material predicted by the model.

Zijlstra, Pottasch and Bignell (NRAO, VLA) have started a survey of planetary nebulae using the VLA. The intention of this project is to study the size, flux density, and structure of a large number of nebulae. The scientific objectives for such a survey are threefold: Firstly the luminosity function of the nebulae contains information about the mass of the progenitors and about the formation rate. Secondly from the distribution of the radio emission the density distribution in a nebula can be modelled. From this the ionized mass of the nebula and the mass loss rate from the centre during the formation of the nebula can be derived. The latter process is not yet physically understood. Thirdly the study of the morphology may contribute to the understanding of the ejection process. Especially in the larger nebulae

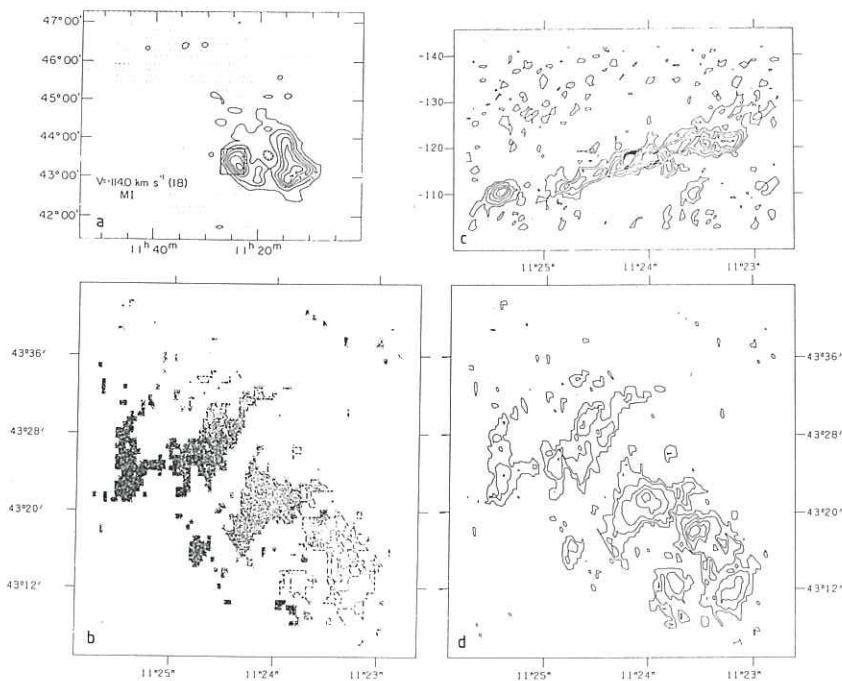


Fig. 3.4.8.

- (a) Cloud MI at 10' resolution observed in Green Bank by Giovanelli, Verschuur & Cram (1973).  
(b) Velocity structure in MI seen in Westerbork with 1'x1' resolution. The velocity is indicated by a gray scale.  
(c) Declination-integrated RA-velocity map showing the small line-widths.  
(d) WSRT total HI map of MI at resolution 1'x1'. Contours are in steps of  $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$  with outer contour  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ .

Verschillende aspecten van wolk MI: (a) kaart met 10' oplosend vermogen (Greenbank); (b) snelheidstructuur waargenomen uit de WSRT (oplosend vermogen 1'x1'); (c) verband tussen rechte klimming en radiele snelheid, na integratie over declinatie ; (d) verdeling van de totale hoeveelheid waterstof (WSRT).

a wide range of structures are being seen, e.g. bipolar structures. This survey will provide information on the galactic distribution of the various types of structures. The nebulae were selected on the basis of an optical size in excess of 4", and entries in the IRAS Point Source Catalog. Measurements have now been obtained for about 100 nebulae, using the VLA C-array.

The work on the H<sub>76α</sub> radio recombination line data of the planetary nebula NGC 7027 (Roelfsema) has resulted in a detailed velocity field. The patterns found in the velocity field combined with the double profiles at the centre of the source indicate that it is expanding at about 18 km/s, a value also found using optical methods. Note that this is probably the first time that expansion of a planetary nebula has been measured using radio observations.

The large effort of the past five years to obtain nebular distances was marked by the acceptance of two papers. The first (Gathier, Pottasch, Pel) discusses obtaining distances from measurements of the extinction as a function of the distance of stars close to the line of sight to the nebula. Similarly the determination of the distances from 21 cm WSRT absorption line measurements (Gathier, Pottasch, Goss) was also accepted for publication. One of the main conclusions of this work is that the intrinsic luminosity of many nebulae is considerably less than predicted theoretically.

#### 3.4.2.3. High-Velocity Clouds (HVCs).

Bart Wakker continued his investigation of the small-scale structure and physical processes in HVCs (ASTRON-project). He reduced the WSRT 21-cm observations done in 1984 and obtained additional observations.

The most interesting preliminary results were the very small linewidths found in most of the observed clouds. This is illustrated in Figure 3.4.8 for the case of HVC MI. The linewidths of about 3 km/s observed in this cloud imply a kinetic temperature below 250 K. From the peak brightness temperature a lower limit of 30 K was derived. This considerably narrows the range of possible temperatures in this cloud. Another interesting result was the structural difference found between HVC 114-10-465 and HVC 110-14-440. Both clouds have extreme velocities and are close together on the sky. Nevertheless HVC 114-10-465 is very condensed in velocity and in spatial structure, while HVC 110-14-440 is very loose in both respects. For both clouds additional observations were done in December 1985.

An investigation of the multi-resolution clean method showed that this method can be used to get rid of the 'negative bowl' that hampers most observations of HVCs as these objects have much extended structure. The method consists of smoothing the dirty map and subtracting this smoothed map from the original map. The smoothed and the difference map are then separately cleaned. In

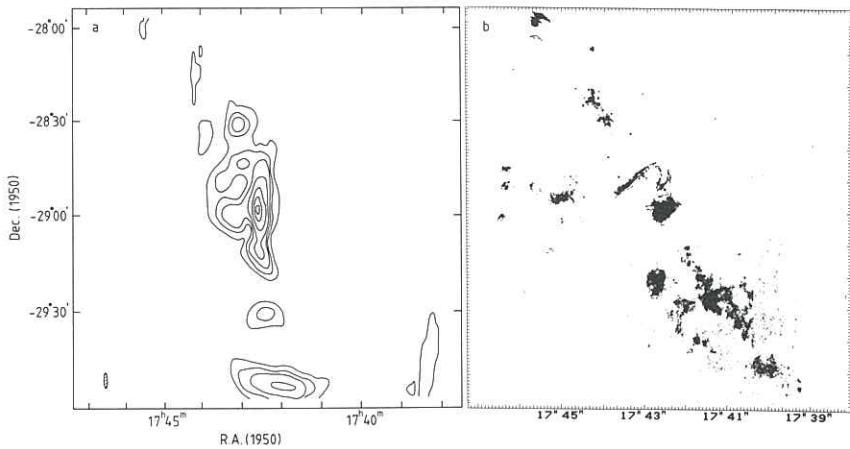


Fig. 3.4.9.

(a) Sgr A at 327 MHz, observed with the WSRT after cleaning. Since the synthesis is not complete (hour angle limited by negative declination) some of the N-S structures are less reliable. Comparison with the 20 cm VLA composite map by Liszt (b) shows very good agreement with the famous 'arc'. The shaded ellipse in (a) shows the beam.

(a) Continuümstraling op 327 MHz (92 cm) van SgrA waargenomen met de WSRT. Ter vergelijking (b) een 20 cm VLA kaart samengesteld door Liszt. De boog in het centrum komt in beide kaarten voor.

this way the bowl is easier to find and the full resolution is still available in the end. The cleaning of the smoothed map has to be done very carefully. One has to define the area where components are searched in a special way, because a 'normal clean' either obtains a wrong result or does not converge.

Two other aspects of HVCs were investigated at different wavelengths. Wakker made an attempt, with negative results, to find some of the HI high-velocity clouds in the 100  $\mu$ m IRAS data. Ulrich Schwarz and Hugo van Woerden continued their program to determine distances of HVCs through measurements of absorption in the Ca K- or Na<sup>+</sup> D-lines. They also made WSRT observations at high resolution in the direction of QSO 0837-120, where a very high ratio of CaK and H $\alpha$  21-cm line strengths had been found. They found no local concentrations of HI emission or absorption and concluded that the HVC in question must have a high Ca<sup>+</sup> content.

#### 3.4.2.4. The Galactic Centre.

Ulrich Schwarz and Bruce Balick (Seattle) investigated the large-scale structure of radio continuum emission in the region of Sgr A. They obtained a full synthesis observation (6 observations, 12 m baseline increment) of Sgr A with the WSRT at 327 MHz. For the data reduction they made use of the Dwingeloo redundancy and align software. Because of the unfavourable declination of -29° only 40% of the hour angle range can be covered. Natural weighting was used to produce the map, in order to be more sensitive to extended structures (see the section on data processing). Still the cleaning of the map is quite critical and the reliability of the clean map is difficult to assess (see Figure 3.4.9a). For comparison the VLA 20 cm map by Liszt (3.4.9b) is shown. One can see that many features agree very well, especially the NE part of the 'arc'; this gives some faith in the clean map. Comparison with an 80 MHz map made with the Culgoora radio heliograph by Slee et al. also shows an elongated source towards the SE.

Goss, Schwarz, Van Gorkom and Ekers (NRAO, VLA) have carried out a VLA H76 $\alpha$  recombination line survey of the complex of HII regions at  $l = -0.02$ ,  $b = -0.07$ . This complex of HII regions is 30 arc sec (1.5 pc at 10 kpc) outside the eastern boundary of the shell source Sgr A East. The continuum map at 14.7 GHz is shown in Figure 3.4.10 with a resolution of  $3.6 \times 3$  arc sec ( $\alpha \times \delta$ ). These HII regions with velocities in the range 43 to 52 km/s are probably regions of recent star formation associated with the well known 50 km/s molecular cloud.

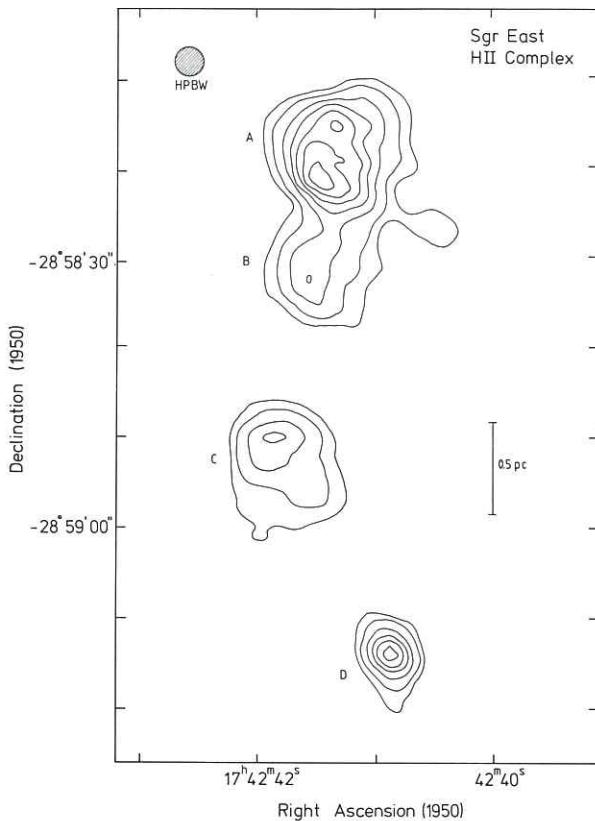


Fig. 3.4.10.

Continuum map of the HII cluster at  $\ell = -0^{\circ}.02$ ,  $b = -0^{\circ}.07$  at 14.7 GHz as observed with the VLA. The HPBW of  $3.6 \times 3.0$  arc sec $^2$  ( $\alpha \times \delta$ ) is indicated. The contours are 5, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 mJy beam $^{-1}$ . The components A, B, C and D are indicated, as is a linear scale of 0.5 pc (at an assumed distance of 10 kpc). The arrow gives the direction to the compact source in Sgr A West at a distance of 2.6. arc min.

Continuum straling in het complex van geioniseerde waterstof nabij SgrA (melkwegcentrum), waargenomen op 14.7 GHz (2 cm) met de VLA.

### 3.4.2.5. Radio Continuum Surveys.

#### a. Symbiotic stars.

During the past year Taylor (with E.R. Sequist, University of Toronto) has continued studies of the radio properties of symbiotic stars. The radio spectra have been shown to be well explained via a binary model in which the radio emission arises in a portion of the stellar wind of the primary (a red giant) ionized by a hot compact companion. A radio spectral index survey of all radio-detected symbiotic stars with the NRAO Very Large Array was carried out this year. These data will provide an overview of the range of spectral shapes exhibited by the class, which is in turn representative of the range of physical parameters involved in the binary interaction.

With S.J. Kenyon (Smithsonian Astrophysical Observatory), Taylor began a program to monitor time variations in a small sample of symbiotic systems simultaneously at radio, optical and ultra-violet wavelengths. The manner in which variations appear and propagate through the different wavelength regimes provides a great deal of information about the components of the system and how they are linked through the binary interaction.

The VLA observations of one target in the monitoring program, CH Cygni, have revealed a strong radio outburst coupled with the production of a radio jet propagating outward from the central star at a velocity of a few thousand km/s. Figure 3.4.11 shows two radio maps demonstrating the jet expansion between November 1984 and January 1985. Preliminary optical and uv data indicate that coincident with the jet production, the spectrum of the source has shifted blueward, similar to the behaviour seen during the decline of novae. In fact, the energy of the CH Cyg jet is on the scale of that observed in nova outbursts. The data to date are consistent with either a super-critical accretion event or a thermonuclear runaway on the surface of a white dwarf. Further observations, which will provide a more detailed picture of the circumstances leading to this remarkable event, are in progress.

#### b. Deep Galactic Field Survey.

During the past few years radio observations at high sensitivity and resolution by many observers have shown that a number of stars are detectable at flux densities of a few mJy or less. The stars detected have primarily been weak or distant members of classes of stars previously known to include strong radio emitters, e.g. Wolf-Rayet stars, dMe flare stars, symbiotic stars and T Tauri stars. However, some types of stars have been detected only at low flux densities. Newly detected classes include: Bp stars, O and B supergiants, chromospheres of red giants, non-thermal emission from Ursa Majoris stars and O stars, and cyclotron emission from one cataclysmic variable. The interpretation of the radio data has provided valuable insights into the nature of these stars and their environments.

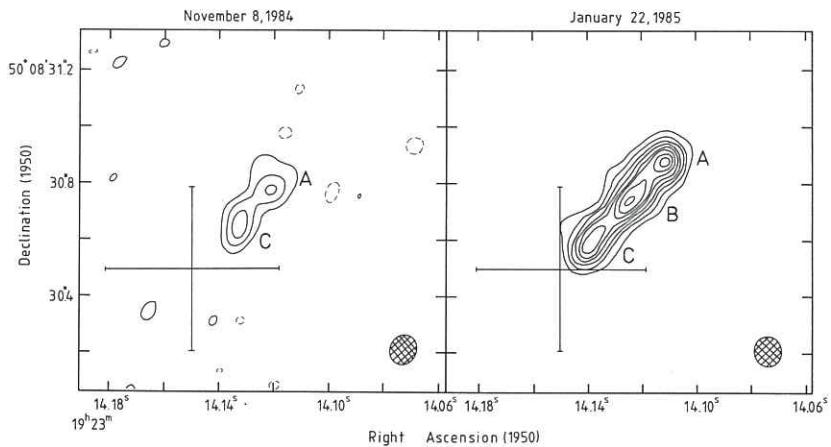


Fig. 3.4.11.

VLA radio maps at  $\lambda = 2$  cm of the CH Cygni radio jet on November 8, 1984 and January 22, 1985. The large cross marks the SAO position and  $1\sigma$  error bars for CH Cygni. Subsequent, accurate astrometry places the position of CH Cygni close to the position of component B on the January map.

Twee VLA waarnemingen op 2 cm golflengte van de variabele "radio jet" van cluster CH Cygni. De SAO catalogus positie van CH Cygni is aangegeven door het kruis. Uit nauwkeurige astrometrie blijkt de positie van de ster dichtbij component B te liggen.

How common is radio emission from stars, what types of stars exhibit this phenomenon, and what processes are involved? An observational attempt to answer these questions has recently become feasible due to the availability of radio interferometers combining a wide field of view with large collecting area, and new processing techniques that render high dynamic range maps from aperture synthesis data.

Taylor and Seaquist have carried out a highly sensitive survey at  $\lambda = 20$  cm of a 50'x50' field in the outer quadrant of the galactic plane with the NRAO Very Large Array. This survey was a pilot project designed to by-pass the bias discussed above by first locating all discrete radio sources down to very low flux density in a field containing many thousands of stars and then determining which are stellar. Ten stellar radio candidates were found based on position coincidence. Because of the search strategy, a good possibility exists that one, or more, of these objects represents a new class of radio star. Follow-up observations at radio and optical wavelengths are in progress.

Taylor and Goss this year initiated an extensive survey of a field in the inner quadrant of the galaxy using the WSRT. Because of the recently implemented WSRT self-calibration technique, confusion due to strong emission in the inner quadrant will not limit the sensitivity. Observations at two frequencies (1.4 and 5 GHz) will enhance the sensitivity to thermal and self-absorbed non-thermal sources which have rising spectra. The spectral index information will also allow a statistical discrimination between galactic and extragalactic sources, yielding a measure of the faint galactic source population.

c. Galactic Plane Survey at 6 cm.

This year Taylor completed the analysis of a radio survey of the galactic plane at  $\lambda = 6$  cm to search for sources that vary in intensity on time scales ranging from a few days to a few years. The data, which were obtained in 1980 and 1981 with the NRAO 91 meter transit telescope, consist of repeated observations of the ~400 square degree area in the region  $55^\circ < l < 220^\circ$ ,  $|b| < 2^\circ$ , with a sensitivity of ~10 mJy. The final result of this project, carried out in collaboration with P.C. Gregory (University of British Columbia), is a catalogue of 1274 discrete radio sources within the survey region that is complete down to 70 mJy, and the discovery of 31 new variable sources plus 28 sources classified as possibly variable. Short-term (daily) variability was detected for 17 of the variables and 19 possible variables. Together with N. Duric (University of British Columbia), Taylor and Gregory are carrying out follow-up observations with the Very Large Array to obtain high resolution maps of the short-term variables and accurate positions to aid in identifications.

In addition, with M. Fick (University of Washington), Taylor is carrying out a two-frequency VLA "snap-shot" survey of all sources with flux density greater than 140 mJy in the catalogue of

1274 discrete sources. Observations were completed in July of this year. The result of this program will be another catalogue, including accurate positions, structures, polarizations, radio spectra and optical identifications for the complete sample.

d. Galactic Plane Survey at 92 cm.

Goss and Taylor have begun a galactic plane survey at 327 MHz using the WSRT. In 1985, 11 fields at  $b = 0^\circ$  in the longitude range 44 to 66 degrees were observed. The diameter of each field is about 2.5 degrees. In 1986 the plan is to extend the coverage to about 90 degrees longitude. With a single 12 hour observation and using the redundancy package in Dwingeloo, an rms noise of 3-5 mJy/beam in Stokes I is achieved. This is 2 to 3 times the theoretical value. In Stokes Q, U, and V the theoretical noise of 1 to 1.5 mJy/beam is reached. The main goal of these observations is to provide a thorough survey of the galactic plane at 92 cm. As a by-product pulsars may be discovered in the polarization survey. Source variability is also being investigated using short-cut observations of the same fields at other epochs. A major problem in these observations is the presence of Cygnus A in the side-lobes of the single dishes. The grating rings due to Cygnus A can in fact be successfully removed by subtracting this source from the UV data prior to mapping.

3.4.3. Extragalactic Research.

3.4.3.1. Rotation and Mass Distribution of Disk Galaxies.

a. Spirals.

A substantial contribution to the research on the presence and amount of dark matter in spiral galaxies comes from HI line observations with the Westerbork radio telescope. Tjeerd van Albada, Begeman, Carignan and Sancisi have continued the analysis of rotation curves of nearby spirals. For several galaxies, highly accurate rotation curves have now been derived (e.g. Figure 3.4.12), and compared with predicted rotation curves based on measured light distributions and M/L ratios assumed to be constant throughout the bulge and the disk. The difference between observed and predicted curves provides information on the amount and distribution of nonluminous matter in the galaxy. The observed rotation curves are well reproduced in the inner regions, inside approximately 2.5 disk scale-lengths (Figure 3.4.13). The discrepancy in the outer regions can be accounted for by invoking dark matter; some galaxies require at least four times as much dark matter as luminous matter. Luminous and dark matter seem to "conspire" to produce flat rotation curves. These results are discussed in the paper on NGC 3198 by Van Albada et al. and in the

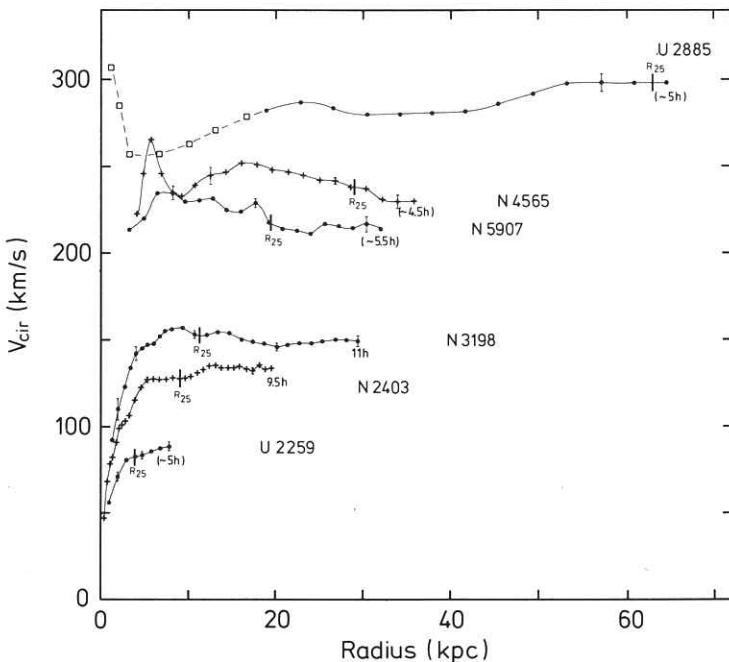


Fig. 3.4.12.

HI rotation curves for a number of spiral galaxies. Distances are based on  $H_0 = 75$  km/s/Mpc. The optical radius,  $R_{25}$ , and the number of disk scale-lengths,  $h$ , at the last measured point are indicated. For the inner region of UGC 2885 optical velocities have been used. All curves remain approximately flat beyond the turnover radius of the disk.

Rotatie krommen van een aantal spiraal stelsels. De straal van het optische beeld is aangeduid met  $R_{25}$ .

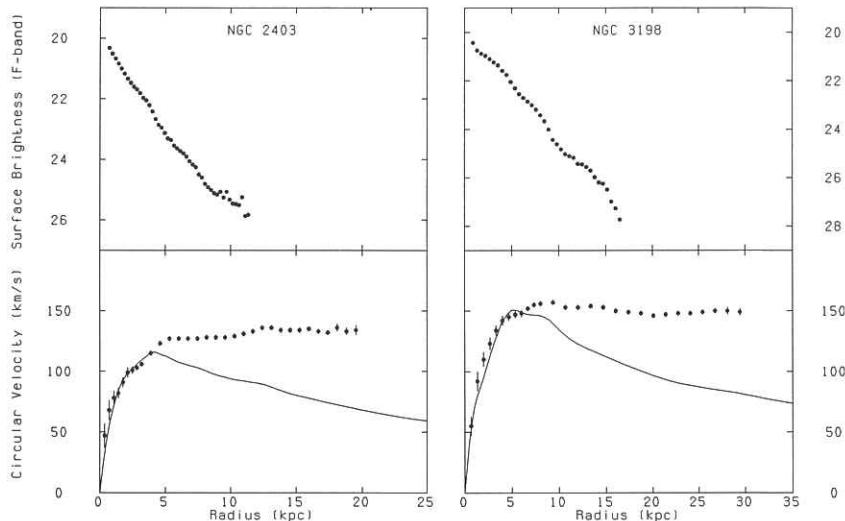


Fig. 3.4.13.

Light profiles and rotation curves for two galaxies (NGC 2403 and 3198) with extended, symmetrical HI disks. Upper panels: luminosity profiles from Wevers (Ph.D. Thesis, 1984). Lower panels: observed rotation curve (dots with error bars) and rotation curve calculated from the light profile and the distribution of HI including a correction for helium (solid lines). The contribution of the stars to the calculated rotation curve contains the mass-to-light ratio as an arbitrary scale factor. Maximization of the disk mass (stars only), while matching the observed rotation curve, gives  $M/L_B = 1.9$  for NGC 2403 and 4.0 for NGC 3198.

Verdeling van het licht en van de rotatie snelheid als functie van afstand tot het centrum van twee sterrenstelsels met uitgebreide symmetrische waterstof schijven.

review papers by Sancisi and Van Albada and by Van Albada and Sancisi (Proceedings of meeting on Material Contents of the Universe, Phil. Trans. Roy. Soc. of London, 1986).

Begeman finished his work (ASTRON-project) on the spiral galaxies NGC 2403, observed by Wevers with the WSRT, and NGC 6503, observed by Van Moorsel and Wells with the VLA. The quality of the data, and in particular the high angular resolution and sensitivity, made it possible to derive rotation curves for these two galaxies of the same quality as derived earlier for NGC 3198 (see Figure 3.4.12 and 3.4.13). A new method was used to derive the velocity field. Since the velocity profiles in NGC 2403 are very skew, a moment analysis or a gaussian fitting technique would give an underestimate of the true radial velocity. It was empirically found that the algorithm developed by Schwarz (Bull. Astr. Inst. Neth. 19, 405, 1968) to estimate gaussian parameters of profiles gives more satisfactory results than the traditional methods. Furthermore, this algorithm has the advantage that when profiles are symmetric, the estimates for the radial velocities are just as good as the results from fitting single gaussians to the profiles.

The rotation curves extend to about 20' from the centre for NGC 2403, and about 13' for NGC 6503, which corresponds to about 9 disk scale lengths for NGC 2403, and 13 for NGC 6503. These rotation curves show a similar behaviour to the NGC 3198 rotation curve, i.e. they are flat within  $\sim 5$  km/s, and the disks have exponential light profiles. This means that the rotation curves cannot be explained by a disk component with a constant mass/light ratio.

Van Albada has written a computer program to calculate channel maps, velocity field, LV profiles, etc. for a tilted-ring galaxy model, taking z-structure, random motions of gas clouds and beam smearing into account. The program has been used to derive rotation curves for the edge-on galaxies NGC 4565 and 5907 (Figure 3.4.12) through trial and error modelling of 21-cm line data (with Sancisi). In the outer regions it is possible to derive the circular velocity with a  $1\sigma$  uncertainty of about 2 km/s. In the future it will be used to derive the z-thickness of the HI-layer as a function of radius. Application of this program to the optical data for the Sombrero nebula shows that the apparent rise of M/L with radius in the inner region of this galaxy can probably be attributed to a problem with the rotation curve in this region caused by the nearly edge-on orientation of the disk.

Saglia (Pisa) and Sancisi have analyzed the Westerbork HI observations of the spiral galaxy NGC 5635, which was known from Arecibo data to have a very wide global HI profile (i.e. one of the largest rotation velocities ( $\sim 400$  km/s) found so far). The WSRT data confirm these results and reveal a large-scale asymmetry in the gas distribution and velocity field corresponding to the optical asymmetry. The gas is slightly more extended than the optical image. A large value of M/L ( $\sim 30$ ) has been derived.

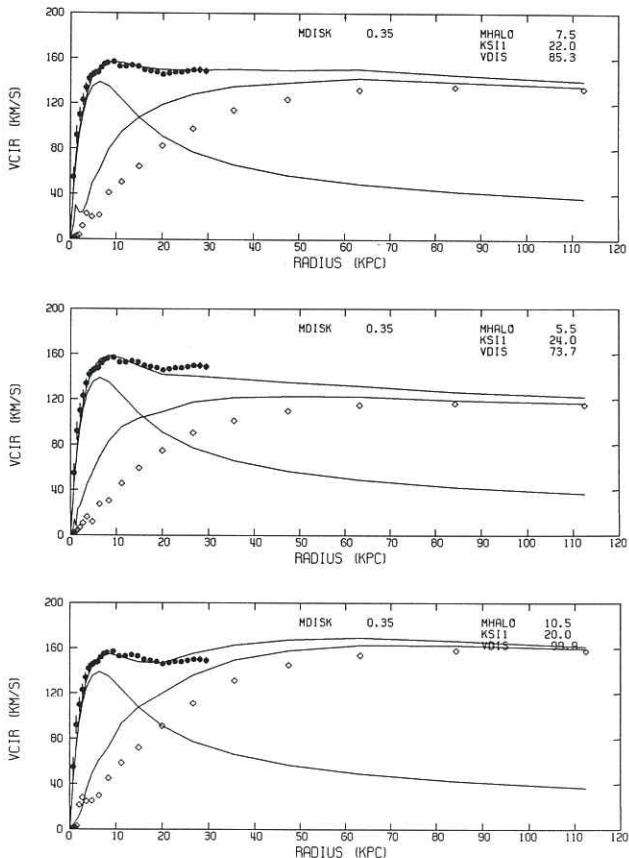


Fig. 3.4.14.

Mass models for NGC 3198 with self-consistent halo. Dots with error bars give the observed rotation curve and diamonds the rotation curve for the unperturbed halo. Solid lines give the rotation curve for disk, perturbed halo, and for these two combined. The three panels show the same disk model with a best fitting halo with core radius  $r = 27$  kpc and  $\sigma_v = 85$  km/s (panel A), and with halos with 10% smaller (panel B) and larger (panel C) core radius. Masses are expressed in  $10^{11} M_\odot$ .

Verschillende massa modellen voor het stelsel MGC3198. Punten geven de waargenomen totale snelheidn. De getrokken lijnen geven de rotatie krommen die het gevolg zijn van de massa verdeling in de schijf alleen (hetzelfde in alle drie modellen), van de niet zichtbare halo alleen en van beide samen. Het massa model van de halo is verschillend in de drie modellen.

Claude Carignan, in collaboration with Renzo Sancisi and Tjeerd van Albada, has completed the analysis of the WSRT HI data of the dwarf regular galaxy UGC 2259. Preliminary mass models suggest that the dark halo and the luminous disk contribute about equally to the circular velocity at the Holmberg radius. Surface photometry is now being performed from Palomar Schmidt plates and KPNO CCD frames. This will allow the construction of more accurate mass models.

More data on low mass galaxies have been obtained by Carignan. In collaboration with E. Davoust (Observatoire de Besançon) he has completed the surface photometry of UGC 4704 and UGC 7719, for which Westerbork data are already available. This will increase the number of low mass objects for which accurate mass models are available.

Van Albada, Sancisi and van Woerden are extending the work on rotation curves to a sample of about 20 disk galaxies, spanning wide ranges of luminosity and morphological type, in order to investigate the relationships of dark and luminous matter for a variety of galaxies. The program can only be carried out for galaxies in which the HI extends far beyond the optical disk. A search for such extended HI disks has been started at Westerbork by short (2 hour) observations of about 50 galaxies with large optical sizes and high ratios of total HI flux to optical area.

Van Albada has made self-consistent disk-halo models for the Sc galaxy NGC 3198 (Figure 3.4.14). The halo is modelled with 5000 particles with an isotropic velocity distribution, resembling a truncated isothermal sphere; the disk is modelled with a rigid exponential disk. Results for the maximum-disk case show that the halo properties can only be varied over a small range. In other words: the gravitational interaction of disk and halo does not alleviate the problem that halo properties appear to be finely tuned to those of the disk.

b. Dwarf Irregulars.

Claude Carignan has nearly completed the analysis of a 24 hour VLA observation of the dwarf galaxy GR 8. While the S/N is still fairly low, rotation is clearly visible and the rotation curve appears to be declining. Combining these data with KPNO CCD frames, accurate mass models will be constructed for this system, which is one of the faintest ever observed. Last November he obtained a VLA HI observation of the dwarf galaxy DDO 154. This is one of the most gas-rich systems known with an HI mass-to-light ratio of nearly 6. A preliminary analysis showed that HI can be detected to nearly  $5 D_{25}$  which will allow the derivation of one of the most extended rotation curves known so far. Surface photometry using plates and CCD frames will be obtained at the beginning of 1986 using the Mont Mégantic and KPNO facilities. This work is done in collaboration with K.C. Freeman of Mount Stromlo Observatory.

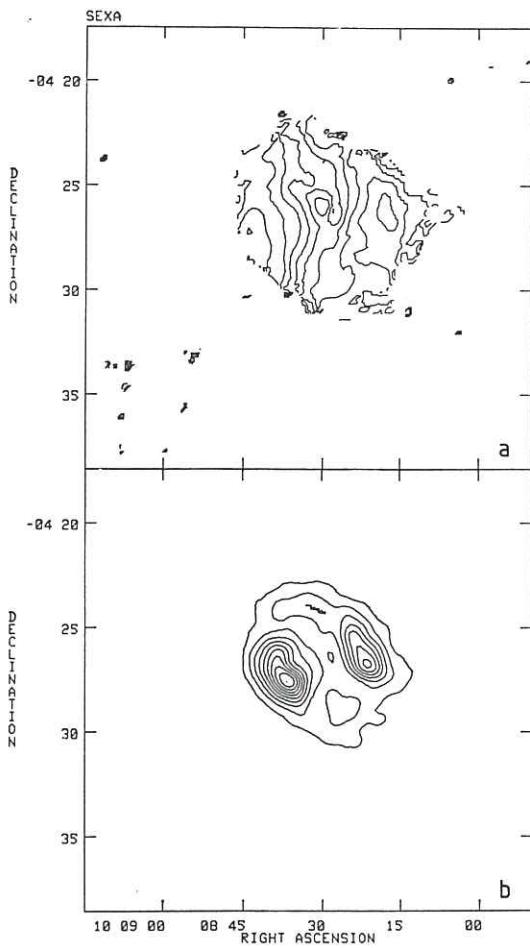


Fig. 3.4.15.

(a) Velocity field measured in the dwarf - irregular galaxy Sextans A = A1008-04 with the VLA, at 50 arc sec resolution. The "kinematic major axis" ( $PA \sim 90^\circ$ ) deviates from that of the distributions of HI (Fig. 15b) and of light, both in  $PA \sim 50^\circ$ . Note also the irregularities near the galaxy's centre. (Skillman, Terlevich and Van Woerden, in preparation).

(b) Distribution of HI in Sextans A, measured with the VLA

Het onregelmatige stelsel Sextans A: (a) verdeling van de radiele snelheid van de neutrale waterstof en (b) verdeling van de totale hoeveelheid waterstof.

Evan Skillman (Netherlands Foundation for Radio Astronomy, Dwingeloo/Westerbork) and van Woerden have continued their study of dwarf-irregular galaxies in the Local Group, based on HI synthesis observations obtained with the WSRT and the VLA. The aim of the study is twofold.

1) The small-scale distribution and motions of HI, obtained with a linear resolution of order 100 pc, may be compared to the distributions of young stars and HII regions, allowing an analysis of the conditions for star formation in these galaxies and of the effects of associations of early-type stars and ionized gas on the surrounding neutral medium. From an analysis of four Local-Group dwarfs, Skillman finds a critical surface density  $\sigma_{\text{HI}} = 1 \times 10^{21} \text{ atoms cm}^{-2}$  as a condition for star formation; this value represents an average over a region of 500 pc size.

2) The large-scale motions may be used to determine the rotation curve, to map the (local) velocity dispersions, and hence to derive the mass distribution in these low-luminosity systems ( $-15 \leq M_B \leq -9$ ). Comparison with the distributions of light and of HI gas should then show whether the mass distribution contains a non-radiating, "dark halo" component. The analysis requires an adequate degree of symmetry of motions, a condition which may rarely be met in irregulars with rotation speeds of only 10-20 km/s.

As an example, Figure 3.4.15a shows the velocity field measured by Skillman, Terlevich (Royal Greenwich Observatory) and Van Woerden in Sextans A = A1008-04. There is a clear gradient in position angle  $90^\circ$ , while the major axes of the distributions of HI (Figure 3.4.15b) and of light both lie close to position angle  $50^\circ$ . Also, the velocity field shows a turnover on one side only, and irregularities in a region close to the centre. Hence, no proper rotation curve can be derived, and only rough estimates of the mass can be given. On the other hand, the HI distribution (Figure 3.4.15b) corresponds in detail to that of young stars.

c. Binary galaxies and groups.

Tom Oosterloo and René Laureijs have used HI observations (from Westerbork and Arecibo) of a number of binary spiral galaxies (~ 25 systems) to derive parameters of the total mass and mass distribution in galaxy pairs. The analysis has been done in a similar way to that of Van Moorsel (Ph.D. Thesis, 1982). Van Moorsel's pairs were also included. They confirmed Van Moorsel's main result: a considerable fraction of the total mass of the galaxies must lie outside the optical radius. Using Monte-Carlo simulations with the Soneira-Peebles 'ball and stick' algorithm (Astron. J., 83, 1978) for galaxy clustering, the question of the selection procedure for pairs has been investigated.

Oosterloo has completed his WSRT 21-cm line survey of spiral galaxies in pairs and groups (ASTRON project). The data were used to determine the sense of rotation of the galaxies. From this and the available optical information, it has been possible to determine the spatial orientation of the spin vectors for the

component galaxies. A study of the correlations between the orientations of component galaxies can give clues about the origin of angular momentum of galaxies and, indirectly, about galaxy formation.

The properties of the compact group of galaxies near II ZW 73 have been investigated by Massimo Stiavelli (Pisa) and Sancisi on the basis of 21-cm line observations with the WSRT. The global parameters for six individual members of the group have been derived. These galaxies are either late type spirals, irregulars or show peculiar morphologies. The group has a small projected size (~ 400 kpc) and a very small velocity dispersion (the velocity difference among members is less than 150 km/s). It seems to be the prototype of a family of compact groups with low dark matter content.

d. Kinematics of galactic disks.

The work on the kinematics of galactic disks consists of two parts: a study of the HI layer thickness is being carried out by Roelof Bottema and Piet van der Kruit on observations of the edge-on galaxies NGC 5023, 4217 and 4013. If the radial mass distribution in the disks is exponential, one expects for a constant velocity dispersion of the HI gas (~ 8 km/s) a thickening of the hydrogen layer at large radii. If this thickening is observed, accurate determinations of the mass/light ratio can be made.

The aim of the spectroscopic observations is to determine accurate velocity dispersions of the stars as a function of radius in late-type spiral galaxies. Two independent methods are used to determine the dispersion: direct measurement and asymmetrical drift. For face-on galaxies the dispersion can of course only be determined directly.

The analysis of the thickness of the hydrogen layer of the dwarf spiral galaxy NGC 5023 has been completed. Contrary to what was found for NGC 891 (Van der Kruit, Astron. Astrophys. 99, 298, 1981), this galaxy shows no thickening with radius. Model calculations were carried out to determine the cause of this. It turns out that in order to explain the constant thickness, the velocity dispersion of the HI gas has to decrease by a factor of 3 to 4 going from a radius of 2 kpc outwards to the optical edge (7.8 kpc), unlike in large late-type spirals. Alternatively the mass to light ratio should increase by at least an order of magnitude. Only part of these variations can be explained by absorption internal to NGC 5023. The maximum rotation velocity of NGC 5023 determined from HI observations is 86 km/s and the total HI mass is  $6.4 \times 10^8 M_{\odot}$ . Analysis of the data on NGC 4217 shows a clear increase of the HI-layer thickness with radius, consistent with a constant M/L of the old disk population. The value is about  $4.5 M_{\odot}/L_B$ .

e. Large scale deviations from Newtonian Gravity.

Bob Sanders has modelled the extended rotation curves of a number of spiral galaxies in the context of the revision of Newtonian gravity suggested in previous work (Astron. Astrophys. 136, L21, 1984). The fits are generally good with the possible exception of small galaxies such as UGC 2259. The problem of mass discrepancies in small galaxies remains central to an observationally acceptable theory of modified gravity.

3.4.3.2. Outer Regions of Spiral Galaxies.

The radial and vertical distributions of the gas in the outer parts of spiral galaxies have been investigated with follow-up HI observations of a few spirals at Westerbork.

Sancisi has obtained new, higher resolution (15" x 20") and better sensitivity observations of the edge-on galaxy NGC 5907. The HI layer is more extended (15' = 45 kpc ~ 3 optical radii) on the south-east than on the north-west side. At these large distances the HI appears to turn back down close to the principal plane, after reaching a maximum z-deviation of 4' = 12 kpc, and its radial velocities re-approach the systemic velocity. The general picture, with asymmetry and declining velocity, becomes similar to that found in NGC 891.

Ken Mighell and Sancisi have analyzed WSRT HI observations of the galaxy Mkn 348, which was known from previous Arecibo and Westerbork data to have a large HI envelope extending out to ~ 100 kpc in radius. The new observations of improved (factor 3) sensitivity and resolution confirm the previous results and show in addition clumps of HI (arm-like structure) on the east side of Mkn 348 out to ~ 2 times the extent of the previously detected HI (Figure 3.4.16, projected distance from centre ~ 200 kpc). The possibilities of a tidal origin for this gas and of a connection with the distant companion galaxy NGC 266 are considered. Also the structure and kinematics of the HI in the inner region have been studied.

3.4.3.3. Early Type Galaxies.

Wim van Driel has continued the analysis of the Westerbork and VLA 21-cm HI observations of a sample of 11 SO, 6 SO/a, 3 Sa galaxies, 3 spirals with optical outer rings, and 2 SO-spiral interacting pairs. A summary of rotation speeds, masses and M/L ratios derived from these HI observations was presented by Van Driel and Van Woerden at Princeton IAU Symposium 117 on Dark Matter in the Universe. Flat rotation curves are found in NGC 3900 and 4203, a rising curve in NGC 3941, and a falling curve in NGC 5101. The rotation speeds measured in 13 galaxies show only a marginal relationship with hydrogen extent  $R_{HI}$ . The trend of the

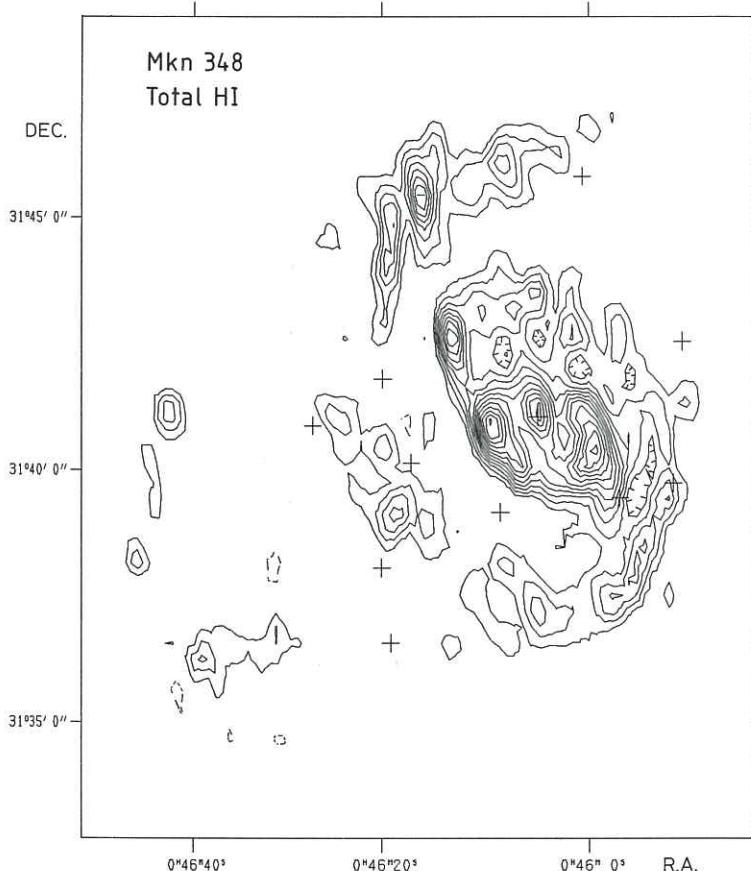


Fig. 3.4.16.

Map of HI column density for Mkn 348, obtained with the WSRT. The overall HI size is  $\sim 200$  kpc (distance 63 Mpc). The HI extent to the east is  $\sim$  twice as large as found in the previous, less sensitive WSRT observations by Heckman et al. (1982). The  $\sigma$  value of the lowest contour and the contour step  $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$  ( $\sim 2\sigma$ ). The beam FWHM is  $25.1'' \times 47.7$ . The crosses mark the positions of the field stars and of the centre of Mkn 348. Coordinates are for 1950.0.

WSRT kaart van de verdeling van waterstof in het stelsel Mkn 348. Door de veel betere gevoeligheid van deze waarneming wordt nu waterstof gevonden in een twee maal zo groot gebied als in een eerdere waarneming in 1982.

total-mass/blue-luminosity ratio  $M_{\text{HI}}/L_{\text{B}_0}$  with HI extent is even less significant. A more significant relation appears between  $M_{\text{HI}}/L_{\text{B}_0}$  and the ratio  $R_{\text{HI}}/R_{\text{opt}}$  (with  $R_{\text{opt}}$  = optical radius) in 11 galaxies.

For several galaxies in the sample, van Driel, van Woerden, Ed Valentijn and Rudolf Le Poole (Leiden) obtained slit spectra with the 2.5-m Isaac Newton Telescope of the Roque de los Muchachos Observatory, La Palma. The major purpose of these observations was to test the hypothesis that (some) gas-rich SO's might have acquired their gas through accretion, in which case the sense of rotation of stars and gas might be different. However, no cases of opposite rotation were found. The further analysis, to obtain rotation curves and central stellar velocity dispersions, is in progress.

Van Driel, Paul Feldbrugge and Dolf Sijbring have worked on the reduction of photographic surface photometry of 6 SO galaxies in the HI sample. For these objects the photometric parameters of disk and bulge components are determined and a comparison of the radial distributions of the surface density of light and HI gas is made. These parameters, in combination with kinematic data, will be used to fit disk/bulge/halo mass models.

#### 3.4.3.4. Radio Continuum Studies of edge-on Spirals.

Adrick Broeils and Sancisi completed the study of the edge-on spiral galaxy NGC 4565 with a published research note. The WSRT radio continuum observations at 1414 MHz show the presence of a disk with a possible two-component structure: a bright thin component confined to the plane of the galaxy and a thick one tailing off at large z-distances. The full width at half power of the broad component is  $56'' = 2.5$  kpc (corrected for beam and inclination) and its flux is 88 mJy, 62% of the total flux density of NGC 4565. Also a strict lower limit for the inclination angle ( $i > 85.5^\circ$ ) was derived.

Ko Hummel (MPI, Bonn), Thijs van der Hulst (NFRA, Westerbork) and Sancisi have started an investigation of the radio continuum emission at 610 MHz from the edge-on spiral galaxies NGC 4565 and 5907. They have obtained observations with the 3 km Westerbork array. From a first analysis it appears that the emission is concentrated in a thick disk.

#### 3.4.3.5. Star Formation in Spiral Galaxies.

Remo Tilanus, Ron Allen and Paul Atherton continued work on the relative density distribution and kinematics of the neutral and ionized gas in nearby grand-design spirals. The H $\beta$  emission and the 21 cm HI of the bright southern spiral M83 were observed in 1984. A clear separation between the position of the spiral

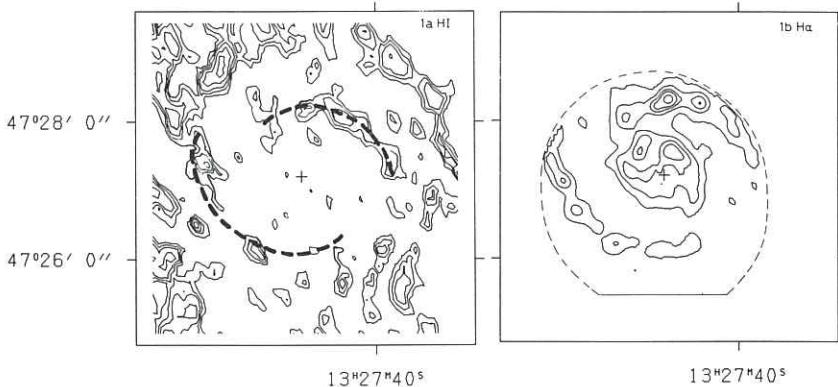


Fig. 3.4.17.

Inner region M51.

(a) Total HI. The resolution is  $12.5 \times 18.3$  arc secs. The noise is 6 mJy/beam, the contourlevels are 6, 12, 18, 27, 40 mJy/beam. The continuum peak in indicated by a '+'; the thick broken lines show the location of the spiral arms in H $\alpha$  (b).  
(b) Total H $\alpha$ . The data are smoothed to a resolution of  $12 \times 12$  arc secs. Contour levels are 4, 21, 37, 53, 82 percent of peak intensity. The continuum peak is again indicated by a '+'.

Het binnengebied van M51: (a) Neutrale waterstof verdeling en (b) geioniseerde waterstof. De spiraal armen waargenomen in (b) zijn met stippellijnen in (a) weergegeven.

shock and the arm consisting of neutral and ionized gas could be seen in this galaxy, suggesting that the gas is molecular downstream of the shock until the first stars form which dissociate and ionize the gas. In April the H $\alpha$  emission of M51 was observed with TAURUS on the Isaac Newton Telescope at La Palma. These data, together with a high resolution WSRT HI observation, are currently being analysed. A preliminary representation of the HI and H $\alpha$  emission of the inner part of M51 is shown in Figure 3.4.17. The H $\alpha$  data have been smoothed to a resolution of 12 arc sec similar to that of the HI observation (12.5 x 18.5 arc sec).

#### 3.4.3.6. High Velocity Gas in nearby Spirals.

Broeils, Sancisi, Tielens and Wakker made a search for high velocity HI gas in nearby spiral galaxies. Distances and masses of (galactic) high velocity clouds are still unknown and detections of similar objects in nearby, face-on galaxies could help to understand the nature and origin of high velocity clouds. For both M51 and M83 good quality, high resolution WSRT or VLA HI observations were available (3.4.3.5) and so they were good candidates to start the search. For both galaxies there were no obvious detections (apart from the well known high velocity arm extending to the north of M51). Upper limits ( $5\sigma$ ) for the masses/beam of such complexes could be calculated:

- for a resolution of 25 arc sec the  $5\sigma$  level is 4.5-7.2 K, the size of a beam 1.3 kpc (= 30 arc sec) and the resulting upper limit of the mass/beam  $2.3-4.2 \times 10^6 M_{\odot}/\text{beam}$ .
- at a resolution of 60 arc sec these values are  $0.9-2.3 K$ , 2.7 kpc (= 60 arc sec) and  $1.8-5.3 \times 10^6 M_{\odot}/\text{beam}$ .

The assumed distance for M51 is 9.5 Mpc and for M83 8.9 Mpc.

Similar upper limits were set by Broeils for the face-on spiral NGC 628. He re-analyzed the 21-cm WSRT observations of Shostak and Van der Kruit (Astron. and Astrophys. 132, 20, 1984). At an angular resolution of  $90'' \times 90''$  these observations confirm the presence in the outer parts of NGC 628 of gas at high velocities (-100 km/s) with respect to the systemic velocity found by Briggs (Astrophys. J. 259, 544, 1982) with the Arecibo telescope.

#### 3.4.3.7. Radio Recombination Line from M82.

Peter Roelfsema and Miller Goss used the Westerbork radio telescope to observe the edge-on irregular galaxy M82 in the H166 $\alpha$  recombination line at 21 cm. Thus this galaxy was for the first time mapped at such a low frequency in a recombination line. Most of the line emitting ionized gas seems to participate in the general rotation of M82 as seen in e.g. CO observations (see also Figure 3.4.18). From the differences in intensity and FWHM of radio recombination lines at different frequencies it is inferred

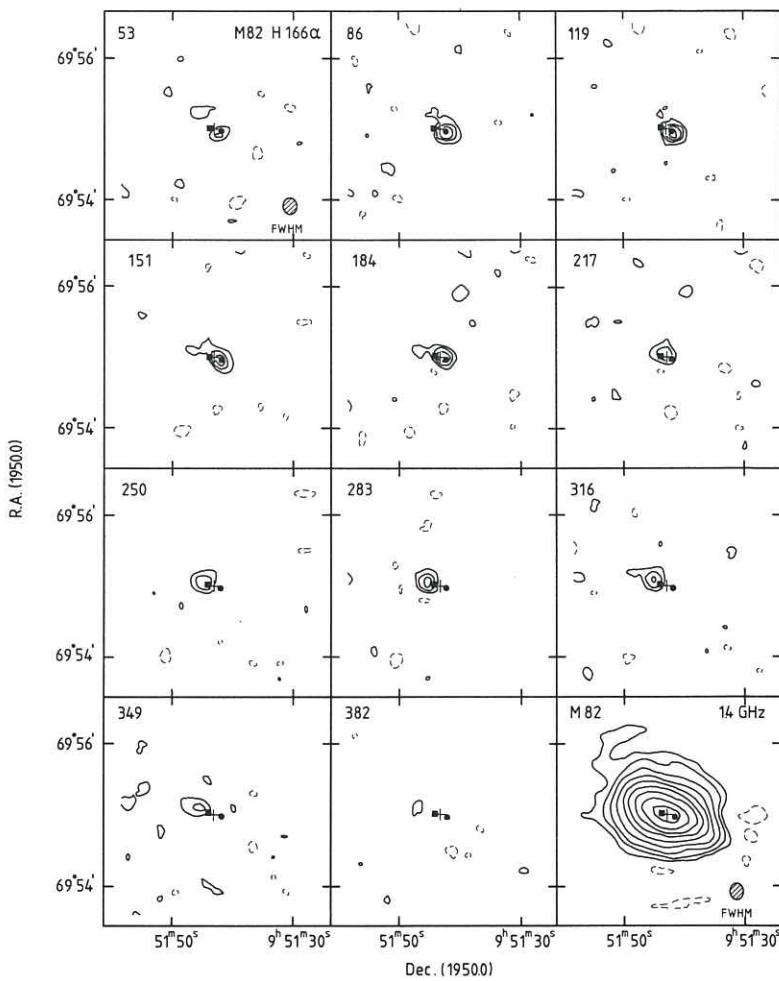


Fig. 3.4.18.

Mosaic of WSRT channel maps showing H<sub>166</sub>α emission together with the 1.4 GHz continuum map of M82. The structure of the line emission is reminiscent of that seen in HI observations of normal galaxies, usually indicating rotation. In this case it may be due to the superposition of different components of the ionised hydrogen.

Waarnemingen van de H<sub>166</sub>α emissie lijn van waterstof bij verschillende radiele snelheden. Rechts onder een kaart van de continuum straling op 1.4 GHz.

that strong stimulated emission occurs in the H<sub>166</sub>α line. Most likely the major part of this stimulated emission originates in the gas in front of the compact VLBI source 41.9+58. At present this is being investigated in more detail.

#### 3.4.3.8. Clusters.

##### a. Virgo.

Rein Warmels completed his study of spiral galaxies in the Virgo cluster. The results of the WSRT HI survey have been described in detail in the proceedings of the ESO workshop on the Virgo Cluster. The results of single-dish observations in the past five years had already shown that only the spiral galaxies located in the centre of the cluster have been affected in their HI properties by the external environment. The high-resolution observations with the WSRT have shown, by comparison with a selected sample of spiral galaxies in a low galaxy-density environment (field sample), that only the outer regions of these HI-deficient Virgo Cluster galaxies have been stripped of their HI gas; the HI in the central regions of the galaxies seems more or less unaffected (Figure 3.4.19). Ram-pressure stripping by the hot intra-cluster gas seems mainly responsible for the observed HI distributions. A series of papers has been prepared, based on the WSRT HI observations and on the comparison of the HI properties of Virgo Cluster spirals with the HI properties of the sample of field galaxies.

##### b. Other clusters.

A number of clusters of galaxies has been observed with the Westerbork radio telescope at 21 cm to study the HI properties of the spiral members: A2151 (Her) and 2147 by van Woerden and Warmels, A262, 2197 and 2199 by Sancisi.

Together with Walter Jaffe (Baltimore) and Beppo Gavazzi (Milano), Valentijn completed the Westerbork radio continuum survey of the Coma/A1367 supercluster. 99 galaxies were surveyed yielding the detection of 21 objects, one of them being the wide angle tail radio galaxy NGC 4061.

#### 3.4.3.9. Radio Galaxies.

##### a. PKS 1401-33.

Goss, W.B. McAdam (University of Sydney), K.J. Wellington (CSIRO, Sydney) and R.D. Ekers (NRAO/VLA) completed a study of the unusual low surface brightness radio galaxy PKS 1401-33. The observations were made with the Very Large Array (VLA) at 1490 MHz and the Molonglo Observatory Synthesis Telescope (MOST) at 843 MHz. The VLA map is shown in Figure 3.4.20. The angular resolution is 43 x 78 arc sec. The bright source in the centre of the map is

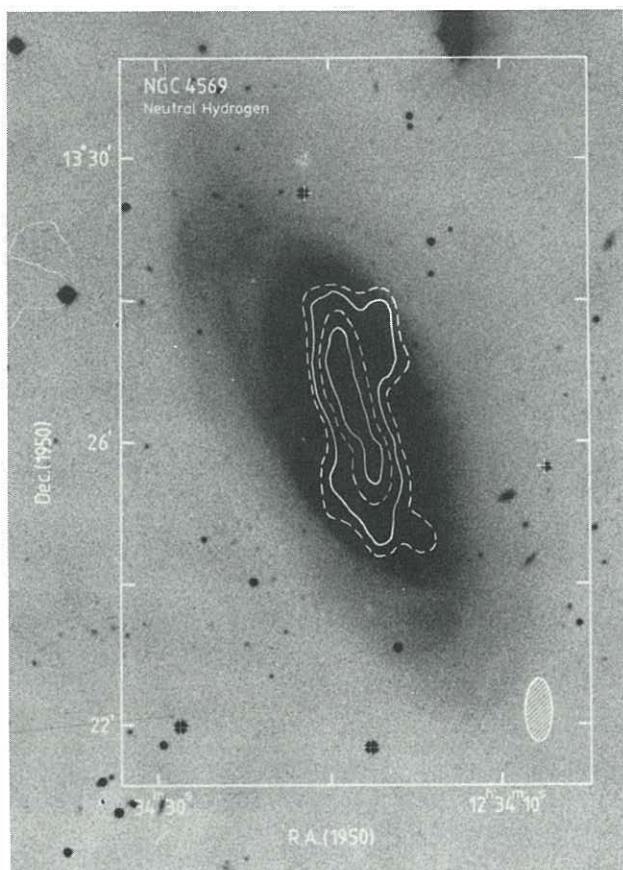


Fig. 3.4.19.

One of the most HI-deficient galaxies in the Virgo Cluster is the Sab-type galaxy NGC 4569. It is located about 1.7 degrees north-east of M87, the dominant elliptical galaxy near the centre of the Virgo Cluster. The figure shows the HI-distribution superposed on the optical picture of the galaxy. The contours are: 1.0, 2.1, 4.2, 6.2. and 8.3 times  $10^{20}$  atoms  $\text{cm}^{-2}$ . Clearly, the extent of HI distribution is unusually small, as compared to the optical.

Het stelsel NGC4569 in de Virgo cluster bevat een voor zijn type uitzonderlijk kleine hoeveelheid waterstof (weergegeven door de contouren).

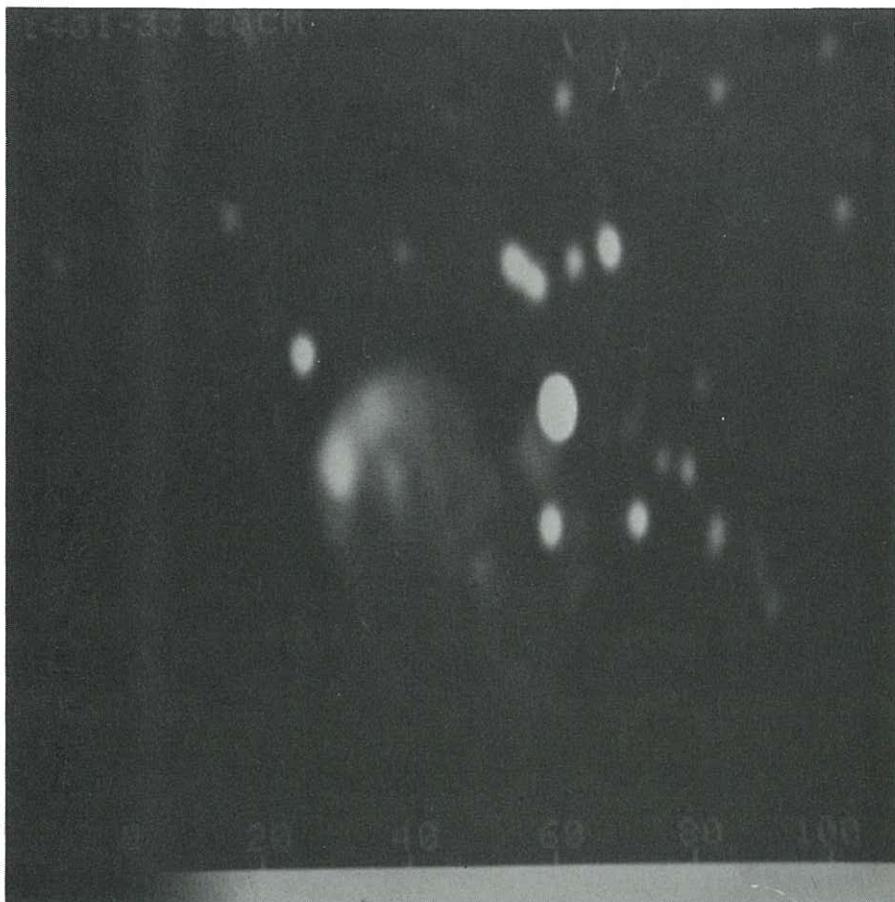


Fig. 3.4.20.

A radiograph of PKS 1401-33. The bright source in the centre is the  $11^m.6E$  galaxy NGC 5419 at a velocity of  $4080 \text{ km s}^{-1}$ . The extended emission to the east is PKS 1401-33. This map was obtained with the VLA (C-D array) at 20 cm. The angular resolution is  $43'' \times 78''$ .

Een 20 cm VLA "radio-foto" van PKS 1401-33 (uitgebreide straling). De helderste bron in het centrum is NGC5419 met een radiele snelheid van  $4080 \text{ km/sec}$ .

the 11.6 mag E galaxy NGC 5419 with a redshift of 4080 km/s. The unusual radio source is the head-tail structure to the east with an angular size of 20 x 9 arc min or a linear size of 240 x 110 kpc ( $H = 100$  km/s/Mpc) if the source is at the same distance as NGC 5419 (41 Mpc). The spectral index of the extended emission is quite steep and ranges from 1.2 to 2.4. There is no clear optical identification of this source and thus a classification as a normal head-tail radio source is difficult. The most likely interpretation is an old radio galaxy of the head-tail type that has moved away from the parent galaxy and which is associated with the poor cluster near NGC 5419.

b. PKS 0521-36.

The BL Lac object 0521-36 has been mapped at the VLA by Goss, I.J. Danziger and R.A.E. Fosbury (ESO, Munich) and Ekers at three wavelengths: 2, 6 and 20 cm with a resolution of about 4 arc sec. The VLA was used in scaled arrays at the three wavelengths. The purpose is a determination of the spectral index, Faraday rotation and magnetic field orientation. The 6 cm map is shown in Figure 3.4.21; the total intensity map in the top panel and the polarized flux density in the bottom panel. The radio structure consists of a compact core (cross, also the optical object), a resolved lobe to the SE and a low brightness "halo" to the West. This halo has a spectral index of 0.8. In this halo radio structure is observed which can be associated with an optical jet. The magnetic field is parallel to the jet near the core and perpendicular at greater distances.

c. The Alignment of radio sources.

Sanders has continued the analysis of radio continuum observations to study the alignment of radio sources.

Small sources in the VLA survey of sources selected from the third Bologna catalogue have a strong tendency to be oriented parallel if they are separated by less than one degree. The high significance of this effect (5 sigma) is due to several groups of three or more closely parallel sources. One remarkable group of 5 sources, parallel to within 10 degrees and lying within one degree of each other, has been identified. A VLA proposal currently pending aims to map all B3 sources within a 3 degree radius of this region of aligned sources.

3.4.4. Data Processing.

In 1985 a large number of new programs was added to GIPSY. Broadly speaking they can be divided into three classes: programs for advanced data analysis, interpretation programs to allow reduction of non-WSRT data and general image processing programs.

Programs from the first class try to incorporate new insights in the methods of data analysis and interpretation. Examples of

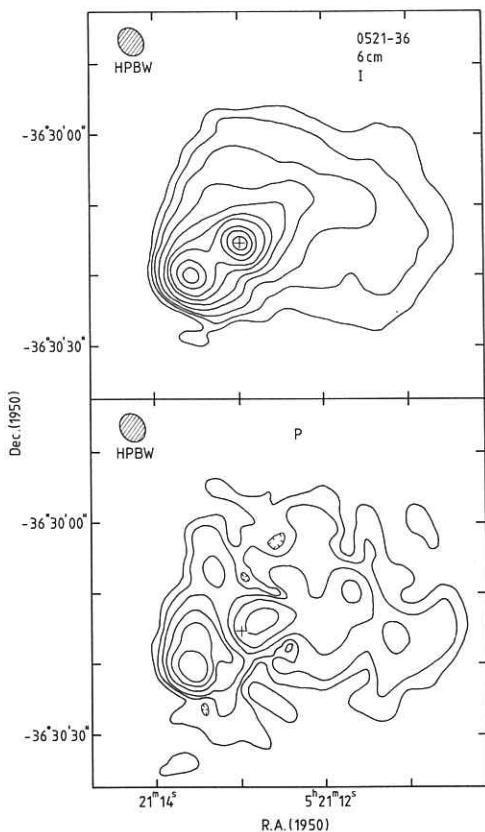


Fig. 3.4.21.

6 cm map of the BL Lac object 0521-36 from the VLA. The beamwidth is  $4'' \times 3''.6$  ( $\text{PA} = 48^\circ$ ). The top panel is total intensity and the bottom panel is the polarized flux density. The radio core source is marked by a cross.

VLA radiokaart op 6 cm van 0521-36, een object van het type BL Lac. Het bovenste plaatje geeft de verdeling van de totale straling, het onderste die van de gepolariseerde straling.

these are programs to derive more accurate velocity fields, rotation curves and mass models from HI observations (Kor Begeman), programs to handle spectra and general 1-dimensional data (Miller Goss, Arnaud Leene, Peter Roelfsema) and programs for two-dimensional Gaussian fitting to images (Remo Tilanus).

Programs from the second class have now made GIPSY a very good tool for reducing e.g. IRAS, VLA and optical data. IRAS specific tasks are, for instance, those to do background subtraction, to derive proper fluxes from IRAS maps and to determine dust temperatures (Leene). Other examples are a task to create a GIPSY header for VLA data (Goss) and an ellipse fitting task (Peter Teuben, Begeman) often used for optical data. Part of this effort to extend the capabilities of GIPSY has been put into changing the lower level software (e.g. coordinate transformations: Leene) and header definition (Paul van der Werf, Tilanus).

Examples of the programs for general image processing are histogram generation (Theo Jurriens), map correlation (René Laureys), extension of display facilities (Wim van Oosterom), colour contouring (Wim Zwitser) etc.

The largest part of this GIPSY development at the level of application software, and partly also at the subroutine level, has been done by graduate and Ph.D. students.

The programming group has partly taken care of the maintenance of existing software and has started the necessary system changes in view of the replacement of the PDP-11/70 by a VAX 8600 which will take place in the spring of 1986. A start has been made to migrate the existing GIPSY software to the new VAX 8600. Until the 8600 is available, this work is done on the VAX-11/750 of the Computer Centre. The programming group is also investigating how the requirements for optical image processing can be met. If possible, the necessary software will be integrated into GIPSY. The design of a new data structure for image processing has been started. The most important goal is that it will be a completely general multi-dimensional structure which should be suitable for images from any possible instrument. The conversion of the MAKEMAP format tapes to the more compact FITS format is nearly completed; old tapes which cause read problems are now being handled.

### 3.4.5. Instrumentation (SCASIS).

Assendorp, Bregman (NFRA, Dwingeloo), Greenaway (Malvern and RGO), Noordam (NFRA) and Schwarz are currently working on an interface spectrograph for large ground based telescopes: SCASIS (seeing cell aperture synthesis interference spectrograph). During a speckle-time (20 ms) the interference pattern of sub-apertures of twice the speckle size (typically 20 cm) is recorded. The interface pattern is formed in the pupil plane, using a segmented flat mirror, cylindrical lens and cylindrical field-lenses. The

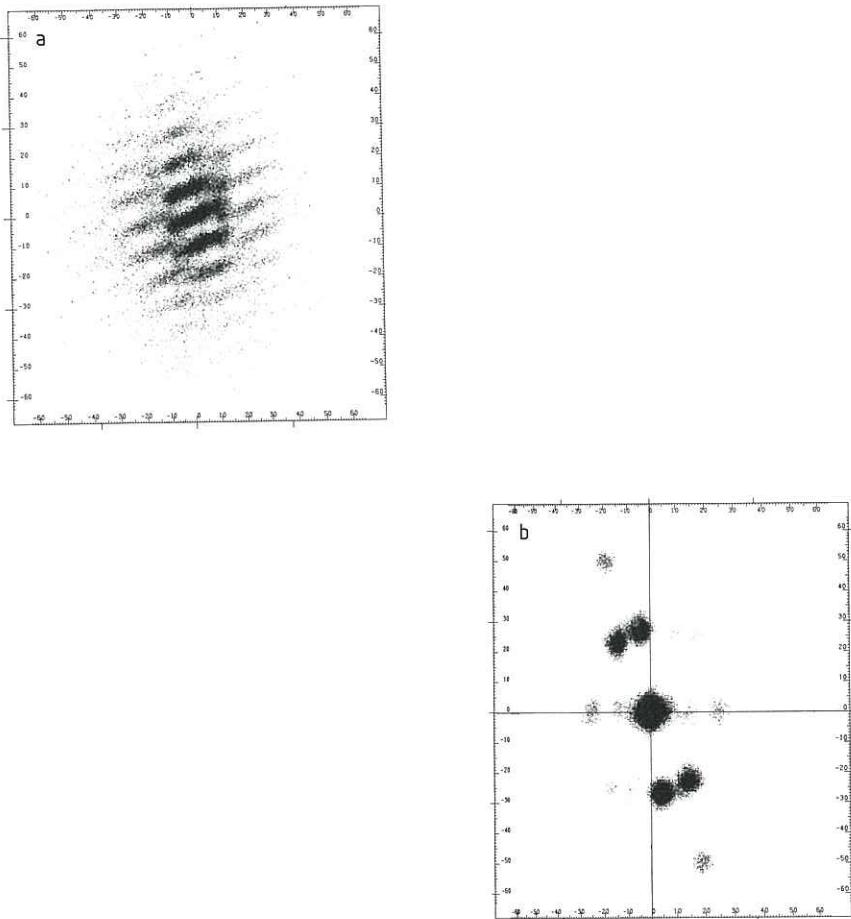


Fig. 3.4.22.

The test fringe pattern (a) and its Fourier transform (b) (amplitude) of a 3 mirror optical interferometer are shown. With SCASIS it is hoped to realize optical synthesis, in order to reach the diffraction limit of telescopes. Figure b shows clearly three peaks (and their mirror images) corresponding to 3 fringe periods. The peak at the centre represents the total flux.

Optische apertuur synthese (SCASIS): (a) kunstmatig interferentie patroon en (b) de Fourier transformatie ervan.

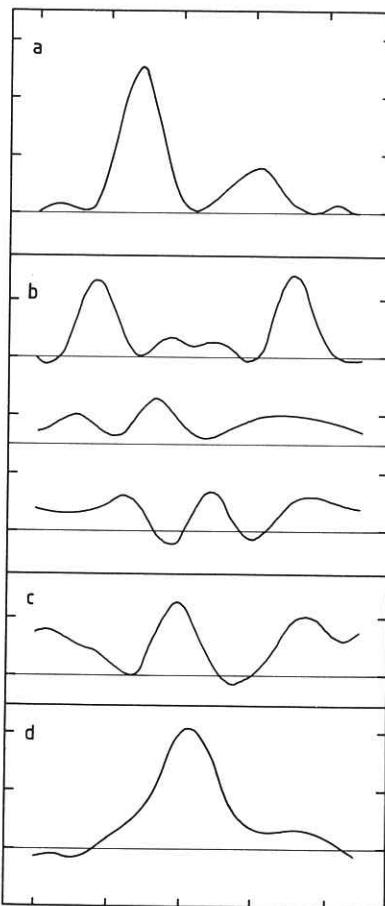


Fig. 3.4.23.

Computer simulation of the optical synthesis instrument SCASIS.

- (a) shows the assumed source seen by 6 subapertures,
- (b) some uncorrected individual short exposure (speckle) images,
- (c) the average images,
- (d) the average image after correction of the individual images, using redundancy and closure phase. The absolute position information is lost however. Even at low photon rates a reasonable reconstruction is possible.

Computer simulatie van het optische synthese instrument SCASIS.

fringe pattern consists of the superposition of individual fringes formed by non-redundant combinations of the segments of the mirror, each with a characteristic fringe period. By Fourier transformation of the fringe pattern of each exposure, we can correct the atmospheric phase errors and can determine for every spatial frequency the amplitude and phase of the source visibility. Two dimensional pictures are obtained by rotation synthesis.

An experimental set-up at the Groningen Space Lab with a laser and 3 mirrors proved the feasibility of the principle. In Figure 3.4.22 examples of a fringe pattern and its Fourier transform are given.

Computer simulations have been made in order to check the predictions of sensitivity in the low level photon regime. Figure 3.4.23 shows that even at a low photon rate (in this case 2 photons per aperture) a good reconstruction is possible.

A test on the INT telescope is planned, at first in non-spectroscopic mode.

### 3.5. Radio astronomical research at the Leiden Observatory

Editors: Harm Habing, Butler Burton and Harry van der Laan.

#### 3.5.1. Supernova remnants and circumstellar shells in the interstellar medium.

In a galaxy, between the stars, tenuous matter exists - as a rarefied, hot continuum and in the form of cool clouds of various sizes and densities. Out of the densest clouds stars form occasionally, binding some interstellar material for a long time, but ultimately returning the material to interstellar space when, at the end of their lives the stars decay. In the study of the evolution of galaxies the role of this interstellar medium is of vital importance.

Localized sources of energy, such as (normal) stars and supernovae, influence the surrounding material. Icke is carrying out a few studies for some atypical situations. A very enigmatic object is SS433, the remnant of a supernova near the radio source Westerhout 50, which Icke is studying together with the Ph.D. student R. Vermeulen and with R.T. Schilizzi (SRZM, Dwingeloo).

In May/June, Vermeulen completed six epochs of observations of SS433 using the European VLBI Network (EVN), in accordance with the program started by Icke and Schilizzi. Simultaneously, other observers obtained data on this object in X-rays (Exosat), and in the optical (La Palma and ESO). The EVN observations suffered from numerous problems, but Vermeulen's initial data reduction shows a knotty jet structure at one epoch, so that not all is lost. The La Palma optical data, taken by Murdin (RGO), are of excellent quality, and show some surprising features, notably in the P-Cygni profiles of the helium lines. These data are being analyzed further, in consultation with Van den Heuvel (Amsterdam) and Van Groningen (Edinburgh and ESTEC).

The havoc that supernovae create in their surroundings is tremendous, and much of it may not yet have been observed. In 1985 Braun completed a study of a few well known "supernova remnants" (SNRs), based on new detailed radio observations obtained at Westerbork, including successful 21 cm line observations and based on IRAS data, the first successful study of SNRs in the infrared.

A major conclusion by Braun concerns the previous classification of the various stages of development of SNRs. This classification was based on Sedov's theory of point explosions in a uniform medium. Instead Braun argues that phases in this evolution thought to occur in sequence, either occur simultaneously, but in different sections of the remnant, or do not occur at all. Braun's analysis, in collaboration with R.G. Strom (Dwingeloo), of four young SNRs, utilizing radio, infrared, optical and X-ray data (see Figure 3.5.1), leads in all four cases to similar values for the fundamental parameters of the explosion, the initial kinetic

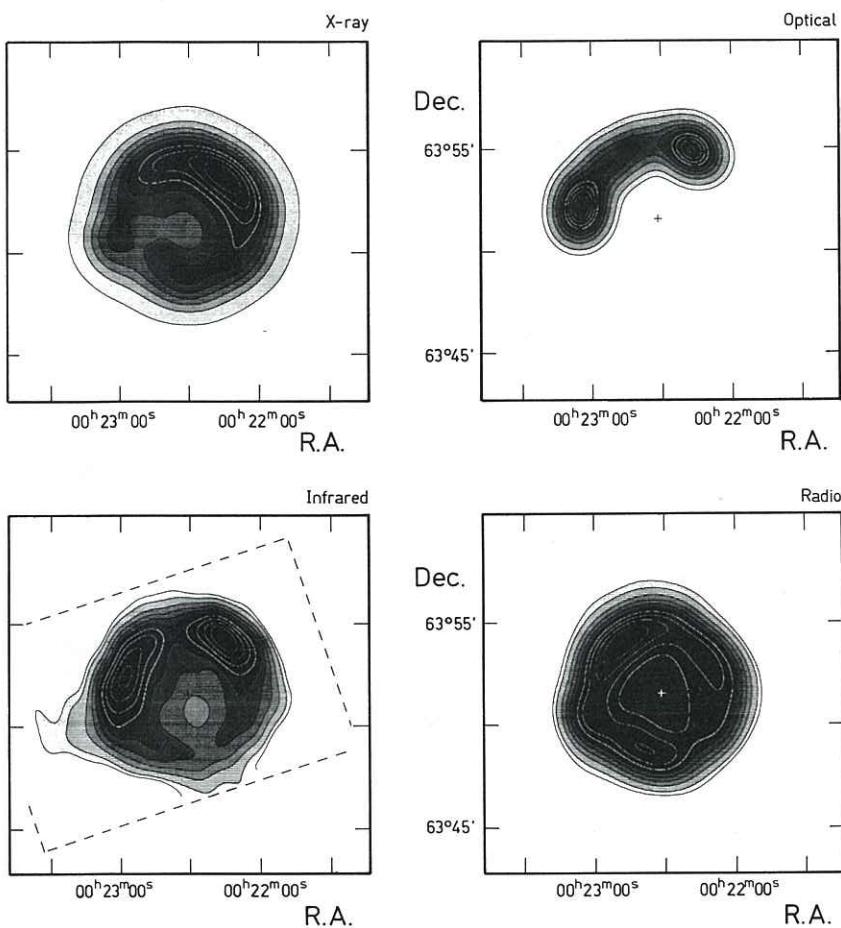


Fig. 3.5.1.

Tycho's Supernova Remnant at X-ray wavelength (Einstein observatory), in visible light (Hale observatories), at infrared (IRAS) and radio wavelengths (Westerbork); all maps have been brought to equal angular resolution. The data allow a good assessment of the most important SN parameters.

Vier beelden (alle met dezelfde beeldscherpte) van Tycho's supernova schil: Röntgenstraling, zichtbaar licht, infrarood en radiostraling.

energy and the initial mass of the fragments. The analysis of two old SNRs suggests that for a long period of time the expansion proceeded with less obstruction from the interstellar medium than might be expected; Braun suggests that the surroundings of the supernova had been evacuated before the explosion by a strong stellar wind from the SN-candidate and from other nearby massive stars.

A full account of Braun's work may be found in his thesis (September); see also the annual report for 1985 by ASTRON. After defending his thesis in September Braun left for the VLA observatory in New Mexico (USA). His work is being continued by a new Ph.D. Student, H. Wimmersma Greidanus, who started in December, 1984.

### 3.5.2. Matter Ejected by Cool Stars

When stars have exhausted the hydrogen fuel in their centres, they begin to evolve quickly through a complicated series of stages, ultimately leading to a final, dead state. Sometimes a supernova is the last stage, but much more frequently the star decays gradually by losing mass through a stellar wind. The mass loss finally reaches such a large rate that the star is surrounded by a thick shell of material, the circumstellar shell. When the star is cool, and most decaying stars are, dust particles form by sublimation in the outflowing gas and the circumstellar shell can become opaque to visible light. The radiated energy will then come out as infrared radiation. Such objects are most easily detected in the infrared and, in fact, IRAS has discovered more than 100,000. Alternatively the reddest objects may be discovered through maser line emission at microwave wavelengths, e.g. at 18 cm in ground state OH lines. Such stars are then called OH/IR stars.

In 1984 Habing, Olmon and Le Poole discovered that a sky map of IRAS sources in the category of very red shell objects gives an excellent image of our Galaxy as an edge-on galaxy. Stars in the central parts of our Galaxy can easily be seen. This is practically the first time that such a clear, total view of that part is obtained - at optical wavelengths stars in the centre are heavily obscured by interstellar extinction. In 1985 a letter to the Editor of Astronomy and Astrophysics appeared in print. Two thesis projects started in 1984 to capitalize on this discovery. P. te Lintel Hekkert began a search for the 18 cm OH lines from IRAS detected stars to measure their radial velocities. The aim is to study the galactic kinematics of the stars. A first survey in the early spring with the 25 m Dwingeloo telescope was instructive but yielded new results only for the brightest, nearest objects. A much more successful survey was carried out in a few days in June with the 100 m telescope of the Max-Planck Institut für Radioastronomie in Bonn (~50 new stars detected). Between October 1985

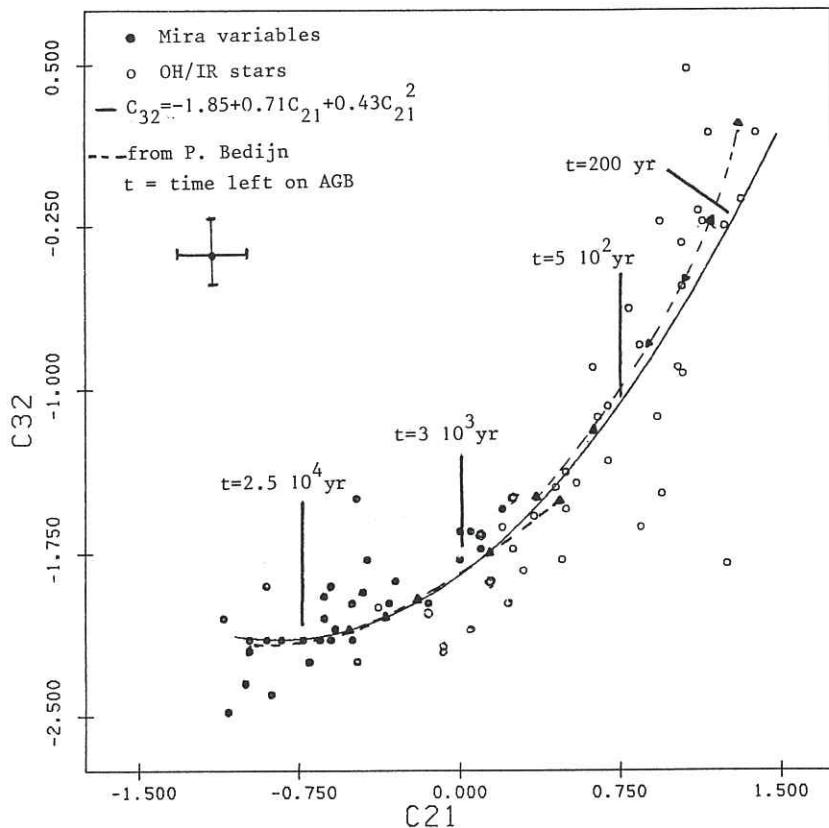


Fig. 3.5.2.

A two colour diagram of OH/IR stars, based on IRAS data. Horizontally the  $25\text{ }\mu\text{m}$  to  $12\text{ }\mu\text{m}$  flux density ratio is shown ( $C_{21}$ ), vertically the  $60\text{ }\mu\text{m}$  to  $25\text{ }\mu\text{m}$  ratio ( $C_{32}$ ). The lines indicate colours predicted from models of circumstellar shells, that increase in optical depth from left to right. Stars are supposed to move along the sequence from left to right, until they reach the top; then a quick transition occurs to the right out of the diagram, in horizontal direction, after which transition the object has become a planetary nebula.

Twee-kleuren diagram van sterren die zowel infrarode als OH straling uitzenden. Horizontaal de verhouding van de IRAS  $25\text{ }\mu\text{m}$  en  $2\text{ }\mu\text{m}$  fluxdichthesen, verticaal die van  $60\text{ }\mu\text{m}$  en  $25\text{ }\mu\text{m}$ . De lijnen geven de met behulp van modelberekeningen voorspelde relatie tussen de twee verhoudingen weer.

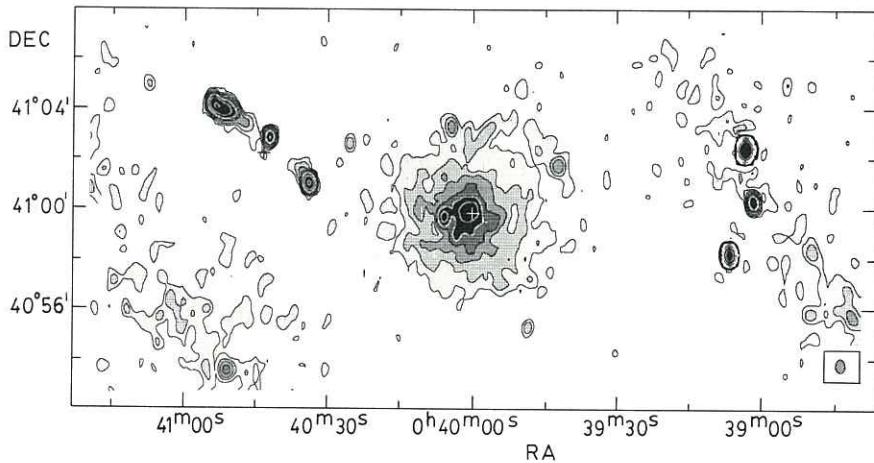


Fig. 3.5.3.

Map of the radio continuum emission from the nuclear region of M31 at a wavelength of 21 cm obtained with the WSRT. The white + indicates the position of the optical nucleus. The central emission region is roughly 2 kpc in diameter. At the edges of the map emission from the spiral arms is visible. Some unrelated background sources also appear in the field.

21 cm radiostraling van het centrale gebied van de Andromeda nevel (M31). Het meest centrale gebied heeft een doorsnede van 2 kpc (ruim 6000 lichtjaren).

and January 1986 Te Lintel, in collaboration with J. Caswell (CSIRO), observed the southern sky with considerable success using the 70 m telescope of CSIRO, Sydney, at Parkes, Australia - over 200 new detections. W. van der Veen studied the IRAS detected stars in a statistical way. Supported by model calculations by P. Bedijn (Heidelberg) he developed a simple model that describes the evolution of OH/IR stars in terms of a continuous increase in the rate at which mass is lost. This process goes on until practically all the matter outside the nuclear fusion zone has been ejected (Figure 3.5.2). Then the objects quickly develop into planetary nebulae.

### 3.5.3. Molecular clouds, galactic structure and dynamics

F.P. Israel finished the reduction of a final sample of galactic HII regions, observed in the radio continuum with the WSRT; analysis will take place in 1986.

Work is in progress on a number of nearby dust clouds, visible in the IRAS 100  $\mu$ m Spline I data. Observations in HI have been made for several clouds at Dwingeloo, in a program by H.M. Butner (Texas/Leiden), B. Liem and H.J. Walker, to obtain fully sampled maps at 0:3 resolution. Further HI observations were made at Arecibo by Burton and Butner with angular resolution comparable to that of the IRAS data. Several of these same clouds are included in an observing program at Bordeaux by Butner and G. Duvert (Grenoble) in  $^{13}\text{CO}$ .

### 3.5.4. The Nearby Galaxies M31 and M33

R. Walterbos and R. Gräve (MPI, Bonn) studied the radio continuum emission from the central region of M31. Observations with the Westerbork telescope were combined with data from the 100 m Effelsberg dish to cover wavelengths ranging from 73 cm to 2.8 cm. Figure 3.5.3 shows the region of interest in the 21 cm continuum. The emission can be separated into three components: a smooth extended component with a diameter of 2 kpc and a non-thermal spectrum; sources which are still unresolved at 10" (30 pc) resolution which also have a nonthermal spectrum; and a component with filamentary structure with a size of several hundred pc. The latter component seems associated with filaments in optical emission lines (H-alpha, [NII], [OIII]). The results provide further evidence for low-level activity in the central regions of normal galaxies.

Walterbos continued his work on the morphology of M31 in the optical, infrared, and radio regimes, studying the structure and properties of, and the relationships amongst, the stellar disk, the gas, and the dust.

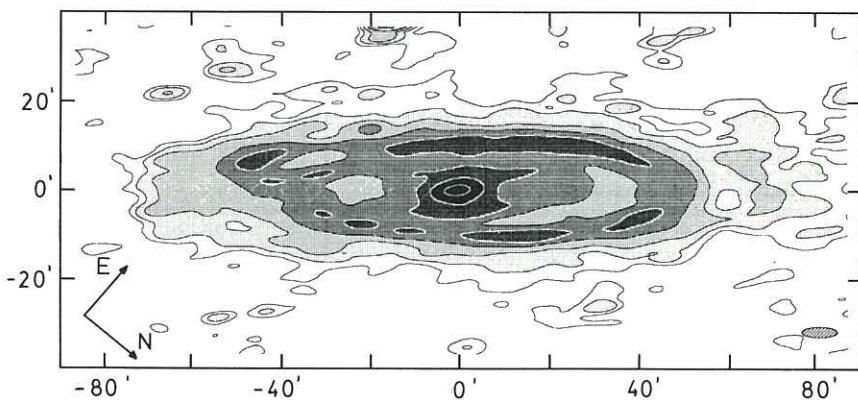
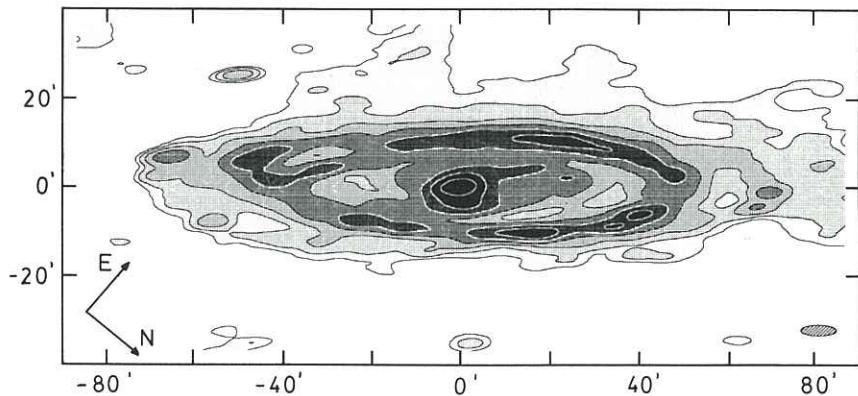


Fig. 3.5.4.

(Top) Map of the 12  $\mu\text{m}$  emission from M31 at a resolution of  $2!5 \times 7$ . (Bottom) 60  $\mu\text{m}$  map at the same resolution. Notice the similarity between the two maps. The ring-like structure is at about 10 kpc from the nucleus.

De infrarode straling van de Andromeda nevel (M31): boven op 12  $\mu\text{m}$  golflengte, onder op 60  $\mu\text{m}$ . De ring bevindt zich op 10 kpc (30000 lichtjaren) van het centrum.

The radio continuum survey at 1412 MHz with the Westerbork telescope appeared in print, resulting from a collaboration of Walterbos with W.W. Shane (Nijmegen) and E. Brinks (now at ESO, München). Walterbos and De Bruyn (Dwingeloo) obtained new continuum data with the WSRT at 327 MHz in order to study the spectral index distribution, and to allow a separation of thermal and nonthermal emission. Such a separation is important for studying the star formation activity and the origin and propagation of relativistic electrons throughout the disk. Initial self-calibration of the data has been completed.

Walterbos and R. Kennicutt (Minnesota) continued study of the optical disk of M31, using multicolor surface photometry. The photographic plates in U, B, V and R which had been digitized with the Astroscan in previous years were completely reduced. Long and short exposures were combined to yield reliable photometry from the inner 500 pc out to 20 kpc. The integrated light profile indicates the existence of a lenslike component, in addition to the bulge and disk. The extinction properties of the dust have been studied using an extinction-free colour index. The data are consistent with a normal Galactic reddening law. Using a spectral decomposition technique, old and young stellar components have been separated revealing the concentration of star formation around 10 kpc and the very low activity within this 'ring'. For the large spiral arm segment on the southwest major axis, evidence has been found for an age gradient across the arm, the youngest, most massive stars being concentrated on the inside, closest to the dust lanes, while stars of later types are more concentrated to the outside of the arm. The star formation activity across the disk and the correlation with gas density will be studied using the map with the distribution of young stars and the HI data from Brinks and Shane.

Walterbos and P. Schwingen analyzed IRAS observations of M31. Using a technique developed by R. Braun the maps at 12, 25, 60 and 100  $\mu\text{m}$  were transformed to maps with well-defined Gaussian beams allowing a quantitative comparison of the various wavelengths. Figure 3.5.4 shows the infrared emission of M31 at 12 and 60  $\mu\text{m}$ . Dust grains heated by the general interstellar radiation field can account for most of this emission. The direct contribution from star-forming regions is low, indicating rather low star formation activity in comparison with our galaxy. The 12 and 25  $\mu\text{m}$  emission is very strong, indicating a hot dust component. The similarity in the spatial distribution of 12 and 60  $\mu\text{m}$  emission evident in the figure shows that the hot dust component is well mixed with the cooler dust that emits at 60 and 100  $\mu\text{m}$ . The most likely explanation for the 12 and 25  $\mu\text{m}$  emission is therefore the existence of very small dust grains which are transiently heated to high temperatures by the interstellar radiation field.

Walterbos studied the dust-to-gas ratio across the disk by combining the IRAS data with the integrated HI map. Evidence for a significant variation has been found (see Figure 3.5.5) in the

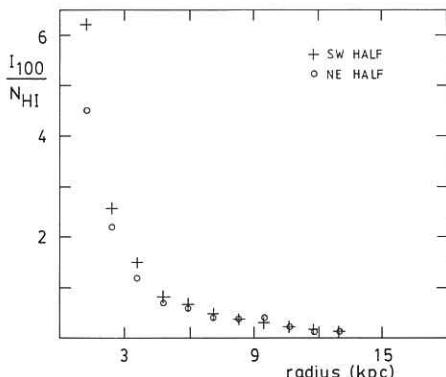
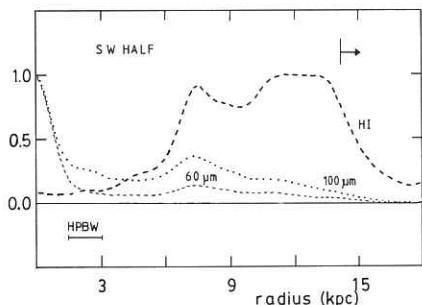


Fig. 3.5.5.

(a) Radial distribution of HI column density and 60 and 100  $\mu\text{m}$  surface brightness for the SW half of M31 (arbitrary units). The arrow indicates the beginning of the region where the HI coverage is incomplete.

(b) Ratio of 100  $\mu\text{m}$  surface brightness and HI column density as a function of distance from the center for the two halves of the galaxy. For the inner 1 or 2 kpc the ratio is high because the dust is warm. However, beyond 2 kpc the decrease in the ratio seems to indicate a genuine variation in dust to gas ratio.

(a) De verdeling van de hoeveelheid neutrale waterstof (HI) per  $\text{cm}^2$  en van de oppervlakte helderheid in twee infrarode golflengten over de zuid-west helft van M31.

(b) Verhouding tussen de 100  $\mu\text{m}$  infrarode straling en de kolomdichtheid van waterstof. De hoge temperatuur in het centrum veroorzaakt de sterke stijging van de verhouding. Meer naar buiten geeft de figuur echter een echte afname van de verhouding tussen hoeveelheden stof en gas weer.

sense that the relative amount of dust is highest at small radii. He is trying to confirm this by estimating the dust content in an independent way from the extinction in the dust lanes derived from optical multicolour data.

In collaboration with Kennicutt, J.M. van der Hulst (Dwingeloo), and P. Hodge (Washington), Walterbos continued a study of the HII regions in M31 and M33. In the previous year, the radio properties of several HII regions in M31 were studied in collaboration with J.H. Burger. This year, the attention has been focussed on an analysis of optical material to determine the luminosity functions and extinctions of the HII regions. A detailed comparison between the properties of the HII regions in the two galaxies is in progress, but not yet completed because new material (in particular high resolution H-alpha imaging) is still being analyzed.

E.R. Deul and Van der Hulst finished reduction of the large Westerbork hydrogen line survey of M33. The data comprise  $1024 \times 1024 \times 66$  pixels ( $\alpha \times \delta \times v$ ), giving 66 channel maps at  $4.1 \text{ km s}^{-1}$  separation with  $12' \times 24'$  ( $\alpha \times \delta$ ) spatial resolution. This resolution is four times higher than that available previously. A combination of two techniques was used to incorporate and correct the short baselines missing from the Westerbork array. These two methods - the standard short-spacing insertion via Effelsberg 100 m telescope observations and a Fourier-fitting technique described by Braun and Walterbos - were successfully combined at different velocities to form a homogeneous set of data. Addition of the channel maps using masks that cut out regions devoid of emission resulted in the hydrogen column density map with non-uniform noise level shown in Figure 3.5.6. The velocity-field map of Figure 3.5.7 shows the velocity of Gaussian fit to each velocity profile.

In addition to the set of channel maps Deul also made position-velocity maps as crosscuts parallel or perpendicular to the major axis of M33. The position-velocity map crossing the nucleus along the major axis is shown in Figure 3.5.8, together with a cut parallel to the major axis at  $12!8'$  offset from the nucleus. The position-velocity maps along the minor axis and parallel to it  $31!2'$  away on both sides of the nucleus are shown in Figure 3.5.9.

The work of Deul and Van der Hulst revealed several aspects of the M33 HI distribution. The large-scale asymmetry between the northern and southern parts of M33 is obvious from Figure 3.5.6. The total amount of neutral hydrogen present in the southern half is roughly  $2/3$  of the total hydrogen mass in the galaxy. Cross correlation of the total column density map with one rotated  $180^\circ$  shows that the maximum correlation point is located at  $40''$  south of the nucleus of M33. The main contributors to this effect are the inner spiral arms. Comparison of the neutral hydrogen spiral arms with the distributions of stars, HII regions, OB associations, and dust shows that the northern HI arm is located outside the optical arm, while the southern HI arm is located inside the

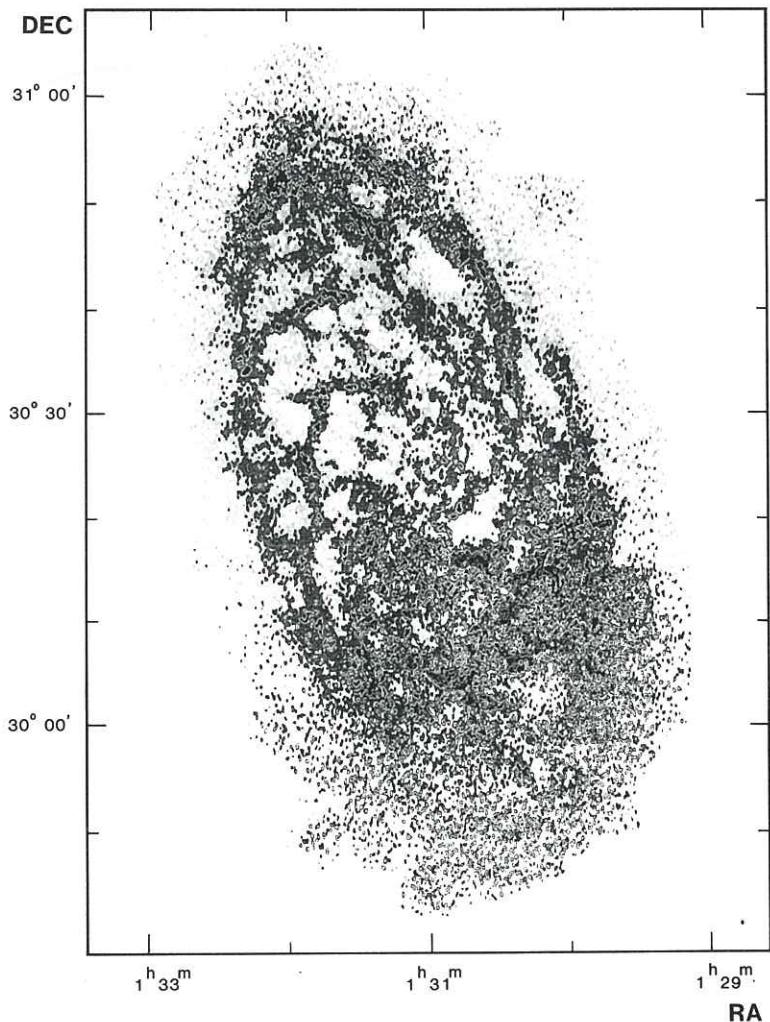


Fig. 3.5.6.

Total HI column density in M33. The contours are drawn in a logarithmic fashion with minimum intensity  $93.4 \text{ K km s}^{-1}$  and maximum intensity of  $2952.0 \text{ K km s}^{-1}$ . The overall gas asymmetry shows up clearly in this plot; the summed intensity from the southern half of M33 is roughly 2/3 of the total summed intensity. The maps shows small-scale details to scales  $\sim 40 \text{ pc}$ .

De hoeveelheid centrale waterstof per  $\text{cm}^2$  in het sterrenstelsel M33. Het is duidelijk dat de zuidelijke helft van M33 veel meer gas bevat dan de noordelijke helft.

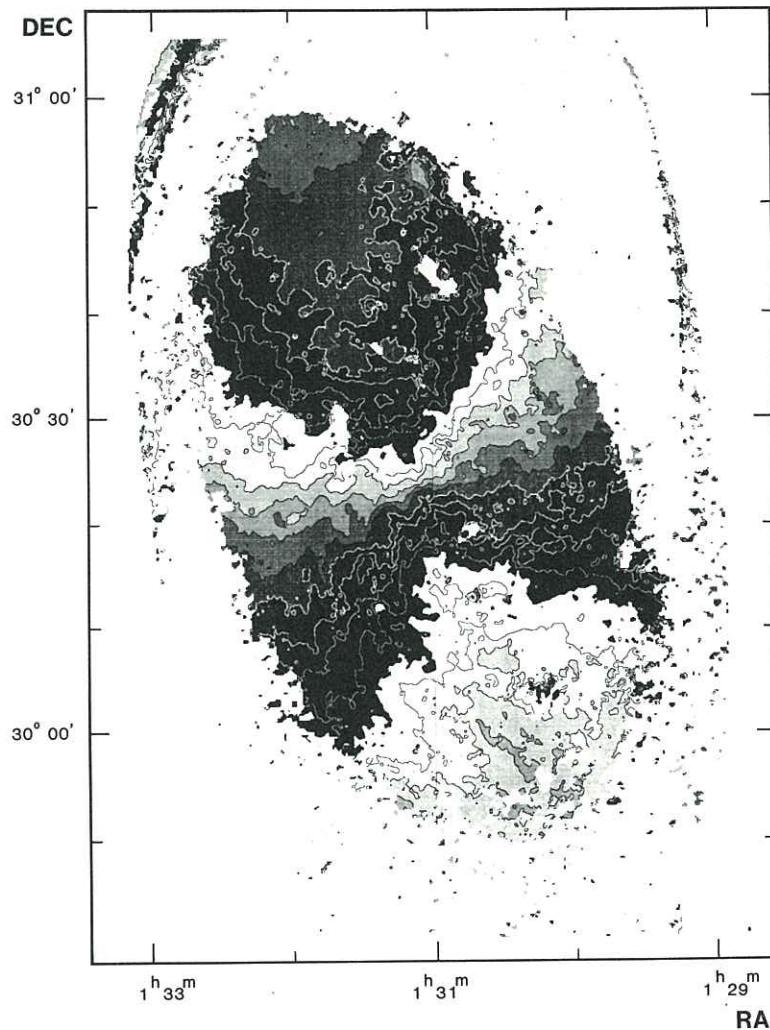


Fig. 3.5.7.

Velocity field of M33. The contour values are separated by  $10 \text{ km s}^{-1}$  between  $-310 \text{ km s}^{-1}$ . The systemic velocity of M33 is approximately  $180 \text{ km s}^{-1}$ . The curving along the major axis of the spider diagram is probably due to the serve warping of the outer HI layer.

De snelheden (in de gezichtsrichting) van het gas in M33. De contouren liggen  $10 \text{ km/sec}$  uiteen in een gebied tussen  $-310$  en  $-60 \text{ km/sec}$ . De snelheid van het hele sterrenstelsel bedraagt  $180 \text{ km/sec}$ .

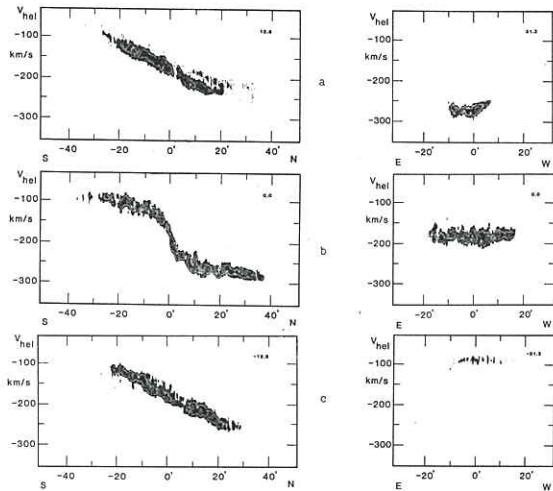


Fig. 3.5.8. (left).

Position-velocity plots of HI intensity at the indicated distances from the major axis of M33. This kind of representation is particularly useful in showing continuity in velocity. The top (a) and bottom (c) plots are major axis profiles 12.8 arcminutes away from the nucleus. Especially in the tip frame a clear separation of intensities can be seen. This double profile signature is a consequence of the severe warping of the HI in the outer layers of M33. The middle (b) plot shows the major axis profile itself, from which the rotation curve of M33. can be determined. The wiggles in the 'rotation curve' are due to deviations from pure circular motion at the position of spiral arms.

Fig. 3.5.9. (right).

Position-velocity plots of HI intensity at the indicated distances from the minor axis of M33. The top (a) and bottom (c) plots are minor axis profiles 31.2 arcminutes away from the nucleus. Note the offset of the overall structure from the position 0. This also is a result of the warping outer HI layers in M33. The middle (b) frame shows the minor axis profile, from which the systemic velocity of M33 can be determined.

De verdeling van neutrale waterstof in M33 als functie van positie en snelheid in de gezichtsrichting. Links (Fig. 3.5.8.) drie doorsneden parallel aan de kleine as. Zowel de dubbele structuur in Fig. 3.5.8. (a) als de asymmetrie van Fig. 3.5.9. (a) en (c) is het gevolg van het feit dat het vlak van het stelsel gebogen is.

optical arm; density-wave action for the IS arm cannot therefore be the creation mechanism for the northern spiral arm. The large HII region NGC 604 probably has a large tidal influence disturbing the northern arm.

Other deviations in the large scale structure can be seen in the channel maps at the more extreme velocities or in the position-velocity maps well away from the nucleus (see Figure 3.5.8 a and c; 3.5.9 a and c). Deul observed the effects of large-scale galactic warping on the minor axis profiles. Other effects of warping are extended, low-brightness emission regions at kinematically correct locations and a major axis twist in the velocity map as seen in Figure 3.5.7. Deul and Burton are modelling the warp in M33; they find a severe warp that sets in at 6 kpc from the nucleus and causes deviations of 2.5 kpc at 14 kpc radius.

An anomalous-velocity feature occurs at the position of the southern spiral arm I, and can be traced over some  $56 \text{ km s}^{-1}$ . As yet it is unclear why such large deviations from circular motion might be present, but the evident coincidence with the bright southern spiral arm suggests that a strong density wave may be responsible. In addition to this extreme example, all other spiral arms in M33 show anomalous velocities ranging from 10 to  $40 \text{ km s}^{-1}$ . Models based on steady-state hydrodynamics of the sort Mulder derived from our own Galaxy seem to describe these less extreme anomalies.

The high resolution of the M33 HI survey reveals structures as small as 40 pc in diameter. A wealth of detail can be seen in the individual channel maps. Many filaments, arcs, shells, and cloud-like structures are present, as well as regions which seem completely devoid of hydrogen emission. Preliminary comparison of the fine scale structure in the neutral hydrogen distribution with OB associations, HII regions, super nova remnants, dust distribution, etc. shows no unique correlation, although there are some trends for positive correlations. An interesting phenomenon in the neutral hydrogen distribution of M33 is the presence of many 'holes', showing a lack of emission compared to their surroundings. In some cases there are indications of expansion velocities of order  $15 \text{ km s}^{-1}$  in the emitting material surrounding the hole, but in other cases no expansion velocities can be observed. These holes can be the result of two different processes. Either the region surrounding an O or B star or even an association is blown clear of material, or the hole is the observable effect of a large molecular complex with a low residual neutral hydrogen density. Deul and Burton are investigating both possibilities using different techniques. In order to test the wind-blown hypothesis, observations in the H-alpha line of ionized hydrogen were done using the Taurus Fabry-Perot interferometer at La Palma. Correlation in position and velocity between the ionized and neutral hydrogen would confirm this hypothesis and would yield information about the physical processes governing wind-blown

holes. The second hypothesis, however, is being tested by observing some of the holes in the CO( $J=2-1$ ) line using the NRAO 12-m telescope on Kitt Peak. If large molecular clouds cause the hydrogen-deficient regions, CO emission should be stronger inside the hole than at the edges.

### 3.5.5. Dwarf irregulars and other galaxies

Israel and W. Wamsteker (ESA, Vilspa) obtained a good UV spectrum from 1200-3200 Å of object A in NGC 1569. This object, which is believed to be a compact cluster (size  $< 30$  pc, luminosity  $\sim 10^8 L_\odot$ ) has a UV spectrum characterized by objects with  $T_{\text{eff}} \sim 45000$  K $^\circ$ , but does not show the emission or absorption lines characteristic of strong mass loss. This is remarkable in view of its location in a 'hole' in the HI and radio continuum brightness distributions as observed with the WSRT and the VLA, in collaboration with W. van Driel (Groningen) and Van der Hulst. The VLA maps also show about eight compact nonthermal sources distributed over the face of NGC 1569, which most likely are all supernova remnants: less than one background source is expected to be present in the field statistically. The reduction of the optical images of NGC 1569 taken with the ESTEC FOC prototype detector have now been fully reduced, in collaboration with M.A.C. Perryman (ESTEC) and D.A.P. Hartmann.

The nearby ScIII galaxy NGC 2403 is being studied in detail by Israel and E. Skillman (Dwingeloo). Radio continuum maps at 6 and 21 cm have been obtained with the VLA and the WSRT, allowing identification and flux measurement of about 15 HII regions. Earlier WSRT HI observations by B. Wevers (Groningen) were analyzed at full resolution in order to study velocity anomalies and density enhancements: several rather striking holes in the HI distribution have been found. Israel and Skillman are also studying several Local Group dwarf galaxies in the continuum and HI: NGC 6822, IC 1613, NGC 185.

Israel and Van der Hulst (Dwingeloo) continued the reduction of a sample of WSRT 610 MHz galaxy observations.

### 3.5.6. Active Galaxies, Individuals and Populations; Cosmology.

It is notable that very few projects now rely exclusively on a single telescope or are even limited to one spectral domain. With four dissertations completed in 1984 and at least two due to be finished in 1986, the year 1985 was quiet on the thesis front. But several Ph.D. projects began and initial activities are reported here. With Miley and Katgert temporarily abroad, in Baltimore and at La Palma respectively, staff guidance threatened to fall below acceptable levels. Fortunately the three tenured astronomers at Dwingeloo, De Bruyn, Schilizzi and Strom, continue

their active involvement in collaborative research. At the end of the year we saw two new post docs, William Keel and John Webb, join the team.

In 1985, René Vermeulen started work on a Ph.D. project, in collaboration with V. Icke and R.T. Schilizzi (Dwingeloo) to study the properties of radio jets in celestial objects. The observational thrust of the work comes from a programme to observe the well-known jet source SS433, which was carried out in May-June 1985, with many participants worldwide. Central to this programme are VLBI observations at 6 cm using the European VLBI Network, combined with simultaneous optical spectroscopy of the moving lines of SS433, at both the La Palma Isaac Newton Telescope, and the La Silla 3.6 m ESO telescope. These observations will provide detailed data about the kinematics and physical parameters of the gas in the jets, with which to confront theories on jet acceleration and collimation.

Six twelve-hour VLBI Mark III observations were carried out at two-day intervals. The experiment has now been correlated and calibrated. Despite an improbably large number of problems at the observatories, data were obtained on more than 6 baselines on average. Even though the source was unusually weak, and hence was not detected on all baselines at all times, the first results of the hybrid mapping procedure presently being undertaken make us feel confident that the data will allow a significant improvement in our knowledge of SS433 on a ten milli-arc-second scale.

Optical spectra were obtained at La Palma by P. Murdin (RGO) on all but a few nights in the period concerned. They show fascinating changes in structure, perhaps indicative of blob-like ejecta. Soon, these spectra will be analysed with reference to, and in combination with, the spectra obtained at La Silla by P. Angebault, S. D'Odorico, and G. Miley. The X-ray flux of SS433 was measured as part of a long-term monitoring programme by M. Watson, using EXOSAT. No clear indications for X-ray bursts in the period of interest were found. Radio flux density measurements were made at a number of frequencies between 15 MHz adn 5 GHz by a number of radio observatories (Cambridge, Bologna, Molonglo and Westerbork). When all data have arrived, the radio spectrum of SS433 will be investigated.

Relation of the line profiles to radio jet structure in galactic X-ray stars: Such objects have intriguing similarities to AGNs. Together with D'Odorico and D'Angebault (ESO), Miley has carried out monitoring of Sco X-1 and SS433 with the CCD Echelle on the ESO 3.6 m telescope.

### 3.5.7. Multispectral Studies of Active Galaxies

Jägers and Dumoulin finished their work on 4C73.08, a giant radio source which has been observed with the 3 km Westerbork Telescope at three frequencies, 1.4 GHz, 0.6 GHz and 0.3 GHz. The

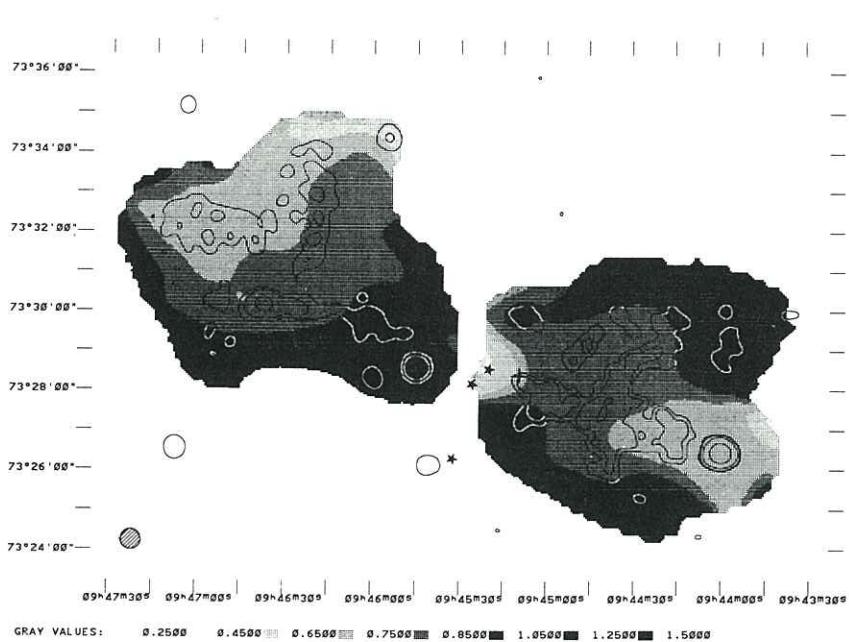


Fig. 3.5.10.

The contour map represents the high spatial frequencies in the total intensity map at 0.6 GHz of 4C73.08 at a resolution of 30 arcsec. The contour levels are 2, 8, 32 and 128 mJy per beam. The grey map represents the spectral index distribution of 4C73.08, between 1.4 GHz and 0.6 GHz, of the low spatial frequencies in both total intensity maps. The cross marks the position of the optical parent galaxy, the four stars those of the neighbouring galaxies.

Continuum straling van de radiobron 4C73.08. De continuum geven de intensiteit van de 49 cm (0.6 GHz) straling weer, de grijstinten de verdeling van de spectrale index tussen 1.4 GHz en 0.6 GHz.

radio source has a peculiar morphology consisting of two separate components with cross-like structures. The total extent of the radio source is ~19 arcmin (~ 1.1 Mpc). 4C73.08 is highly polarized at 1.4 GHz with polarizations exceeding 70%. This is one of the first sources mapped in polarization at frequencies below 0.6 GHz. Even at 0.3 GHz large parts of the source are still polarized, especially towards the outer edges. The distribution of spectral index (Figure 3.5.10) shows similarities to that of the edge-brightened double radio source 3C35 and there is a tendency for it to increase towards the lateral edges.

Assuming a foreground rotation measure derived from nearby sources of  $-8.6 \pm 0.2$  rad m $^{-2}$  and a depolarizing medium uniformly distributed throughout the source the magnetic field direction and the thermal electron density distributions have been deduced using the polarization measurements at the three frequencies. The average density of thermal electrons in both components is  $\sim 130$  m $^{-3}$ .

4C73.08 displays radio properties characteristic of both classes of radio source defined by Fanaroff and Riley (1974), and its total luminosity is close to the transition value between the two classes. The peculiar structure of 4C73.08 is explained as distortion of a linear radio source produced by the orbit of the optical parent galaxy VII ZW292 together with precessional motion of the nucleus. An age for this radio source of  $\sim 10^{8.8}$  yr is derived.

Jägers continued his study of very extended strong extragalactic radio sources. The main purpose of this program is to make comparisons between 0.6 GHz (3 km) and 1.4 GHz (1.5 km) WSRT data and to interpret the resulting information on magnetic fields, thermal plasma distributions and energy loss mechanisms within the context of current models of radio sources.

The sample is limited to radio sources larger than 200 arcsec and those with declinations above 25°. This gives at least 9 pixels across a source at 0.6 GHz and a synthesized beam the ellipticity of which does not exceed 2.5. An attempt was made to include all sources known to satisfy these conditions in 1980 when the project began. The resulting sample is representative of the various morphological types found among radio galaxies (e.g. Miley 1980). The project will be completed with Jägers' dissertation early in 1986.

In 1985 De Waard continued his work on the relationships between the optical and radio properties in Active Galactic Nuclei. To delineate such relationships both optical and radio observations were carried out. Optical observations were made at La Silla and at La Palma completing the data of the first epoch observations, while for a few sources second epoch data also became available. Now that installation of the "Figaro" reduction package has been accomplished, reduction of the optical data will be completed in January 1986. Figure 3.5.11 shows a high resolution spectrum of the quasar 0736+017 made with the 2.2 m ESO

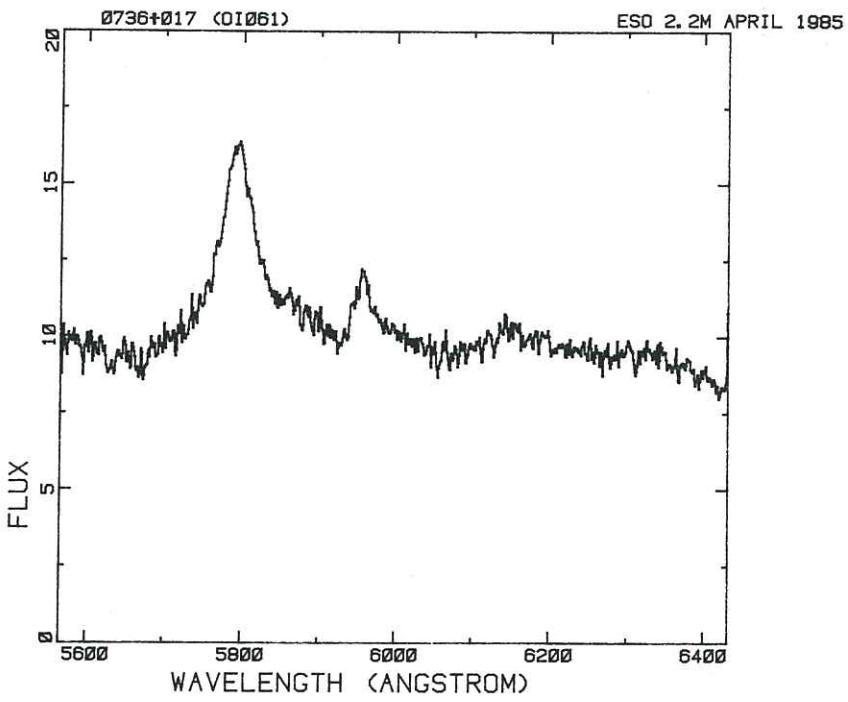


Fig. 3.5.11.

The optical emission spectrum of the quasar 0736+017 made in April 1985 with the ESO 2.2 m telescope at La Silla (Chile). The H $\beta$ , FeII and [OIII] lines are clearly visible.

Het optische spectrum van de quasar 0736+017 waargenomen met de 2,2 m ESO telescoop op La Silla.

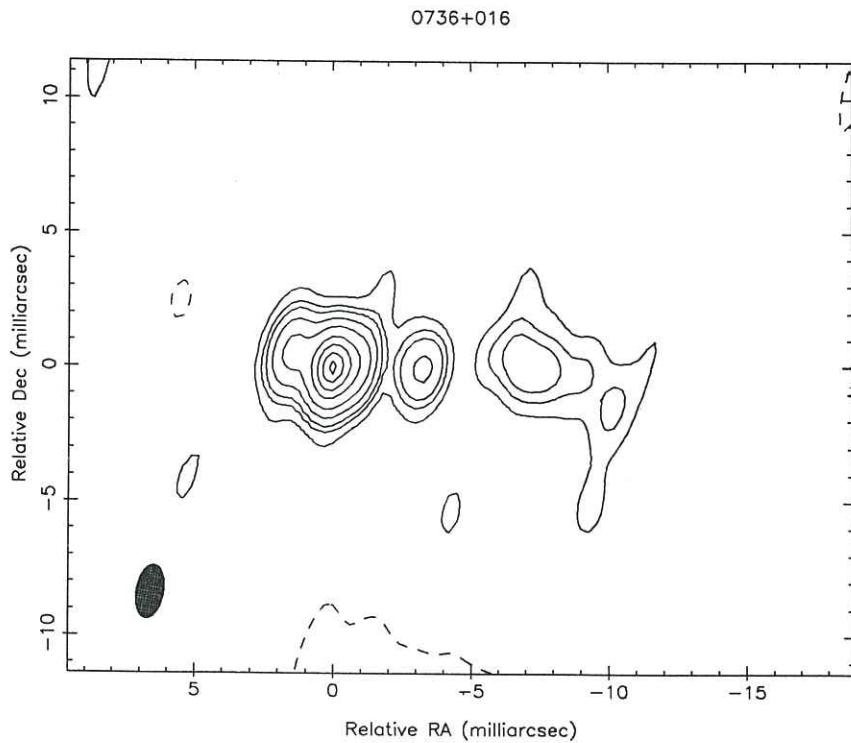


Fig. 3.5.12.

The 6 cm VLBI radio map of the nuclear region in the quasar 0736+017. Contour levels are -1.2, +1.2, 3, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 95 percent of the maximum flux of 0.94 Jy/beam. The beam is indicated.

Radiostraling (6 cm) van het centrale gebied van de quasar 0736+017 waargenomen met VLBI.

telescope at La Silla in April 1985. The broad permitted H $\beta$  and FeII lines, and the forbidden [OIII] line are visible.

In 1985 De Waard completed his VLBI radio work. The 6 cm VLBI data on four quasars showing strong FeII emission were of good quality and have been completely reduced. Figure 3.5.12 shows the inner nuclear region of the quasar 0736+017 observed with a trans-Atlantic Network (longest baseline  $\sim 130$  M $\lambda$ ).

Together with Van Weeren (as part of his "student project") a European VLBI survey at 21 cm of a sample of radio sources showing asymmetric optical [OIII] line profiles has been reduced. This survey resulted in a few candidates for complete mapping. Since the closure-phase information showed a strange behaviour a more careful analysis has to be carried out before statistical conclusions can be drawn.

The Westerbork redundancy observations of 9 Steep Spectrum Cores have been reduced with the new version of the redundancy software package and the results will be published in 1986.

To interpret the FeII emission in active galaxies and variations in optical and/or radio properties De Waard developed a kinematic screen model in which these effects are thought to be the result of interaction of a relativistic beam with the broad line region (typical linear scale  $\sim$  few parsec). This model appeared to be well suited to explain the phenomena observed in the eight known superluminal sources. By combining VLBI observations of eight sources with the predictions of this model, De Waard was able to constrain the geometry of the parsec scale nuclear environments in them.

Stirpe, in collaboration with De Bruyn and Van Groningen, has continued her research project on broad emission line regions (BLR) in Seyfert galaxies and quasars. A very successful observing run with the INT on La Palma has provided high resolution and high signal-to-noise CCD spectra of H $\alpha$  and H $\beta$  for six objects, three of which are quasars. The data have been reduced using software from the STARLINK network, specially installed on the VAX in Leiden. The emission line profiles thus obtained provide excellent material for the study of the structure of BLRs: the wealth of information which they yield is now being analyzed, with the aim of better determining the kinematics, dynamics and radial structure of BLRs, and their relation to the narrow emission line regions. Also to this purpose, a monitoring programme (with a sampling interval of about 1 week) is being prepared, in order to study the variations of the emission line profiles.

Hooimeyer started the first part of her thesis work with a follow-up of the successful work of Barthel (Ph.D. thesis 1984, now at Caltech) on the nuclear radio structure of extended quasars. Since the core structure of only very few large quasars is known, the VLBI mapping program started by Barthel has been continued and extended. The huge lobe-dominated quasars under study here are ideal test objects for theories of superluminal motion. Because of their very large angular sizes, relativistic

beaming effects are supposed to be rather small in these sources, i.e. little or no superluminal motion is expected. To study the evolution of the parsec-scale radio morphology, second epoch data are being obtained for several sources. A second pilot survey of quasar cores was carried out with a trans-Atlantic VLBI network. The main result of this survey was that detectable pc-scale radio structure is present in many extended quasars. The compact structure in the quasar cores appeared to be fairly well aligned (within 15°) with the large-scale morphologies; this is in general agreement with the previous results of Barthel.

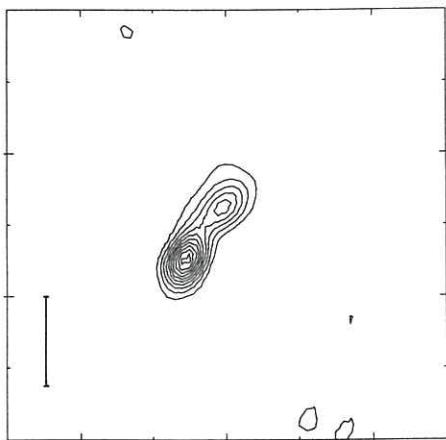
The second part of Hooimeyer's work concerns the study of the low-level activity that is found for example in starburst galaxies and LINERs. The emission of starburst galaxies is generally supposed to be thermal; yet in some of the prototypes (e.g. NGC 6240, NGC 6946) compact non-thermal radio structure has been detected as well. This simultaneous occurrence of thermal ("starburst") and non-thermal (Seyfert-type) activity in one nucleus is even more common in LINER galaxies. To study the manner in which the two processes apparently interact, a multispectral approach will be adopted: high-resolution optical spectroscopy and imaging will be needed to study the dynamical behaviour of the emission line regions. VLBI and VLA radio maps are necessary to search the nuclei for signs of non-thermal activity, such as linear nuclear structure. A VLBI mapping program of 8 LINER cores has been started this year; two LINER nuclei have been studied so far. A VLBI survey of low-luminosity active nuclei has been partially completed.

### 3.5.8. Populations; Large Scale Structure

A very interesting discovery made by IRAS was the astounding number of Active Galactic Nuclei (AGNs) that could be picked out of the data base with relative ease. In the course of De Grijp's Ph.D. project a homogeneous sample of Seyfert candidates was defined using an infrared colour criterion, and a large part of this sample has now been observed spectroscopically. The redshifts found till now range from 0.003 to 0.15 for "normal" Seyferts; above this redshift a dozen new quasars were found ( $z$  up to 0.6). Since the IRAS Deep Fields are about 15 times deeper than the Point Source Catalogue, sources systematically four times farther away may be detected. This will be a subject of next year's research.

Radio observations, both at Westerbork (6 cm) and the VLA (6 cm, A-array) have just been completed, with about 80% of the observed Seyferts detected at low resolution. At high resolution this number is not as high, probably because these sources start to be resolved. Indeed, some show interesting features. Illustrations are given in Figures 3.5.13 and 3.5.14.

VLA A-ARRAY 21CM JANUARY 1985 R. DE GRIJP: IRAS0107-038



VLA A-ARRAY 6CM JANUARY 1985 R. DE GRIJP: IRAS0107-038

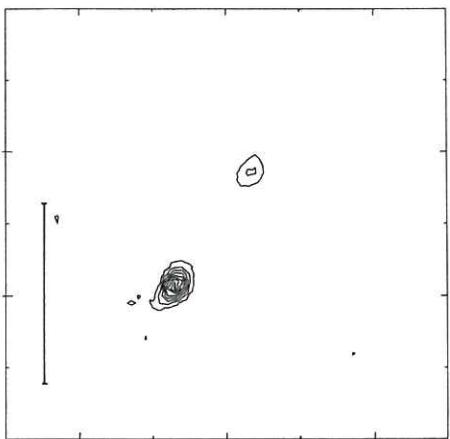


Fig. 3.5.13.

VLA observations at 6 and 21 cm of the source IRAS0107-038, showing a jet like structure. The spectrum of the south eastern core is significantly flatter than the rest. To compare the 2 figures: the vertical bar indicates 5 arc-seconds, contour levels are linear; maximum contour levels are 5 mJy at 6 cm and 11 mJy at 21 cm.

De infrarode bron IRAS 0107-038 waargenomen op 6 en 21 cm met de VLA. De schalen van de twee figuren zijn verschillend, de verticale lijn is 5 boogseconden lang.

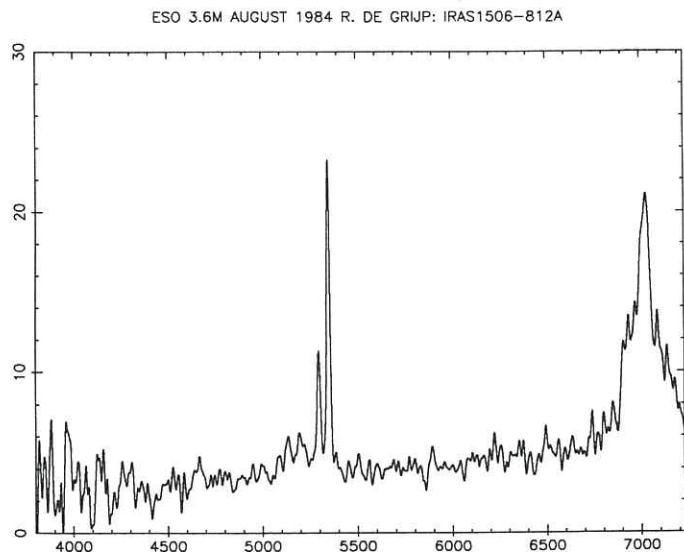


Fig. 3.5.14.

An example of the spectrum of an IRAS Seyfert; note the very broad permitted lines.

Optisch spectrum van een Seyfert stelsel uit de IRAS catalogus.

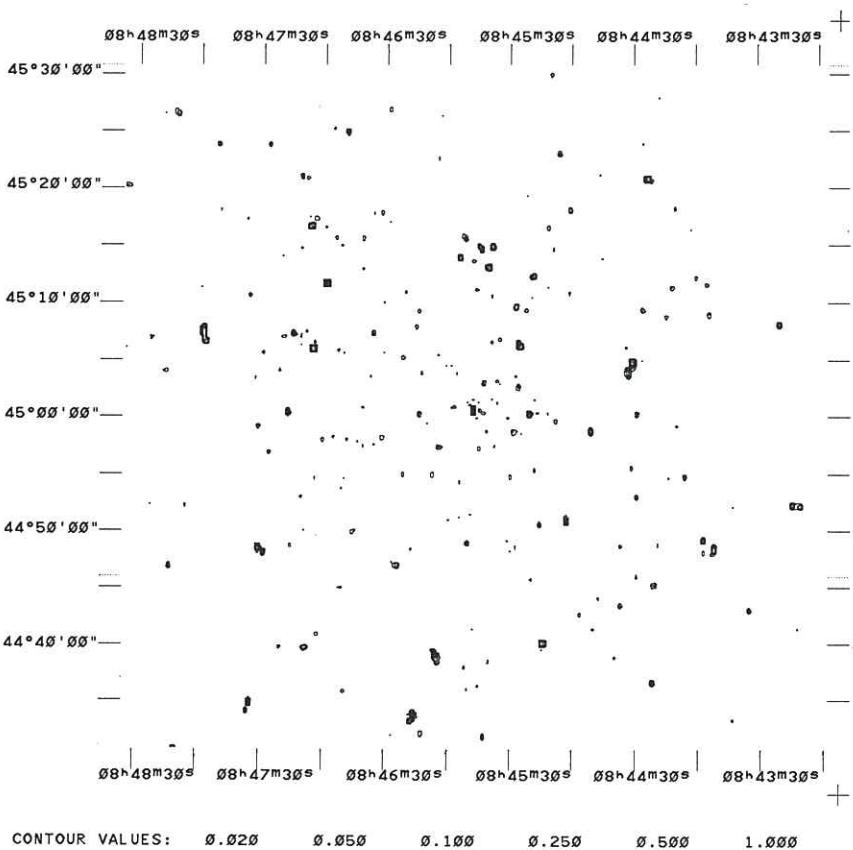


Fig. 3.5.15.

Contour map of the WSRT 21 cm Lynx.3A very deep survey field with a noise of 15  $\mu$ Jy. Lowest contour is at 100  $\mu$ Jy.

Westerbork kaart op 21 cm van het survey-veld Lynx.3A. Het laagste contour niveau bedraagt 100  $\mu$ Jy.

Three WSRT deep survey fields for the study of sub-mJy radio sources are in various stages of completion by M. Oort. All three were observed in the redundancy mode, which makes it possible to improve the dynamic range and overall quality of the maps considerably. The analysis of the field Hercules 1 (noise: 75  $\mu$ Jy), reduced together with Van Langevelde (student), has commenced. The deep source counts, based on the Lynx 2 field, seem to be confirmed by the Hercules 1 field even though the distribution of the radio sources in the two fields are radically different. A first map was made of the very deep observation of the field Lynx 3A (see Figure 3.5.15) with a noise of 15 micro Jansky. It contains over 200 sources above 5 $\sigma$ . Lastly, a field adjacent to Hercules 1, the field Hercules 2, is now being reduced (expected noise: 50  $\mu$ Jy). The four fields mentioned above all have, or will in the very near future have, deep optical identifications. All these data will be incorporated in the study of the epoch-dependent Radio Luminosity Function of radio galaxies. Moreover, anisotropies in the distribution of radio sources on scales smaller than 1° can be examined.

A second aspect of study is the morphology of radio galaxies. M. Oort and Katgert, assisted by Steeman (student) and Windhorst, have extended their VLA 1" resolution data base to 132 radio sources, of which 57 are identified with  $F < 22.5^m$  galaxies. The distinction in radio morphology between the red and blue radio galaxy populations reported before is confirmed with this larger data set. In addition, accurate positions of some 30 hitherto unidentified sources were determined. On the basis of these positions (accuracy  $\sim 0''.1$ ), Windhorst was able to identify 95% of the radio sources in the fields Hercules 1 and 2 (limiting flux 1 mJy, limiting magnitude  $r=25.5^m$ ) with the 5 m Hale telescope Four-shooter.

Steemers and M. Oort have started the reduction of the Lynx 92 cm deep survey field, of which large sections have already been observed at 21 and 50 cm and to a lesser extent, at 6 cm. Van der Laan presented a progress report of this continuing program at the Trieste Symposium.

De Bruyn, Katgert and Wieringa observed two slightly overlapping 16 deg<sup>2</sup> 92 cm fields with the WSRT for 6 x 12<sup>h</sup> each in April 1985. The reduction is progressing and at the end of the year was approaching completion. First results show about 400 sources per field above a flux density of  $\sim 3$  mJy. These fields will be used for:

- a) investigation of the spatial distribution of sources at scales up to several degrees.
- b) A study of the flux density distribution of radio sources at 92 cm.
- c) A search for faint "fading" radio galaxies.
- d) The study of possible HI emission at  $z = 3.3^4$ .

3.6. Radio astronomical research at the Astronomical Institute of Nijmegen.

Editor: W.W. Shane.

During 1985 ongoing research reported in the previous Annual Report has continued and has in some cases been completed. Various aspects of the interaction between galaxies and their environment have been investigated. A substantial supply of unreduced measurements coupled with declining personnel have led to the postponement of new observing proposals.

A pilot search for HI in voids (regions nearly devoid of galaxies) made with the 25 m telescope in Dwingeloo has been completed and analyzed by A. Hulsbosch. The results confirm that no cosmologically significant amounts of neutral hydrogen (HI) in the form of protogalaxies occur in these regions.

Hulsbosch's large survey of high velocity HI clouds has been completed. A number of interesting newly-discovered objects have been reported to other observers. A complete catalogue of results is in preparation which will make statistical analysis of the properties of these objects possible.

The analysis of the mass distribution in NGC 4594 (the Sombrero) has been completed by G. van der Burg and W. Shane. The very conspicuous halo in this galaxy differs from the halos found in other late-type galaxies not so much because of an extremely high mass but rather as the result of an exceptional light output per unit mass.

The HI survey of isolated galaxies from the Huchra-Thuan list has been continued by Shane with reduction of the remaining measurements. There are as yet no indications of substantial systematic differences in the HI distributions of isolated galaxies and those in groups.

The work on groups of galaxies in which one of the group members plays a dominant role has been continued by Van der Burg with the reduction of the remaining observations. Several examples of interaction have been found and the results statistically analyzed to obtain insight in the mass distribution within the groups.

New observations of the SBO galaxy NGC 2859 by H. Hoevers have confirmed the detection of HI from a number of its companions. Several marginal detections including two optically invisible HI clouds, however, could not be substantiated.

Observations of NGC 4273 and 4281 and the surrounding field show that the previously reported single dish detection of HI in the early-type galaxy NGC 4281 was probably incorrect and attributable to the proximity of NGC 4273 with its strong HI emission. J. van Maarseveen has been able to determine a low upper limit to the HI in NGC 4281. In another early-type galaxy, the gas rich system NGC 3593, Van Maarseveen finds relatively little HI in view

of the striking dust lane. The HI detected is limited to a small area, not larger than the optical image.

H. Caspers has completed his analysis of the HI emission from the very active galaxy NGC 2146. Besides gas in and around the region of the optical image, there are two notable HI tails, one of which extends for about  $0^{\circ}5$ . It displays a slight curve, splits up and at the end has an undisturbed velocity field. There are no indications for optical or radio continuum counterparts to these tails.

HI observations to the north and south of M51 reveal that the outermost HI arm on the southern side of the galaxy continues along the eastern edge and finally disappears in a northwesterly direction. The velocities found by R. Smeets strongly deviate from a model of circular rotation.

Observations of HI in NGC 2685 (the Spindle) by P. Cuypers with angular resolutions of  $30''$  arc and  $15''$  arc reveal that the outermost ring has a very lumpy structure, in contrast to its optical appearance. There are few indications of a connection between the bright knots in the inner structure and the HI concentrations.

### 3.7. Radio astronomical research at the Utrecht Observatory

Editor: A.D. Fokker.

#### 1. Solar work.

The student R. van Hout developed a program for scanning computer tapes for solar observations obtained with the WSRT. M. Allaart developed a processing system that allows to display radiospectrographic solar observations, stored on standard computer tape, on a monitor screen and on photographic film. The system was used for reduction of solar observations made in 1982 with a 36 channel radiospectrograph (4 - 8 GHz) designed by L.H. Sondaar to operate at a time resolution of 1 ms. Unfortunately the 4 least significant bits of the 12 bits information turned out to be lost, resulting in a deterioration of time resolution.

J. van Nieuwkoop completed his study of spectral groups of Type I bursts. Members of such groups show a systematic shift in position. An ionospheric origin of the drift could be excluded. The corresponding (apparent) velocities are of the order of 15.000 km/s.

#### 2. Acceleration of cosmic rays.

A. Achterberg, who joined the staff in January 1985, continued his research on the acceleration of energetic (cosmic ray) particles near shocks associated with supernova remnants. He completed a computer program for numerical treatment of the equations of shock acceleration. First calculations show that incident momentum flux can be converted into cosmic rays with a yield of 20 percent.

#### 3. Interacting jets.

A. Achterberg discussed recent observations of the radio galaxy 3C75 which revealed the presence of two active nuclei and of a jet with a helically braided structure. On the basis of a stability analysis he concluded that the observed structure is likely to be a transient phenomenon.

#### 4. Pulsars.

A.D. Fokker derived information on the behaviour of the radio emission beam during a pulsar's lifetime from the distribution of points in the ( $P, P$ )-plane.

4. ENGLISH SUMMARY.

4.1. Reports of the Board and the Program Committee.

4.1.1 Report of the Board.

As a service organisation for the entire Dutch Astronomical Community the Netherlands Foundation for Radio Astronomy (NFRA, RZM in Dutch) designs and builds hardware and software. Although the Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) continues to be NFRA's major instrument, the organisation is also heavily involved in instrumentation for optical telescopes for the Roque de los Muchachos Observatory on La Palma (dedicated in 1985) and the James Clerk Maxwell Telescope (built by a Dutch company) for submillimeter observations on Mauna Kea in Hawaii (cf. Figures 1.1.1 and 1.1.2).

Almost without interruptions the WSRT was used for observations either as a synthesis instrument by itself or in combination with other VLBI stations as a 'tied array'. Each of the WSRT's observing frequencies (0.3, 0.6, 1.4 and 6 GHz) was used for at least one period. The drive system on 9 of the 14 telescopes has now been replaced by a more modern and more flexible version. Major improvements in the receiver system were the completion of the extension of the Digital Line Correlator (DXB) and the installation of an 'adding box' as an interface between the Digital Continuum Backend and the Mark III VLBI terminal. The latter piece of equipment allows the full 56 MHz of VLBI bandwidth to be employed.

A prototype CCD controller, designed without being biased unduly by traditions in this field, was demonstrated to have very good characteristics. The first stage of the software to archive all La Palma data was delivered and the design for the second stage was formally approved. A common-user receiver at 345 GHz for the Maxwell Telescope neared its completion by the end of the year.

Miller Goss succeeded Ronald Allen as a member of the Board of NFRA. The rotating chairmanship of the NFRA management was passed on from Wim Brouw to Ernst Raimond. Johan Hamaker was appointed as acting head of the computer division.

Financially 1985 was characterized by serious concerns about the future of NFRA. Over a period of ten years (1981-1991) the Netherlands Organisation for the Advancement of Pure Research (ZWO) is obliged to pay annual installments of an initial capital investment to buy a 20 percent share of the optical and millimeter facilities on La Palma and Hawaii. The operational costs of the observatories will steadily increase until 1989. The temporary accumulation of both types of costs led to a gradual decrease of NFRA's budget to an unacceptable level in 1986. The Boards efforts

are directed towards finding a solution of this problem for the period 1987-1991.

#### 4.1.2. Report of the Program Committee

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

Appendix A.3. of this report lists the members of the PC as of January 1, 1986.

The PC met once in May 1985 to discuss 21 and 6-cm proposals. A total of 49 proposals were discussed of which 15 concern 6-cm continuum observations, 5 6-cm line observations, 7 21-cm continuum observations and 11 21-cm line observations. In addition 11 proposals were approved on an interim basis (4 21-cm line proposals, 6 92-cm proposals and 1 49-cm proposal).

In 1985 the WSRT was operational at all four of its wavelengths: 9 weeks at 21 cm, 16 weeks at 92 cm, 5 weeks at 49 cm and 8 weeks at 6 cm; system time is not included. In addition the WSRT participated in European and global VLBI during three periods, one at 18 cm and two at 6 cm, spanning a total of 36 days.

The debugging of the DXB continued during most of 1985. The DXB is the line backend expanded with a capability to recirculate data for bandwidths smaller than 10 MHz in order to provide up to 20480 complex channels. The slower than expected pace of trouble shooting caused the telescope calendar to lapse by a few months so that the 6 cm period planned for the summer did not start until early September. Full attention is still being given to making the DXB fully operational. The DXB worked quite well in the 92 and 49 cm continuum mode where its capacity is used to provide all four polarizations and full redundancy. By the end of 1985 the DXB did, however, not yet fully operate in the mode where the recirculation is used to provide longer spectra.

New VLBI hardware was installed to interface the DCB (broad band backend) into the Mk III terminal so the WSRT can operate as a phased array over the full 56 MHz Mk III bandwidth. This hardware was successfully used in the two 6 cm VLBI periods. Attempts to find "real-time" fringes between the WSRT and Jodrell Bank were successful for the first time in September 1985.

#### 4.2. Reports of the divisions.

##### 4.2.1. Telescope group Westerbork.

It has been difficult to trade-off observing efficiency against having sufficient time for development in 1985. Two new additions to the WSRT facilities characterize this year: the implementation of the extended-line-receiver (DXB) and the installation of the wideband adding system for VLBI. In addition the driving-gear on a large number of telescopes has been replaced.

Tables I<sup>a,b,c</sup> (section 2.1) summarize the telescope scheduling. Table II (section 2.1) gives the telescope usage in percentages of total time. Table III lists the observing time per program while table II and V and figures 2.1.1. and 2.1.2. show the main characteristics of the observing policy over the last six years.

The extension of the linereceiver (DXB) increases the number of available linereceiver (DLB) channels by recirculating the DLB data for smaller bandwidths. The implementation of the DXB caused more problems than expected. To identify and solve those problems a relatively large amount of system time was necessary. This was in direct conflict with the normal operations, so a continual balancing between "production" and "development" was essential. By the end of the year the range of possibilities of the DXB had not yet been completely tested.

The wideband adding system, interfacing the broadband receiver (DCB) and the VLBI Mk III-terminal has been installed and was used without problems. The VLBI system has got a more definitive set-up which enables easier switching between standard operation (local interferometry) and VLBI.

New driving gear together with modern electronics was installed on 9 of the telescopes, so 5 remain to be done. For the operations this meant that a number of observations had to be made with one telescope less than the standard 1<sup>4</sup>.

An experiment to diminish back-lash in the driving mechanism has been carried out on one telescope. The experiment had promising results and will be continued next year.

##### 4.2.2. Telescope group Dwingeloo.

The 25-m telescope was in continuous use this year. With minimal technical support astronomers and students run their own observing programmes. Only 2 percent of the time was lost as a result of breakdowns. The bandwidth was increased successfully to 40 MHz.

Figure 2.2.1 and Table 2.2.1 summarize the telescope usage.

#### 4.2.3. Computer Group.

1985 was a year of steady progress of projects started earlier.

In Westerbork, new software was tested and commissioned for controlling the latest receiver extensions: The recirculation upgrade ("DXB") of the spectral line receiver and the wideband signal adder for VLBI observations in "tied-array" mode. Persistent problems with the former required much attention and effort. For the VLBI observations, interface procedures were developed to provide a direct connection between the local control system and observation scheduling software provided by the VLBI network.

In Dwingeloo, disc capacity on the VAX 780 was extended to 940 MB and the Gould plotter was replaced by a laser printer unit. The machine was utilised for the full 100% of its CPU capacity for prolonged contiguous periods of time. For the near future, no relief is in sight.

DWARF, our general-purpose programming environment, was further completed, documented and prepared for exportation. Copies are now being installed in two Dutch and three foreign sites.

Plot software was adapted for the laser plotter, and an interface conforming to GKS added.

The Redundancy package was further developed in intensive collaboration with the resident astronomer-users. Map-making and Clean programs were added and the functionality of the system was expanded in many ways. This package is part of the DWARF systems exported. In Dwingeloo, it is very heavily used by both local staff and by a regular procession of visitors.

The procedure for the primary processing of Westerbork data was modified: For a number of reasons it is now more expedient to archive raw data and apply the standard calibrations only when the user requests his material. Further it was decided to overhaul the whole standard reduction package which bears the marks of ten years of eventful life; a fresh design study was started.

On the scene of the Anglo-Dutch cooperation, two group members opted for extending their assignments overseas. In Dwingeloo, development of the La Palma archive software continues. Stage 1 (data entry) was delivered in May, Stage 2 (retrieval) defined and partly realised. To accommodate delays elsewhere an intermediate a conversion program from FITS format was implemented.

#### 4.2.4. Laboratory and Central Technical Services.

The year 1985 is characterized by transition: whereas until then most of the available manpower was devoted to the SRT, most of the technical involvement is presently directed toward the UK-NL cooperation. This situation will be maintained for the coming two years when a number of production tasks are due to be completed. The number of technical staff seconded abroad is also increasing. In the course of August five Laboratory-CTD employees left for La Palma (1) and Hawaii (4).

As far as the SRT is concerned the following can be reported:

Two large SRT projects were, as far as the construction phase is concerned, completed: the extention of the spectral line receiver (DXB) and the Mark III VLBI adding system. The DXB was commissioned at the beginning of 1985 and used for observations at 610 MHz and 327 MHz in the redundancy mode. In this mode, the recirculation is used to increase the number of correlation channels. The system behaved satisfactorily.

In the spectral line mode where the recirculation is used for increasing the number of spectral channels (up to 40,000) a number of problems were encountered (eg. DC off-sets) the source of which at the end of the year and in spite of a lot of work had not yet been identified.

The Mark III VLBI adding system uses the Digital Continuum Backend (DCB) to synthesize the VLBI video signals. After a particularly quick installation and commissioning at the beginning of 1985 it could be used (successfully) although with only a core of the microcontroller software in the VLBI session.

The Hydrogen maser was also completed in time for the VLBI session. The maser behaves very satisfactorily.

On the receiver front most of the efforts went into keeping the system consisting of three series of 14 frontends of which five are cryogenically cooled, in optimal condition.

The study initiated to improve the sensitivity of the 21 cm frontend receivers is processing very slowly as a result of lack of manpower.

The projects associated with the UK-NL cooperation can be separated into two classes: work for the Maxwell Telescope (MT) and for the ING (Isaac Newton Group of telescopes) on La Palma.

The millimeter receiver development was mainly concerned with the 350 GHz receiver system which was originally conceived for the UKIRT (United Kingdom Infra Red Telescope). As a result of delays and serious problems with the 690 GHz bolometer option (microphony), the decision was taken not to use the receiver on the UKIRT and to optimize it for the MT instead.

Towards the end of the year the receiver system with an uncooled Schottky mixer with a double side band noise of 1250-1500K was sufficiently integrated to start extensive system tests. Improvements were necessary on a number of fronts. The phase-lock system for instance had to be modified to improve its reliability.

To lock the 350 GHz carcinotron to a 150 MHz synthesizer over a cable length of 50 m (return length) we had to split the error signal into a high and a low frequency component with the former signal injected directly into the carcinotron supply line via a high voltage (10 kVolt) transformer.

In the second quarter we succeeded in making a reliable coolable 350 GHz Schottky mixer. Unfortunately, the device got seriously damaged in the laboratory tests which followed. As a result to man power shortage and priorities the repairs (extensive) could only be started towards the end of the year.

Laboratory and CTD have also been directly involved in the telescope construction (Fig. 2.4.1. and 2.4.2.) and in particular in the cabling. The CTD for instance produced the cable turner which takes care of the azimuthal rotation of the telescope.

The MT-IF system which operates at 1.5 GHz and 4 GHz has also been contracted out to NFRA. Some three manyears are herewith involved. The imaging (or multibeam) project made little progress due to a number of technical difficulties. An SIS mixer-block has been fabricated but due to problems with the received junctions the device could not be tested in 1985.

Some effort was put, as a followup to a R & D package, into the design of a 1 GHz digital correlator for the MT. In December it resulted in a detailed description of a correlator chip ready for tending. The chip, to be manufactured by LSI-Logic is based on a 6072 cell-system tied up to form a 16-channel 2-bit correlator working at a clock frequency of at least 40 MHz. The internal integration time amounts to 25 msec minimum.

In the beginning of January a contract with RGO was signed for the design and construction of a modular CCD controller new style for use on the 4.2-m William Herschel Telescope on La Palma (Fig. 2.4.3.). The new controller was successfully demonstrated in Dwingeloo in October to RGO staff. It was shown to be able to control and read 2 CCDs simultaneously without loss of noise performance (we measured 4.5 electrons with the cooled GEC chip). The unit dissipates only 70 W and makes use of switched power supplies. This has been possible thanks to a configuration, with high common mode rejection (more than 100 dB).

On a small scale a number of laboratory development have taken place amongst which we find the project SCASIS (Seeing Cell Aperture Synthesis Interference Spectrograph). An experimental setup was organized at SRON, Groningen, to test the method. After a successfull demonstration, telescope time on the INT has been requested.

#### 4.2.5. Astronomy Group.

In addition to their primary responsibility of carrying out research (see 3.2.), the Astronomy Group's six members (see Appendix B.6) also perform various service duties and maintain liaison with university research groups. More than twenty astronomers working at foreign institutes visited Dwingeloo and Westerbork for periods ranging from a day or two to several months, helping us maintain our contacts with the international astronomical community.

The preprint and reprints systems were ably administered by De Bruyn. In 1985 seventeen preprints and fifteen reprints were issued.

Foley was responsible for the local organization of our VLBI effort, having been involved in three observing sessions. He also improved some of the data reduction programs. Schilizzi coordinates the efforts to set up a European VLBI data processing facility, and was the driving force behind the publication of a brochure describing the European VLBI Consortium. He was also heavily involved in the QUASAT Assessment Study and discussions with colleagues from the Soviet Union about participation in their Radioastron project. He chaired the EVN program committee for the entire year.

Many astronomers have made use of the reduction programs in Dwingeloo for improving the dynamic range of their Westerbork data by means of redundancy and self-calibration techniques. De Bruyn has often advised them, and prepared a manual describing the programs and their use. Skillman maintains the AIPS package, which runs on the Dwingeloo VAX 780. He was also responsible for troubleshooting, making changes to the software, and installing new versions of AIPS (three in the course of the year).

Watt serves as contact person for millimeter developments. He helped organize a workshop on this topic early in the year which attracted much attention (forty participants from Dutch institutes). He has also devoted much time to testing the software of the AOS backend which will ultimately be installed on the Maxwell Telescope, and at the end of the year was planning test observations with the 350 GHz frontend.

1985 saw the first summer student program, in which students in astronomy are given the opportunity of carrying out research under the supervision of members of the Astronomy Group. In total, four participants (one from the U.S.A., one from Poland and two from Italy) spent nearly three months in Dwingeloo reducing Westerbork and VLBI data. The program was deemed a success, and it is planned to repeat it in 1986.

Olnon spent considerable effort producing an atlas of low resolution IRAS spectra. All 5425 spectra from the catalogue will be published in 1986.

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; sending staff abroad; the supervision of the Dwingeloo observatory.

A lot of effort was involved in sending the first three staff members and their families to Hawaii as part of the UK/NL collaboration and to the building and furnishing of a house on La Palma destined for Dutch staff working on the island.

The budget (see Appendix C) is divided into an operating budget and an investment budget.

One of the traditional duties of the Foundation is furnishing information about astronomy and techniques to the public, particularly the numerous tourists and school groups visiting the observatories in Dwingeloo and Westerbork.

Appendix A. ORGANISATIE (per 1 januari 1986)

A.1. Bestuur van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg.

Einde termijn

|  |            |
|--|------------|
| * Prof. Dr. H. van der Laan, voorzitter      | 31-12-1988 |
| Prof. Dr. H.C. van de Hulst, vice-voorzitter | 31-12-1986 |
| * Prof. Dr. H. van Woerden, secretaris       | 31-12-1987 |
| Prof. Dr. W.M. Goss                          | 31-12-1988 |
| * Prof. Dr. W.B. Burton                      | 31-12-1989 |
| Prof. Dr. A. Dymanus                         | 31-12-1988 |
| * Ir. C. Kramer                              | 31-12-1986 |
| Ir. F.R. Neubauer                            | 31-12-1986 |
| * Dr. Ir. J. van Nieuwkoop                   | 31-12-1987 |
| Drs. B. de Raad                              | 31-12-1987 |
| Prof. Dr. C. Zwaan                           | 31-12-1987 |

\* Deze bestuursleden vormen het Dagelijks Bestuur.

Uitvoerend secretaris:

A.H. Schöller  
Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg  
Postbus 2  
7990 AA DWINGELOO  
tel. 05219-7244  
telex: 42043 srzm nl  
facsimile: (31)52197332

De directeur van de Nederlandse organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) wordt uitgenodigd de bestuursvergaderingen bij te wonen.

A.2. Direktie.

Dr. E. Raimond, voorzitter  
A.H. Schöller, secretaris, Hoofd Bureau  
Ir. J.F. van der Brugge, Hoofd Centrale Technische Dienst  
Ir. J.L. Casse, Hoofd Laboratorium  
Ir. H.C. Kahlmann, Hoofd Telescoopgroep  
Drs. J.P. Hamaker, Hoofd Computergroep  
Dr. R.G. Strom, Hoofd Astronomengroep

A.3. Commissies.

Programma Commissie.

Prof. Dr. W.M. Goss, voorzitter  
\* Dr. J.M. van der Hulst, secretaris  
Prof. Dr. W.B. Burton  
\* Ir. H.C. Kahlmann  
Dr. P.C. van der Kruit  
Prof. Dr. H. van der Laan  
Prof. Dr. J.H. Oort  
\* Dr. E. Raimond  
Dr. U.J. Schwarz  
Dr. P.A. Shaver  
\* Dr. Ir. C. Slottje  
Dr. R.G. Strom  
  
\* leden qualitate qua

Buitenlandse Adviseurs.

|                         |                   |           |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| Dr. R.D. Ekers          | NRAO              | USA       |
| Dr. D. Downes           | IRAM              | Frankrijk |
| Dr. J.M. Beckers        | Nat.Opt.Astr.Obs. | USA       |
| Prof.V.R. Radhakrishnan | Raman Institute   | India     |
| Dr. F.G. Smith          | Jodrell Bank      | Engeland  |

Quality Monitoring Committee.

Dr. R.G. Strom, voorzitter  
Drs. M. Oort  
Dr. A.G. de Bruyn  
Dr. J.M. van der Hulst  
Dr. E. Raimond  
Dr. U.J. Schwarz  
Drs. H.W. van Someren Greve  
Dr. T.A.Th. Spoelstra

De voorzitter van het Bestuur van de Stichting wordt voor de vergaderingen van de Commissies uitgenodigd.

A.4. Ondernemingsraad SRZM.

P. Hellinga, voorzitter  
G.N.J. van Diepen, secretaris  
Y.W. Kroodsma  
S. Sijtsma  
J. Tenkink  
O.A. Hofman  
A. Wolfers

A.5. Algemene kontakten voor popularisering.

D. Hoogenraad  
Dr. Ir. C. Slottje

A.6. Magazijncommissie.

J.F. Roosjen - voorzitter  
W. Huiskamp - secretaris  
P.C. Jager  
R. Kiers  
N. Schonewille  
H.J. Stiepel  
P.A. Wesdorp

A.7. Meetinstrumentencommissie.

Ir. J.F. van der Brugge - voorzitter  
H.J. Borkhuis - secretaris  
Ir. A. van Ardenne  
A.C. Hin  
W. Huiskamp  
Ing. R.P. Millenaar  
J.F.N. Roosjen

A.8. (Inter)nationale commissies.

Ned. Microgolf contactgroep  
Receiver Working Group MT  
VLBI Technical Working Group  
QUASAT assessment study team  
Leids Sterrewacht Fonds  
Leids Kerkhoven Bosscha Fonds  
Steering Committee FAST Hipparcos reduction  
consortium  
Rijkscommissie voor Geodesie

Ir. A. van Ardenne  
Ir. A. van Ardenne  
Ir. A. van Ardenne  
Ir. A. van Ardenne  
Dr. W.N. Brouw  
Dr. W.N. Brouw  
Dr. W.N. Brouw  
Dr. W.N. Brouw

|   |  |
|---|--|
| IAU Commissie 8   | Dr. W.N. Brouw                             |
| IAU Commissie 40  | Dr. W.N. Brouw                             |
| Stuurgroep UK/NL  | Dr. A.G. de Bruyn                          |
| International Panel for Allocation of<br>Telescope Time (PATT)  | Dr. A.G. de Bruyn                          |
| LWG Sterrenstelsels Commissie   | Dr. A.G. de Bruyn                          |
| Projekt coordinator UK/NL samenwerking  | Ir. J.L. Casse                             |
| MT Management Committee   | Ir. J.L. Casse                             |
| Stuurgroep UK/NL  | Ir. J.L. Casse                             |
| Redactiecommissie DECUS Holland Bulletin  | Drs. J.P. Hamaker                          |
| IAU Commissie 40  | J.M. van der Hulst                         |
| IAU Commissie 28  | J.M. van der Hulst                         |
| Commissie Landelijke Werkgemeenschap<br>Sterrenstelsels   | J.M. van der Hulst<br>(secretaris)         |
| Inter Union Commission for the Allocation<br>of Frequencies (IUCAF)   | Ir. H.C. Kahlmann<br>(correspondent)       |
| Nationale CCIR-Schaduw Commissie II   | Ir. H.C. Kahlmann<br>(waarnemer)           |
| Nationaal URSI comite   | Ir. H.C. Kahlmann                          |
| Joint IRAS Scientific Working Group (JISWG)   | Dr. E. Raimond                             |
| IRAS Stuurgroep   | Dr. E. Raimond                             |
| Commissie LWG Sterrenstelsels   | Dr. E. Raimond                             |
| Working group on the coordination of<br>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<br>Overseas Telescopes  | Dr. E. Raimond                             |
| European VLBI Program Committee-chairman  | Dr. R.T. Schilizzi                         |
| ESA QUASAT Science Team   | Dr. R.T. Schilizzi                         |
| Inter Union Commission for the Allocation<br>of Frequencies (IUCAF)   | Dr. R.T. Schilizzi<br>(IAU representative) |
| International Association of Geodesy:<br>Subcommission on International Radio<br>Interferometric Surveying (IRIS) | Dr. R.T. Schilizzi                         |
| IAU Commissie 40  | Dr. R.T. Schilizzi                         |
| IAU Commissie 50  | Dr. R.T. Schilizzi                         |
| Committee of European Solar Radio<br>Astronomers (CESRA)  | Dr. Ir. C. Slottje                         |
| European Physical Society: Solar Physics<br>Section, Astronomy and Astrophysics<br>Division                       | Dr. Ir. C. Slottje                         |
| Ned. Astronomen Club  | Dr. T.A.Th. Spoelstra<br>(secretaris)      |
| International Association of Geodesy,<br>Special Study Group 2.84   | Dr. T.A.Th. Spoelstra                      |
| International Association of Geodesy,<br>Special Study Group 4.93   | Dr. T.A.Th. Spoelstra                      |
| IAU Commissie 8 - WGAR  | Dr. T.A.Th. Spoelstra                      |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Commissie LWG Interstellaire Materie     | Dr. R.G. Strom        |
| IAU Commissie 28 - Galaxies              | Dr. R.G. Strom        |
| IAU Commissie 34 - Interstellar Material | Dr. R.G. Strom        |
| Organizing Committee IAU Commissie 40-   |                       |
| Radio Astronomy                          | Dr. R.G. Strom        |
| UKIRT Users Committee                    | Dr. G.D. Watt         |
| Nederlandse Microgolf contactgroep       | Ir. E.E.M.Woestenburg |

Appendix B. PERSONEEL (stand per 1 januari 1986)

Voorzitter van de Directie Dr. E. Raimond

B.1. Bureau van de Stichting.

|                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling           | A.H. Schöller                  |
| 2. Administratief medewerker       | P. Hellinga                    |
| 3. Administratief medewerker       | N.B.B. de Vries                |
| 4. Secretaresse                    | Mevr.J.H.Millenaar-Ekkelenkamp |
| 5. Administratief medewerkster     | Mej. I. Greveling              |
| 6. Administratief medewerker       | A. Koster                      |
| 7. Administratief medewerkster     | Mej. K.A.A. Oving              |
| 8. Typiste/telefoniste 1)          | Mej. R. Kremers                |
| 9. Concierge/onderhoudstechnikus   | J. Pit                         |
| 10. Kantinebeheerster/huishoudster | 1) Mej. A. Meijering           |
| 11. Kantinebeheerster/huishoudster | 1) Mej. G. Sterk               |
| 12. Schoonmaakster 1)              | Mevr.H.Eising-Zoer             |
| 13. Schoonmaakster 1)              | Mevr.I.Hoek-de Weerd           |
| 14. Schoonmaakster 1)              | Mevr.R.Kiers-Fledderus         |
| 15. Schoonmaakster 1)              | Mevr.E.Oosterloo-Scheffer      |

B.2. Telescoopgroep.

|                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling          | Ir. H.C. Kahlmann         |
| 2. Hoofd waarneembedrijf          | W.H.J. Beerekamp          |
| 3. Wetenschappelijk waarnemer     | Dr. J.M. van der Hulst    |
| 4. Ontvangeringenieur             | A.C. Hin                  |
| 5. Projekt technikus              | A. Wolfers                |
| 6. Waarnemer/gegevensverwerker 1) | P. van den Akker          |
| 7. Waarnemer/gegevensverwerker    | G. Kuper                  |
| 8. Waarnemer/gegevensverwerker    | S. Sijsma                 |
| 9. Waarnemer/gegevensverwerker    | J. Tenkink                |
| 10. Ontvanger technikus           | H.J. Stiepel              |
| 11. Computer technikus            | J. Weggemans              |
| 12. Mechanisch technikus          | J. Stolt                  |
| 13. Mechanisch technikus          | A. ter Wiel               |
| 14. Elektrisch technikus          | K. Jansen                 |
| 15. Telefoniste/secretaresse 1)   | Mevr. I. Bos-Prakken      |
| 16. Bewaker/tuinman               | D.J. Haanstra             |
| 17. Bewaker/tuinman               | K. Kreeft                 |
| 18. Bewaker/tuinman               | H. Oostenbrink            |
| 19. Schoonmaakster 1)             | Mevr. K.R. van Wijk-Smits |
| 20. Stagiair                      |                           |

1) deeltijd

B.3. Centrale Technische Dienst.

|                                       |                           |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling              | Ir. J.F. van der Brugge   |
| 2. Hoger elektronikus                 | W. Huiskamp               |
| 3. Hoger technikus                    | D. Hoogenraad             |
| 4. Hoger technikus                    | R.J.H. van 't Land        |
| 5. Hoger technikus                    | B.A.P. Schipper           |
| 6. Technisch dokumentalist            | G.B.B. van der Toorn      |
| 7. Elektronisch technikus             | H.J. Borkhuis             |
| 8. Elektronisch technikus             | K. Brouwer                |
| 9. Elektronisch technikus             | J. Buitier                |
| 10. Elektronisch technikus            | Y.J. Koopman              |
| 11. Elektronisch technikus            | A.M. Koster               |
| 12. Elektronisch technikus            | L. Nieuwenhuis            |
| 13. Elektronisch technikus            | P.H. Riemers              |
| 14. Elektronisch technikus            | N. Schonewille            |
| 15. Elektronisch technikus            | H. Snijder                |
| 16. Elektronisch technikus            | P.A. Wessdorp             |
| 17. Elektronisch technikus            | S.Th. Zwier               |
| 18. Electronisch technikus - La Palma | H.E.J. de Graaf           |
| 19. Elektronisch technikus - Hawaii   | L.H.R. de Haan            |
| 20. Elektronisch technikus - UK/NL    | vakature                  |
| 21. Fotograaf                         | H.W.H. Meijer             |
| 22. Magazijnmeester                   | P.C. Jager                |
| 23. Medewerker algemene dienst        | J. Grit                   |
| 24. Stagiair                          |                           |
| 25. Stagiair                          |                           |
| 26. Stagiair                          |                           |
| 27. Stagiair                          |                           |
| 28. Stagiair                          |                           |
| 29. Stagiair                          |                           |
| 30. Stagiair                          |                           |
| 31. Chef instrumentmakerij            | I. Starre                 |
| 32. Sous chef instrumentmakerij       | M. Pauw                   |
| 33. Mechanisch technikus              | J. Bakker                 |
| 34. Mechanisch technikus              | M. Bakker                 |
| 35. Mechanisch technikus              | J.S. Dekker               |
| 36. Mechanisch technikus              | J. Idserda                |
| 37. Mechanisch technikus              | T.J. de Jong              |
| 38. Mechanisch technikus              | G.J.M. Koenderink         |
| 39. Mechanisch technikus              | B. Siersema (tot 1-9-'86) |
| 40. Technisch tekenaar                | R. van Dalen              |
| 41. Technisch tekenaar                | J. Slagter                |

B.4. Laboratorium

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling                    | Ir. J.L. Casse         |
| 2. Ingenieur                                | Ir. A. van Ardenne     |
| 3. Ingenieur                                | Dr. Ir. A. Bos         |
| 4. Ingenieur                                | Ir. J.D. Bregman       |
| 5. Ingenieur                                | Ir. L.H. Sondaar       |
| 6. Ingenieur                                | Ir. E.E.M. Woestenburg |
| 7.  | vakature               |
| 8. Hoger elektronikus                       | A. Doorduin            |
| 9. Hoger elektronikus                       | A. Koeling             |
| 10. Hoger elektronikus                      | Ing. R.P. Millenaar    |
| 11. Hoger elektronikus                      | L.J. van der Ree       |
| 12. Hoger elektronikus                      | J.F.N. Roosjen         |
| 13. Elektronisch technikus                  | R. Kiers               |
| 14. Elektronisch technikus                  | A.G. Poot              |
| 15. Electronics engineer                    | Ph.M. Dooley           |
| (uitwisseling met NRAO; ZWO bezoekersbeurs) |                        |

B.5. Computergroep.

|                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling        | Dr. J.P. Hamaker                  |
| te Dwingeloo:                   |                                   |
| 2. Systeemontwerper             | Dr. W.N. Brouw                    |
| 3. Systeemontwerper             | Ir. J.E. Noordam                  |
| 4. Systeemontwerper             | Dr. F.M. Olnon                    |
| 5. Systeemontwerper             | Drs.H.W.van Someren-Greve         |
| 6. Systeemontwerper             | Dr. T.A.Th. Spoelstra             |
| 7. Programmeur                  | G.N.J. van Diepen                 |
| 8. Programmeur                  | S. Drenth                         |
| 8. Programmeur                  | Ing. K. Kombrink<br>(tot 6-1-'86) |
| 9. Programmeur                  | Y.W. Kroodsma                     |
| 10. Programmeur                 | Mej. H.H.J. Lem                   |
| 11. Programmeur                 | P. van der Velde                  |
| 12. Programmeur                 | H.J. Vosmeijer                    |
| 13. Technisch systeem beheerder | O.A. Hofman                       |
| 14. Hoofd reduktiegroep         | Dr.Ir. C. Slottje                 |
| 15. Reduktie medewerker         | D.J.J. Moorrees                   |
| 16. Reduktie medewerker         | Vakature                          |
| te Leiden:                      |                                   |
| 17. Programmeur                 | K. Weerstra                       |
| te Groningen:                   |                                   |
| 18. Programmeur                 | A.H.W.M. Coolen                   |

te Westerbork:

- |                 |           |
|-----------------|-----------|
| 19. Programmeur | T. Grit   |
| 20. Programmeur | B. Kramer |

B.6. Astronomen.

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Hoofd van de afdeling | Dr. A.G. de Bruyn  |
| 2. Astronom              | Dr. A.R. Foley     |
| 3. Astronom              | Dr. R.T. Schilizzi |
| 4. Astronom              | Dr. E.D. Skillman  |
| 5. Astronom              | Dr. R.G. Strom     |
| 6. Astronom              | Dr. G.D. Watt      |

B.7. Werkstudenten.

- |                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 1. Mevr. C.J. Hindriks-van Tongen | 1) 2) |
| Mevr. H.A. Versteeg-Hensel        | 1)    |
- 1) deeltijd  
2) assistente PC-voorzitter

Appendix C. FINANCIEN.

|  | <u>1985</u> | <u>1986</u> |
|--|-------------|-------------|
| Totaal subsidie                            | 13.400 kf   | 13.740 kf1  |
| Waarvan                                    |             |             |
| Salariëringkosten<br>en                    | 7.005 kf1   | 7.100 kf1   |
| R.Z.M. bijdragen aan<br>UK/NL samenwerking | 3.200 kf1   | 3.900 kf1   |

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 een arsenaal van gereedschappen en talenten aanwezig (Laboratorium uitrusting, programmatuur, e.d.) dat ook voor niet radiosterrenkundigen interessante mogelijkheden biedt.

1. Waarnemfaciliteiten Westerbork.

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 radiotelescoop met een diameter van 2,8 km. De telescopen hebben een richtnauwkeurigheid van 15 à 20 boogseconden en een oppervalkte 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:<br>(bij kleine bandbreedte) | 6:4770-5020MHz<br>18:1570-1720MHz<br>21:1365-1425MHz | 4770-<br>5020MHz | 1365-<br>1425MHz | 607.25-<br>609.75MHz | 325.0-<br>328.6MHz |
| Polarisaties                                  | 2 dipolen  | 2 dipolen        | 2 dipolen        | 2 dipolen            | 2 dipolen          |
| Systeem-temperatuur:                          | 6: 55 K<br>18: 55 K<br>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 genoemd) te doen en is de lijnontvanger voorzien van een uitbreiding (DXB genoemd) 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 oude 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 frekventie punten en 16 interferometers met elk 4 polarisaties in 1-bit mode of 8 frekventie 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, 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 in eerste instantie op schijfgezet na een eerste bewerking en

| Systeem:  | Lijnontvanger   | Continuum<br>ontvanger                | VLBI systeem<br>smalbandig                      | VLBI systeem<br>breedbandig                                 |
|---|---|---------------------------------------|---|---|
| Afkorting:  | DXB (DLB)   | DCB                                   | MARK II C                                       | MARK III  |
| Max. bandbreedte<br>Banden:<br>Aantal<br>(complexe)<br>kanalen: | 10 MHz<br>10; 5; 2,5; 1,25;<br>...0,078 MHz<br>afhankelijk van<br>bandbreedte en<br>bit-mode<br>max. 20480<br>min. 1280 | 80 MHz<br>(8x10)<br>10, 5 MHz<br>2048 | 2 MHz<br>15; 62; 250; 500 KHz;<br>1; 2 MHz<br>1 | 56 MHz<br>(14x4)<br>0,125; 0,25, 0,5<br>1; 2; 4 MHz<br>14x2 |

Tabel D.1. Overzicht beschikbare backend systemen voor de SRT.

uiteindelijk naar magneetband gekopieerd voor verdere verwerking in Dwingeloo. Voor standaard waarnemingen is een beperkt aantal veel gevraagde correlatorconfiguraties permanent beschikbaar. Speciale configuratie zijn op verzoek echter vaak ook te verwezenlijken.

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, zij 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 extreem 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 verdelen.

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.

| $\lambda$ | DXB              | DCB        |          |
|-----------|------------------|------------|----------|
| 6         | .16 mJy (10 MHz) | 60 $\mu$ J | (80 MHz) |
| 21        | .10 mJy (10 MHz) | 60 $\mu$ J | (40 MHz) |
| 49        | .4 mJy (2.5 MHz) | -          |          |
| 92*       | .6 mJy (2.5 MHz) | -          |          |

\* De meeste metingen op deze golflengte zullen door "confusion" beperkt zijn en deze grens niet halen.

### 1.2. Waarnemen met de SRT.

Voor het doen van waarnemingen wende men zich tot de Programma Commissie (zie App. A3). Men dient in het algemeen een waarnemformulier 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 waarneemmodus afwijkt wordt aangeraden eerst contact op te nemen met een van de RZM stafastronomen.

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.

2. Waarnemfaciliteiten Dwingeloo.

2.1. 25 m telescoop.

Diameter: 25 m, altazimuth opstelling  
Richtnauwkeurigheid: ca. 1 boogmin.  
Oppervlaktenauwkeurigheid: 2 à 2,5 mm.  
Apertuur efficiency: 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<br>18/21 cm 6 cm | 78 kHz lijn<br>18/21 cm 6 cm |
|---------|-----------------------------------|------------------------------|
| 5 x rms | 20 mJy 50 mJy                     | 150 mJy 400 mJy              |

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.

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/R.G. Strom). 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"<br>digitale correlator   |  | Reduktie |  |
|--------------|-----------------------|---------------|--------------|--|--|----------|--|
| Systeem      | T <sub>sys</sub><br>* | Freq. bereik  | Polarisatie  | Bandbreedte en<br>resolutie  |  | T        |  |
| 21 cm<br>FET | 36K                   | 1375-1425 MHz | lin          | 40, 20 of 10 MHz<br>of 2x5 MHz-2x67 KHz;<br>256 kanalen of 2x<br>128 kanalen; 1 of<br>2 bits |  | 0,1 s    | op HP1000 (on line)<br>op VAX11/780; plots van<br>gereduceerde spectra |
| 18 cm<br>FET | 36K                   | 1580-1725 MHz | lin,<br>circ | idem   |  | 0,1 s    | idem   |
| 6 cm         | 60K                   |               |              |  |  |          |  |

\* Gemeten op de pool

Tabel D.2. Ontvangers voor gebruik in de 25-m telescoop (9 fm/K)

Appendix E. PUBLIKATIES EN RAPPORTEN.

E.1. Onderzoek artikelen.

Albada, T.S. van, Bahcall, J.N., Begeman, K., Sancisi, R., "Distribution of dark matter in the spiral galaxy NGC 3198", Ap. J. 295, 305.

Arnal, E.M., Goss, W.M., "Westerbork observation of 6cm H<sub>2</sub>CO in W51A", Astron. Astrophys. 145, 369.

Backer, D.C., Fomalont, E.B., Goss, W.M., Taylor, J.H., Weisberg, J.M., "Accurate timing and interferometer positions for the millisecond pulsar 1937+21 and the binary pulsar 1913+16", Astron. J. 90, 2275.

Barthel, P.D., Miley, G.K., Schilizzi, R.T., Preuss, E., "Compact radio cores in extended quasars", Astron. Astrophys. 140, 399.

Barthel, P.D., Miley, G.K., Schilizzi, R.T., Preuss, E., Cornwell, T.J., "Two-epoch observations of the core radio structure in extended quasars", Astron. Astrophys. 151, 131.

Barthel, P.D., Schilizzi, R.T., Miley, G.K., Jägers, W.J. and Strom, R.G., "The large and small scale radio structure of 3C236", Astron. Astrophys. 148, 243.

Baud, B., Sargent, A.J., Werner, M.W., Bentley, A.F., "Radio and infrared observations of OH/IR stars at tangential point and near the galactic center", Ap. J. 292, 628..

Biermann, P., Strom, R.G. and Bartel, N., "NGC 6212: an elliptical galaxy with a highly active nucleus", Astron. Astrophys. 147, L27.

Bos, A., "On instrumental effects in spectral line synthesis observations", Ph.D. Thesis, University of Leiden.

Braun, R., Walterbos, R.A.M., "A solution to the short spacing problem in radio interferometry", Astron. Astrophys. 143, 307.

Bregman, J.D. and Casse, J.L., "A Simulation of the thermal behaviour of the UK-NL millimeter wave Telescope", Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 6, no. 1, 25.

- Breugel, W. van, Miley, G.K., Heckman, T., Butcher, H., Bridle, A., "Optical emission-line gas associated with the radio source 3C277.3", *Ap. J.* 290, 496.
- Broeils, A.H., Sancisi, R., "The "thick" radio disk of NGC 4565", *Astron. Astrophys.* 153, 281.
- Burg, G. van der, "HI observations of some galaxies and their faint companions", *Astron. Astrophys. Suppl.* 62, 147.
- Conway, R.G. and Strom, R.G., "Linear polarization at  $\lambda 49$  cm of 27 double radio sources", *Astron. Astrophys.* 146, 392.
- Fanti, C., Fanti, R., Parma, P., Schilizzi, R.T., Breugel, W.J.M. van, "Compact steep spectrum 3CR radio sources: VLBI observations at 18 cm", *Astron. Astrophys.* 143, 292.
- Feretti, L., Giovannini, L., Padrielli, L., Roland, J., Valentijn, E.A., "The wide angle tailed radio source NGC 2329 in the cluster A 569", *Astron. Astrophys.* 147, 321.
- Foley, A.R. and Davis, R.J., "MERLIN radio observations of the quasar 3C273", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 216, 679.
- Ford, H.C., Crane, P.C., Jacoby, G.C., Lawrie, D.G. and Hulst, J.M. van der, "Bubbles and Jets in the Center of M51", *Ap. J.*, 293, 132.
- Forster, J.R., Goss, W.M., Gardner, F.F., Stewart, R.T., "A speech for  $H_2CO$  emission towards OH masers", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 216, 35p.
- Goss, W.M., Schwarz, U.J., Gorkom, J.H., van, Ekers, R.D., "The Sgr A east HII complex at  $\ell = -0^{\circ}07$ ", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 215, 69p
- Goss, W.M., Tilanus, R.P.J., "Westerbork 6 cm observations of  $H_2CO$  absorption in the direction of W49A", *Mont. Not. R. Astr. Soc.* 215, 197.
- Goss, W.M., Viallefond, F., "VLA observations of three M33 supernova remnants at 20 cm", *Ap. Astron.* 6, 145.
- Habing, H.J., Olnon, F.M., Chester, T., Gillett, F., Rowan-Robinson, M., Neugebauer, G., "Stars in the bulge of our galaxy detected by IRAS", *Astron. Astrophys.* 152, L1.

Hacking, P., Neugebauer, G., Emerson, J.P., Beichman, C.A., Chester, T.J., Gillett, F.C., Habing, H.J., Helou, G., Houck, J.R., Olmon, F.M., Rowan-Robinson, M., Soifer, B.T., Walker, D., "The brightest high-latitude 12-micron IRAS sources", Publ. Astron. Soc. Pacific 97, 633.

Hamaker, J.P., "CERBERUS: Privileged and read-only command procedures. The Pageswapper", Newsletter of the US DEC Users Society VAX Group.

Hamaker, J.P., "Plugging a security leak in CERBERUS", Newsletter of the US DEC Users Society VAX Group.

Hanisch, R.J., Strom, R.G., Jaffe, W.J., "The nature of the diffuse radio source near Coma A", Astron. Astrophys. 153, 9.

Herman, J., Baud, B., Habing, H.J., Winnberg, A., "VLA observations of OH/IR stars", Astron. Astrophys. 143, 122.

Herman, J., Baud, B., Habing, H.J., "VLA 6 cm continuum observations of OH/IR stars", Astron. Astrophys. 144, 514.

Herman, J., Habing, H.J., "Time variations and shell sizes of OH masers in late-type stars", Astron. Astrophys. Suppl. 59, 523.

Hucht, K.A. van der, Jurriens, T.A., Olmon, F.M., The, P.S., Wesselius, P.R., Williams, P.M., "IRAS observations of Sand.3 and M1-67: two new planetary nebulae with Wolf-Rayet nuclei", Astron. Astrophys. 145, L13.

Hucht, K.A. van der, Olmon, F.M., "The neon abundance of the Wolf-Rayet star in gamma2 Velorum", Astron. Astrophys. 149, L17.

Hulsbosch, A.N.M., "A deep survey for high-velocity clouds", I.A.U. Symp. 106, 409.

Hulst, J.M. van der and Hummel, E., "The First Detection of a Radio Continuum Bridge Between Interacting Galaxies", Astron. Astrophys. 150, L7.

Hummel, E., Pedlar, A., Hulst, J.M. van der and Davies, R.D., "A Radio Continuum Survey of Sbc Spiral Galaxies at 1.465 GHz", Astron. Astrophys. Suppl. 60, 293.

Jägers, W.J., Grijp, M.H.K. de, "The radio structure of 3C 130 interpreted with a dynamical model", Astron. Astrophys. 143, 176.

Kaastra, J.S., "Solar flares - an electrodynamic model", Ph.D. thesis, University of Utrecht.

.. Kalberla, P.M.W., Schwarz, U.J., Goss, W.M., "High-resolution mapping of galactic HI in the direction of 3C147", Astron. Astrophys. 144, 27.

Katgert-Merkelijn, J.K., Robertson, J.G., Windhorst, R.A., Katgert, P., "A Westerbork survey of the Einstein X-ray observatory deep survey areas. I. The 0.6 and 1.4 GHz catalogues, source counts and spectral index distributions", Astron. Astrophys. Suppl. 61, 517.

Keel, W.C., Kennicutt, R.C., Hummel, E. and Hulst, J.M. van der, "Effect of Interactions on Spiral Galaxies. I. Nuclear Activity and Star Formation", Astron. J. 90, 708.

Knapp, G.R., Driell, W. van, Woerden, H. van, "Distribution and motions of atomic hydrogen in lenticular galaxies. III. NGC. 3998", Astron. Astrophys. 142, 1.

Kron, R.G., Koo, D.C., Windhorst, R.A., "A deep Westerbork survey of areas with multicolor Mayal 4 m plates. III. Photometry and spectroscopy of faint source identifications", Astron. Astrophys. 146, 38.

Krumm, N., Driell, W. van, Woerden, H. van, "Distribution and motions of atomic hydrogen in lenticular galaxies. IV. A ring of HI around NGC 4262", Astron. Astrophys. 144, 202.

Kuijpers, J., van der Hulst, J.M., "Interpretation of Unpolarized Radio Emission from RS CVn stars", Astron. Astrophys. 149, 143.

Kwok, S., Purton, C.R., Matthews, H.E., Spoelstra, T.A.Th., "Radio Synthesis Observations of M2-9, the Butterfly nebula", Astron. Astrophys. 144, 321.

Lawrence, C.R., Readhead, A.C.S., Linfield, R.P., Payne, D.G., Preston, R.A., Schilizzi, R.T., Porcas, R.W., Booth, R.S., Burke, B.F., "Strong source VLBI survey at 22 GHz", Astron. J. 296, 458.

Liszt, H.S., Burton, W.B., Hulst J.M. van der, "Associations between neutral and ionised gas in Sgr A", Astron. Astrophys 142, 237.

Liszt, H.S., Burton, W.B., Hulst J.M. van der, "A High resolution HI Absorption Spectrum of Sgr A", Astron. Astrophys 142, 245.

- Matthews, H.E., Olmon, F.M., Winnberg, A., Baud, B., " $H_2^0$  sources near the galactic plane: a pilot systematic survey", Astron. Astrophys. 149, 227.
- Mitchell, G.F., Watt, G.D., "Molecular abundances in shocked diffuse clouds: results from time-dependent modelling and comparison with diffuse cloud abundances", Astron. Astrophys. 151, 121.
- Oort, M.J.A., Windhorst, R.A., "A very deep Westerbork survey of a field previously observed with the VLA", Astron. Astrophys. 145, 405.
- Parma, P., Ekers, R.D., Fanti, R., "High-resolution radio observations of low-luminosity radio galaxies", Astron. Astrophys. Suppl. 59, 511.
- Pottasch, S.R., Preite-Martinez, A., Olmon, F.M., Raimond, E., Beintema, D.A., Habing, H.J., "Highly ionized neon in the planetary nebula NGC 6302", Astron. Astrophys. 143, L11.
- Roelfsema, P.R., Allen, R.J., "Radio observations of HI in UGC 2885, the largest identified Sc galaxy", Astron. Astrophys. 146, 213.
- Schwarz, U.J., "HI synthesis observations of the peculiar galaxy NGC 3718 and its companion NGC 3729", Astron. Astrophys. 142, 273.
- Shaver, P.A., Pottasch, S.R., Salter, C.J., Patnaik, A.R., Gorkom, J.H. van, Hunt, G.C., "The compact radio source near G 357.7-0.1", Astron. Astrophys. 147, L23.
- Shostak, G.S., Tarter, J., ""SIGNAL" search for intelligence in the galactic nucleus with the array of the Lowlands", Acta Astronautica 12, 369.
- Skillman, E.D., "Spatial Variations in the Physical Conditions in the Giant Extragalactic HII Region NGC 5471", Astrophys. J. 290, 449.
- Slootmaker, A., Herman, J., Habing, H.J., "OH emission from Mira variables, infrared stars and molecular clouds", Astron. Astrophys. Suppl. 59, 465.
- Spoelstra, T.A.Th., "Effects of amplitude and phase scintillation on decimeter wavelength observations at mid-latitudes", Astron. Astrophys., 148, 21.

- Spoelstra, T.A.Th., Patnaik, A.R., Gopal-Krishna, "A sample of 25 extragalactic radio sources having a spectrum peaked around 1 GHz (List 2)", *Astron. Astrophys.*, 152, 38.
- Strom, R.G. and Blair, W.P., "CTB80: probable changes in the central nebulosity, 1953-1981", *Astron. Astrophys.* 149, 259.
- Strom, R.G., Conway, R.G., "Polarization maps at 49 cm of 27 3C sources", *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 61, 547.
- Strom, R.G., Eckart, A., P. Biermann, "1919+742: a large double radio source", *Astron. Astrophys.* 151, 43.
- Taylor, A.R., Seaquist, E.R., "A deep VLA survey of a galactic field: A search for stellar radio emission", *Astron. J.* 90, 2049.
- Taylor, A.R., Seaquist, E.R., "C H Cygni", IAU Circular No. 4055.
- Teuben, P., Sanders, R., "Dynamical rules for barred spiral galaxies", *Mont. Not. R. Astr. Soc.* 212, 257.
- Waard, G.J. de, Strom, R.G. and Miley, G.K., "A search for HI and OH absorption in high redshift quasars", *Astron. Astrophys.* 145, 479.
- Walterbos, R.A.M., Brinks, E., Shane, W.W., "A high resolution radio continuum survey of Messier 31. II. Observations at 1412 MHz, data reduction, and the 37W catalogue of radio sources", *Astron. Astrophys. Suppl.* 61, 451.
- Walterbos, R.A.M., Gräve, R., "Radio continuum emission from the nuclear region of M31: evidence for a nuclear radio spiral", *Astron. Astrophys.* 150, L1.
- Watt, G.D., "Time-dependent chemistry - II. Dependence of the chemistry on the initial [C]/[O] abundance ratio", *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 212, 93.
- Watt, G.D., Charnley, S.B., "Time-dependent chemistry - III. The effects of sulphur and oxygen depletion on the interstellar abundances of sulphur-bearing molecules", *Mon. Not. R. astr. Soc.* 213, 157.
- Winnberg, A., Baud, B., Matthews, H.E., Habing, H.J., Olmon, F.M., "OH/IR stars within 50 parsecs of the galactic centre", *Astrophys. J.* 291, L45.
- Woerden, H. van, Schwarz, U.J., Hulsbosch, A.N.M., "Highlights of high-velocity clouds", *I.A.U. Symp.* 106, 387.

Wouterloot, J.G.A., Habing, H.J., "Molecular clouds in the Perseus arm", Astron. Astrophys. 151, 297.

Wouterloot, J.G.A., Habing, H.J., "OH observations of cloud complexes in Taurus", Astron. Astrophys. Suppl. 60, 43.

E.2. Overzichtsartikelen en conferentiebijdragen.

- Albada, G.D. van, "A barred galaxy: the inside viewpoint", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 547.
- Allen, R.J., "Introduction to data analysis systems for astronomy", Data analysis in astronomy, eds. V. Di Gesù, L. Scarsi, P. Crane, J.H. Friedman, S. Levialdi, (Plenum Press, New York), 157.
- Allen, R.J., Atherton, P.d., Tilanus, R.P.J., "Spiral structure and kinematics of HI and HII in external galaxies", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 275.
- Allen, R.J., Atherton, P.d., Tilanus, R.P.J., "Large-scale dissociation of molecular gas and star formation in M83", Birth and evolution of massive stars and stellar groups, eds. W. Boland, H. van Woerden, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 243.
- Allen, R.J., Ekers, E.D., Terlouw, J.P., "The Groningen Image Processing System", Data analysis in astronomy, eds. V. di Gesù, L. Scarsi, P. Crane, J.H. Friedman, S. Levialdi, (Plenum Press), 271.
- Allen, R.J., Hu, F.X., "The z-distribution of radio continuum emission in NGC 891", New aspects of galaxy photometry, ed. J.-L. Nieto, Lecture Note in Physics, (Springer Verlag, Berlin), Vol. 232, 293.
- Barthel, P.D., Miley, G.K., "High redshift quasars have more bent radio emission, Bull. Am. Soc. 16, 1009.
- Blaauw, A., "The progenitors of the local pulsar population", Birth and evolution of massive stars and stellar groups, eds. W. Boland, H. van Woerden, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 211.
- Bos, A., "Backend spectrometers: A review", Proceedings of 2nd Int. Techn. Symp. on Optical and Electro-Optical Applied Science and Engineering: Instrumentation for submillimeter spectroscopy, December 1985, Cannes.
- Bregman, J.D., "SCASIS, a Proposal for a Seeing Cell Aperture Synthesis Interference Spectrograph", Astronomen Conferentie, mei 1985.

Bregman, J.D., "SCASIS a Seeing Cell Aperture Synthesis Interference Spectrograph, Workshop on High Resolution Imaging, augustus 1985, RGO, Herstmonceux.

Brinks, E., "HI holes in the interstellar medium of Messier 31", Birth and Evolution of Massive Stars and Stellar Groups, eds. W. Boland, H. van Woerden (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 253.

Brinks, E., "HI holes in the interstellar medium of Messier 31", New Aspects of Galaxy Photometry (Lecture Notes Phys. 232), ed. J.-L. Nieto (Springer Verlag, Heidelberg) 249.

Brinks, E., Burton, W.B., "Distribution and motions of HI in M 31, in The Milky Way Galaxy", (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 438.

Bruyn, A.G. de, "De hemel op 327 MHz bekeken vanuit Westerbork", Astronomen Conferentie, mei 1985.

Bruyn, A.G. de, Miley, G.K., "Energetisch verschijnselen in de kernen van melkwegstelsels", Ned. Tijd. Nat. A 51, 26.

Caspers, H.C.M., "The amazing tail of NGC 2146", Ned. Astronomen Conferentie, 4 mei 1985.

Caspers, H.C.M., Shane, W.W., "The amazing tail of NGC 2146", IRAS conferentie "Light on Dark Matter", 13 juni 1985.

Cuypers, P.C.W., "The HI distribution in the Spindle galaxy", Ned. Astronomen Conferentie, 4 mei 1985.

Deul, E.R., Hulst, J.M. van der, "A new high resolution hydrogen line survey of M33", Mitt. Astron. Ges. 63, 168.

Gorkom, J.H. van, Schwarz, U.J., Bregman, J.D., "Recombination-line observations of the galactic centre", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 371.

Herman, J., Habing, H.J., "OH/IR stars - very long period variables with extreme mass loss rates", Physics Reports, 124, 256.

Hulst, J.M. van der, Kennicutt, C., "HI and Optical Study of the Gas Poor Virgo Cluster Spiral NGC 4571", Proceedings of the regional European IAU meeting, Toulouse, France.

- Hulst, J.M. van der, Kennicutt, C., "HI and Optical Study of the Gas Poor Virgo Cluster Spiral NGC 4571", Proceedings of the Virgo Cluster Workshop held in September 1984, at ESO, Garching bei München.
- Kuijpers, J., "Radiation from turbulent plasma", in Trends in Physics, Ed. J. Janta and J. Pantoflićek.
- Kuijpers, J., "Radio observable processes in stars", in Radio stars, Ed. R.M. Hjellming and D.M. Gibson.
- Laan, H. van der, Katgert, P., Oort, M.J.A., "Radio galaxy populations; a progress report", Proc. conf. on "Active nuclei in Galaxies", Trieste, april 1985.
- Shostak, G.S., "Life in the Galaxy?", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 623.
- Shostak, G.S., Brinks, E., "The production of a 16 mm film of M31", in the Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 443-444.
- Smeets, R., "A long HI arm in M51", Ned. Astronomen Conferentie, 4 mei 1985.
- Strom, R.G., Book Review: Bernard Lovell, "The Jodrell Bank Telescopes", Space Science Reviews 41, 399.
- Strom, R.G., "Supernovae and Supernova Remnants", Report of Commission 40 Radio Astronomy, in Transactions of the IAU, Volume XIXA, R.M. West (ed.), (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 563.
- Strom, R.G., "X-Ray Spectroscopy of Supernova Remnants", Proc. ESA Workshop: "Cosmic X-Ray Spectroscopy Mission", Lyngby, Denmark, 24-26 June 1985, ESA SP-239.
- Strom, R.G., Braun, R., "Interaction of Supernovae with the Interstellar Medium", Birth and evolution of massive stars and stellar groups, eds. W. Boland, H. van Woerden, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 195.
- Taylor, A.R., Seaquist, E.R., "Radio emission from symbiotic stars: A binary model", Radio stars, eds. R.M. Hjellming, D.M. Gibson, (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 147.

Walterbos, R.A.M., Kennicut, R.C., "A coordinated radio and optical survey of M31", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, and W.B. Burton (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 435.

Warmels, R.H., "The HI distribution in spiral galaxies in the Virgo cluster", The Virgo cluster, eds. O.-G. Richter, B. Binggeli, (ESO, Garching), 51.

Watt, G.D., "Report of the proceedings of the first Dwingeloo Workshop on (sub)millimeter astronomy, and on the use of (sub)millimeter telescopes, in particular the UK/NL Millimeter Telescope.

Watt, G.D., Millar, T.J., White, G.J., Harten, R.H., "Analysis of High-excitation transition of SO in the Orion molecular core", ESO/IRAM/Onsala Workshop on (sub)millimeter astronomy, Aspeñas, Sweden, 381.

Watt, G.D., "Time-dependent chemistry: the effect of the initial [C]:[O] ratio", SERC Collaborative Project 7, Newsletter.

Woerden, H. van, "Adriaan Blaauw and the revival of Groningen astronomy", Birth and Evolution of Massive Stars and Stellar Groups, eds. W. Boland and H. van Woerden (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 321.

Woerden, H. van, Schwarz, U.J., Hulsbosch, A.N.M., "Highlights of high-velocity clouds", The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106), eds. H. van Woerden, R.J. Allen, and W.B. Burton (D. Reidel Publ. Co., Dordrecht), 287.

Woestenburg, E.E.M., "Performance of a single ended Schottky diode mixer at 345 GHz as low noise mixer and frequency doubler for 690 GHz", Proceedings of 2nd Int. Techn. Symp. on Optical and Electro-Optical Applied Science and Engineering: Instrumentation for Submillimeter Spectroscopy, December 1985, Cannes.

Woestenburg, E.E.M., "A reference frequency system at 11.5-12.0 GHz for phase locking a carcinotron at 320-370 GHz", Proceedings of 2nd Int. Techn. Symp. on Optical and Electro-Optical Applied Science and Engineering: Instrumentation for Submillimeter Spectroscopy, December 1985, Cannes.

Woestenburg, E.E.M., Casse, J.L., "A 21-He hybrid cryostat with 5 days holdtime for a 690 GHz InSb-bolometer", Proceedings of 2nd Int. Techn. Symp. on Optical and Electro-Optical Applied Science and Engineering: Instrumentation for Submillimeter Spectroscopy, December 1985, Cannes.

E.3. Populaire artikelen.

Boer, J.A. de, Radiosterrenkunde aan de hemelevenaar, Zenit 12, 23.

Boer, J.A. de, Fourier-transformations, Zenit 12, 370.

Bruyn, A.G. de, Miley, G.K., Energetische verschijnselen in de kernen van melkwegstelsels, Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde ASI (1), 26.

Danziger, I.J., Shaver, P.A., Moorwood, A.F.M., Fosbury, R.A.E., Goss, W.M., Ekers, R.D., The multi-faceted active galaxy PKS 0521-36, ESO Messenger 34, 20.

Kruit, P.C. van der, Book review: Bau und Physik der Galaxis by H. Scheffer and H. Elsasser, Space Sc. Rev. 39, 379.

Kruit, P.C. van der, Spiral Galaxies (summary), Observatory 105, 163.

Olnon, F.M., Le scoperte dell'IRAS, Scienza & Tecnica 85, Annuario della EST, p. 37-42.

Oosterloo, T., Gravitationele lenseffecten door superclusters, Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde A51, (1), 36.

Shostak, G.S., Stephan's Quintet: New light on an old puzzle, Sky and Tel. 396.

Spoelstra, T.A.Th., Effecten van amplitude en fase scintillatie op radio astronomische waarnemingen op decimeter golflengten, Tijdschrift van het N.E.R.G. 50, 173.

Spoelstra, T.A.Th., Sterren in de kerk van Lemmer, Zenit 12, 396.

Taylor, A.R., Book review: Surveys of the southern Galaxy, Journ. R.A.S. Can. 79, 37.

Woerden, H. van, Preface, The Milky Way Galaxy (IAU Symp. No. 106) eds. H. van Woerden, R.J. Allen, W.B. Burton), D. Reidel Publ. Co., XV.

E.4. Internal Technical Reports.

| <u>No.</u> | <u>Auteur</u>                        | <u>Titel</u>  |
|------------|--------------------------------------|---|
| 172        | G.N.J. van Diepen                    | How to use the DEANZA.  |
| 173        | J.L. Casse and<br>E.E.M. Woestenburg | A thermal model for a hybrid cryostat.  |
| 174        | J.D. Bregman and<br>J.L. Casse       | Simulation of the thermal behaviour of<br>the UK-NL Millimeter Radio Telescope. |

E.5. Notes. \*

| No. | Auteur   | Titel  |
|-----|--|--|
| 463 | A. van Ardenne   | Measurements on phase/frequency noise in particular related to the Westerbork local oscillator system.           |
| 464 | F. Felix   | Automatisering van een ruissysteem.  |
| 465 | R. Overeem   | not yet issued.  |
| 466 | J.P. Dragstra  | Aspekten van herhaald gedigitaliseerde signalen.   |
| 467 | A.C. Hin   | Opzet en therminologie WSRT-Amplitude Verzorging.  |
| 468 | J.L. Casse   | Correlation between predicted MT temperature distribution and RMS deformations.                                  |
| 469 | J.D. Bregman   | SCASIS Project definition for a Seeing Cell Aperture Synthesis Interference Spectrograph.                        |
| 470 | T.A.Th. Spoelstra  | The WSRT reduction program LINOBS.   |
| 471 | J.P. Hamaker   | The Slate: An efficient scratch-pad for DCL procedures.  |
| 472 | A. van Ardenne,<br>R.P. Millenaar,<br>Y.J. Koopman,<br>A.M. Koster, Poot,<br>and S.Th. Zwier | The Residual Fringe Demodulation System for the Westerbork MK III wideband adding system (WADDS)                 |
| 473 | J.P. Hamaker,<br>H.H.J. Lem and<br>G.N.J. van Diepen   | DWLBACKUP, a standard file backup procedure for SRZM-VAX software.   |
| 474 | G.N.J. van Diepen,<br>E. Raimond   | Observatorio del Roque de Los Muchachos, Isaac Newton Group of Telescopes, Archive Operator's Manual. Version 1. |
| 475 | Van Ardenne<br>Van Someren Greve   | Instrumental provisions for polarization observations with the Westerbork VLBI receiver system.                  |

- 476 A. Bos not yet issued.
- 477 T.A.Th. Spoelstra Calibration facilities and requirements for improvement.
- 478 A. van Ardenne, R.P. Millenaar, A.G. Poot, and J.F. Roosjen not yet issued.
- 479 A. Bos and R. Kiers Evaluation of the Fujitsu VH 8000 gate array.
- 480 T.A.Th. Spoelstra Accounting monitor facilities.
- 481 G.J.N. van Diepen Proposal La Palma archive-stage 2.
- 482 T.A.Th. Spoelstra Overzetten van VAX/VMS operating systeem.
- 483 G.N.J. van Diepen not yet issued.
- 484 J.D. Bregman Performance evaluation of the prototype integrated CCD controller
- 485 W.N. Brouw Structures in VAX Fortran 77
- 486 A. Bos not yet issued
- 487 A. van Ardenne, G.D. Watt Proposal for a multibeam mm SIS receiver in the range 460-490 GHz for use with the MT

\* 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 1985.

| <u>Naam</u>    | <u>Titel</u>  |
|----------------|---|
| E.D. Skillman  | "Giant galactic HII regions".   |
| T. de Jong     | "The far infrared excess of galaxies".  |
| A.R. Foley     | "Compact Radiosources".   |
| A. Wolfers     | "Vernieuwd aandrijfsysteem voor de synthese radiotelescopen".                   |
| E. Hummel      | "Interaction, the effect on the radio continuum emission from spiral galaxies". |
| H. Kelder      | "Golven in de atmosfeer".   |
| J. Biemond     | "Image restoration using a parallel identification and filtering procedure".    |
| S.F.F. Brouwer | "Geodetische toepassingen van VLBI".  |
| R. Taylor      | "Symbiotic stars; a radio picture".   |
| A.G. de Bruyn  | "327 MHz research with the WSRT: some results, plans and possibilities".        |
| R.G. Strom     | "The thermal component of non-thermal radio-sources".                           |
| I. de Pater    | "Radio emission from the giant planets".  |
| A. Weishaupt   | "SIS ontwikkelingen voor mm ontvangers".  |
| R.T. Schilizzi | "VLBI takes to space: the QUASAT project" (+ film).                             |
| E. Berkhuijsen | "Comparison of optical and radio data of M33".                                  |

- B. McAdam "The Molonglo & Fleurs Radio-telescopes 843 MHz maps of Southern Sources".
- P. Jordan "The Tektronix CCD and other recent USA developments".
- G.D. Watt "Comet Halley, why, when and where to look".
- D. Skellern "PYRAMID CLEAN" en "a VLSI chip for a backprojection system".
- J.E. Noordam "High resolution imaging at La Palma".
- W.N. Brouw/R.T. Schilizzi "Highlights of IAU General Assembly, New Delhi".
- R.G. Strom "IAU Symposium, Star forming regions, Tokyo".
- A.G. de Bruyn/A.R. Foley "IAU Symposium, Quasars, Bangalore".

E.7. Colloquia/voordrachten gegeven door medewerkers van de Stichting.\*

- A. Bos, Correlators for Radio Astronomy, Nuffield Radio Astronomy Laboratories, Jodrell Bank, Engeland, oktober.
- J.D. Bregman, Lage ruis uitering van CCD beeldsensors, NERG themadag: optische systemen en toepassingen, Leidschendam, februari.
- A.G. de Bruyn, Aktiviteit in de kernen van sterrenstelsels, Studium Generale Rijks Universiteit Leiden, Leiden, oktober.
- A.G. de Bruyn, Radiosterrenkunde, Jongerenwerksgroep NVNS (Jaarvergadering), Amersfoort, mei.
- A.R. Foley, Arcsecond scale structure around flat spectrum radio sources, Sterrenwacht Sonneborgh, Utrecht, januari, Kapteyn Laboratorium, Groningen, februari.
- J.P. Hamaker, Leuke dingen voor de ontwerpers van commando procedures, DEC Users Society, VAX groep, Nieuwegein, november.
- J.P. Hamaker, een "early warning system" voor software project ontwikkelaars, DEC Users Society, RSX groep, Rotterdam, december.
- J.M. van der Hulst, conferentie bijdrage: The effects of galaxy interaction on nuclear activity, Erice, Workshop "Spectral Evolution of Galaxies", maart.
- J.M. van der Hulst, seminar: The radio continuum disk of M51, University of Minnesota, Minneapolis, november.
- J.M. van der Hulst, invited review: Observations of Supernovae, from the radio to the X-ray, University of Manchester, Manchester, december.
- R.T. Schilizzi, The QUASAT project - VLBI takes to space, Anton Pannekoek Instituut, Universiteit Amsterdam, januari, Sterrenwacht, Universiteit Utrecht, februari, Kapteyn Laboratorium, Universiteit Groningen, maart.
- R.T. Schilizzi, The QUASAT project - VLBI takes to space, Sterrenwacht Leiden, april.
- R.T. Schilizzi, Proper motion measurements in VLBI Space Research Institute, Moscow, mei.

- E.D. Skillman, Giant Extragalactic HII Regions, Sterrewacht Leiden, Kapteyn Laboratorium, Groningen, januari, RGO, Herstmonceaux, Engeland, juni.
- E.D. Skillman, Report on the Paris Workshop on Star Forming Dwarf Galaxies, Kapteyn Laboratorium, Groningen, juli.
- C. Slottje, Spectral fine Structures in Solar Radio Flare continua at dm-wavelengths, CESRA-Workshop, Trieste (Duino), mei.
- C. Slottje, Classification of Solar Radio Flare Spectra, CESRA-Workshop, Trieste (Duino), mei.
- T.A.Th. Spoelstra, Geofysica met de WSRT, Kapteyn Laboratorium, Groningen, april.
- T.A.Th. Spoelstra, Some recent developments in Dutch astronomy, Sterrenkundig instituut van de Nicolaus Copernicus Universiteit, Torun, Sterrenwacht van de Jagiellonian University, Kraków, Sterrenwacht, Wroclaw, Polen, oktober.
- T.A.Th. Spoelstra, Geofysica met een radioastronomische interferometer, TH Eindhoven, Eindhoven, december.
- R.G. Strom, The thermal component of nonthermal radio sources, Kapteyn Laboratorium, Groningen, juni.
- R.G. Strom, Recent radio and infrared observations of Supernova remnants: Revisions to some concepts of remnant structure, formation and evolution, ESO München, oktober.
- G.D. Watt, Sulphur Chemistry and the C/O abundance, Max Planck Institut für Radioastronomie, Bonn, maart.
- G.D. Watt, Molecular abundances in Shocked Diffuse Clouds, Kapteyn Laboratorium, Groningen, december.
- G.D. Watt, Time Dependent Chemistry: The effect of the initial C/O ratio, University of Manchester Institute of Science and Technology, Manchester, januari.
- G.D. Watt, Analysis of a High Excitation Transition of SO in the Orion Molecular Cloud, Aspeñas Conference Centre, Aspeñas, Zweden, juni.

\* Dwingeloo colloquia zijn niet inbegrepen, zie onder E.6.

E.8. Deelname van Stichtingsmedewerkers aan congressen.

- A. Bos, Instrumentation for submillimeter spectroscopy, Cannes, Frankrijk, december.
- J.D. Bregman, Nederlandse Astronomenconferentie, Papendal, Arnhem, mei.
- J.D. Bregman, RGO Workshop, High Resolution imaging on La Palma, Herstmonceux, Engeland, juli.
- W.N. Brouw, XIXth IAU General Assembly, New Delhi, India, november.
- A.G. de Bruyn, XIXth IAU General Assembly, New Delhi, India, november.
- A.G. de Bruyn, IAU Symposium 119, "QUASARS", Bangalore, India, december.
- A.G. de Bruyn, Nederlandse Astronomenconferentie, Papendal, Arnhem, mei.
- A.R. Foley, XIXth IAU General Assembly, New Delhi, India, november.
- A.R. Foley, IAU Symposium 119 "QUASARS", Bangalore, India, december.
- J.P. Hamaker, Computer Networks in Astronomy, Straatsburg, Frankrijk, november.
- J.P. Hamaker, Image science Helsinki, Finland, juni.
- J.M. van der Hulst, Spectral Evolution of Galaxies, Erice, Italië, maart.
- J.M. van der Hulst, M31/M33 Workshop, Marseille, Frankrijk, juli.
- J.M. van der Hulst, AIPS workshop, Charlottesville, V.S., november.
- J.M. van der Hulst, RS Ophiuchi (1985) and the recurrent nova phenomenon", Manchester, Engeland, december.
- F.M. Olnon, Light on Dark Matter, first international IRAS Symposium, Noordwijk, juni.

F.M. Olnon, Nederlandse Astronomenconferentie, Papendal, Arnhem, mei.

F.M. Olnon, Young European Radio-Astronomers Conference, Grenoble, Frankrijk, september.

E. Raimond, Light on Dark Matter, first international IRAS Symposium, Noordwijk, juni.

R.T. Schilizzi, International Symposium on Antennas and ropegation (ISAP-85), Kyoto, Japan, augustus.

R.T. Schilizzi, XIXth IAU General Assembly, New Delhi, India, november.

R.T. Schilizzi, IAU Symposium 119 on Quasars, Bangalore, India, december.

E.D. Skillman, Star Forming Dwarf Galaxies and related objects, Parijs, Frankrijk, juli.

E.D. Skillman, NRAO Synthesis imaging workshop, Socorro, New Mexico, USA, augustus.

C. Slottje, Radio Continua during Solar Flares, First CESRA-Workshop on Particle Acceleration and Trapping in Solar Flares, Trieste, Italië, mei.

T.A.Th. Spoelstra, Nederlandse Astronomenconferentie, Papendal, Arnhem, mei.

R.G. Strom, ESA Workshop on a Cosmic X-ray Spectroscopy Mission, Danish Space Research Institute, Lyngby, Denemarken, juni.

R.G. Strom, IAU Symposium 115, Star Forming Regions, Tokio, Japan, november.

R.G. Strom, XIXth IAU General Assembly, New Delhi, India, november.

G.D. Watt, Analysis of Astronomical Spectra, SERC Collaborative Computational Project 7, Manchester, Engeland, januari.

G.D. Watt, (Sub)millimeter astronomy and the use of (sub)millimeter telescopes. First Dwingeloo Workshop, Dwingeloo, februari.

G.D. Watt, Observations of Molecular Flow Regions, Royal Astronomical Society Meeting, Londen, Engeland, februari.

G.D. Watt, (Sub)millimeter Astronomy, ESO/IRAM/Onsala Workshop,  
Aspeñas, Zweden, juni.

E.E.M. Woestenburg, Second Technical Symposium on Optical and  
Electro-Optical Applied Science and Engineering:  
Instrumentation for Submm Spectroscopy, Cannes, Frankrijk,  
december.

Appendix F. AFKORTINGEN / ABBREVIATIONS.

|        |  |
|--------|--|
| AAT    | Anglo Australian Telescope   |
| AGN    | Active Galactic Nuclei   |
| AIPS   | Astronomical Image Processing System                                   |
| AO     | Additional Observations (IRAS)   |
| 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                          |
| CLRO   | Clark Lake Radio Observatory   |
| CO     | CO molecuul  |
| CPC    | Chopped Photometric Channel (IRAS)                                     |
| CSIRO  | Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization (Australië) |
| CTD    | Centrale Technische Dienst   |
| 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  |
| FWHM   | Full Width Half Maximum  |
| 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  |
| GIPSY  | Groningen Image Processing System                                      |
| HI     | Ongeïoniseerde waterstof   |
| HII    | Gefioniseerde waterstof  |
| HPBW   | Half Power Beam Width  |
| HVC    | High Velocity Cloud  |
| IAU    | International Astronomical Union                                       |
| IC     | Integrated Circuit   |
| 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                       |
| JPL    | Jet Propulsion Laboratory                                 |
| Jy     | Jansky ( $10^{-26}$ W/m <sup>2</sup> /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                                |
| MT     | Maxwell Telescope   |
| MWLCO  | Mount Wilson & Las Campanas Observatories                 |
| MPIfR  | Max Planck Institut für Radioastronomie                   |
| NAC    | Nederlandse Astronomen Club                               |
| NASA   | National Aeronautic 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                               |
| OH     | OH molecuul   |
| 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                          |
| RF     | Radio Frequency   |
| RGO    | Royal Greenwich Observatory                               |
| rms    | root mean square  |
| RT     | radiotelescoop  |
| RWG    | Receiver Working Group                                    |
| RZM    | (Stichting) Radiostraling van Zon en Melkweg              |
| SERC   | Science and Engineering Research Council (UK)             |
| SMS    | Solar Maximum Satellite                                   |
| SNR    | Super Nova Remnant  |
| SRON   | Stichting Ruimte Onderzoek Nederland                      |
| SRT    | Synthese Radio Telescoop                                  |
| SRZM   | Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg                |
| STScI  | Space Telescope Science Institute                         |
| UGC    | Uppsala General Catalog                                   |
| UKIRT  | United Kingdom Infrared Radio Telescope                   |
| URSI   | Union Radio Scientifique International                    |
| UV     | Ultra Violet  |
| VLBI   | Very Long Baseline Interferometry                         |
| WGAR   | Working Group on Astronomical Refraction                  |
| WSRT   | Westerbork Synthese Radio Telescoop                       |

Appendix G. ADRESLIJST.

- Amsterdam (UvA): Sterrekundig Instituut Anton Pannekoek, Universiteit van Amsterdam, Roeterstraat 15, 1018 WB Amsterdam, 020-5223004.
- Amsterdam (V.U.): Natuurkundig Laboratorium der V.U., De Boelelaan 1081, 1081 HV Amsterdam, 020-5484714.  
Postadres: Postbus 7161, 1007 MC Amsterdam.
- Stichting ASTRON: Koningin Sophiestraat 124, 2595 TM Den Haag, 070-824231.
- Bologna: Istituto di Radio Astronomia, c/f Istituto di Fisica "A.Righi", Via Irnerio 46, 40126 Bologna, Italië, tel. 09-3951232856, telex I 211664.
- Bonn: Max Planck Institut für Radioastronomie, Auf dem Hügel 69, 5300-Bonn, B.R.D. tel. 09-492285251, telex D 886440.
- Cambridge (UK): Cavendish Laboratory, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB3 OHA, Engeland, tel. 09-4422366477, telex UK 817297.
- Cambridge (UK): Institute of Astronomy, Madingley Road, Cambridge CB3 OHE, Engeland, tel. 09-4422362204, telex UK 817297.
- Cambridge (UK): University of Cambridge, Department of Physics, Mullard Radio Astronomy Observatory, Cavendish Laboratory, Madingley Road, Cambridge CB3 OHA, tel. 09-4422366477, telex UK 81292.
- Dwingeloo: Radiosterrenwacht, Oude Hoogeveensedijk 4, 7991 PD Dwingeloo, tel. 05219-7244, telex 42043, facsimile 3152197332.  
Postadres: Postbus 2, 7990 AA Dwingeloo.
- ESO: Karl Schwarzschildstrasse 2, D-8046 Garching (bei München), B.R.D., tel. 09-4989320060, telex D 5282820.
- ESTEC: Keplerlaan 1, 2201 AZ Noordwijk, 01719-86555.  
Postadres: Postbus 299, 2200 AG Noordwijk, telex 39098.
- Groningen: Sterrekundig Laboratorium "Kapteyn", Landleven 12, 9747 AE Groningen, tel. 050-634073, telex 53572.  
Postadres: Postbus 800, 9700 AV Groningen.
- IRAM: IRAM, voie 10 - Domaine Universitaire, 38406 St. Martin d'Heres, 09-3376423383, Frankrijk, telex F 980753.  
IRAM, Av. Divina Pastora 7 & 9, BL. 6-20 B, Granada -12, Spain, telex: E 78584.
- Jodrell Bank: University of Manchester, Nuffield Radio Astronomy Laboratories, Jodrell Bank, Macclesfield, Cheshire SK11 9DL, Engeland, tel. 09-4447771321, telex UK 36149.

Leiden: Sterrewacht, Wassenaarseweg 78, 2333 AL Leiden,  
tel. 071-148333, toestel 5835/5800, telex 39058.  
Postadres: Postbus 9513, 2300 RA Leiden.

NRAO: Edgemont Road, Charlottesville, VA. 22901, USA,  
tel. 09-18042960211, telex: USA 9109970174.

NRAO: P.O. Box 2, Green Bank, WV. 24944, USA, tel. 09-  
13044562011, telex: USA 7109381530.

Nijmegen: Sterrenkundig Instituut, Katholieke Universi-  
teit, Toernooiveld, Nijmegen, tel. 080-558833,  
toestel 2077, telex 48228.

La Palma: Postadres: Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen.  
Observatorio del Roque de los Muchachos, RG0,  
Apartado de Coreos 321, Santa Cruz de La Palma,  
Prov. de Tenerife, Canarias, Spanje,  
tel. 09-3422411005, telex E 92757 (kantoor)  
tel. 09-3422400050/3422400000, telex E 92639  
(berg).

Queen Mary College: Department of Physics, Mile End Road, London  
E1 4NS, England, telex 1-893750.

RAL: Rutherford/Appleton Laboratories, Techn. Div.  
Bldg.R65, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0QX,  
Engeland, tel. 09-4423521900, telex UK 83159.

RGO: Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux  
Castle, Hailsham, East Sussex BN27 1RP,  
Engeland, tel. 09-44323833171, telex UK 87451.

Roden: Kapteyn Sterrewacht, Mensingheweg 20, 9301 KA  
Roden, tel. 05908-19631.

ROE: Royal Observatory, Blackford Hill, Edinburgh EH  
3HJ, Schotland, 09-44316673321, telex UK 72383.

SERC: Science and Engineering Research Council,  
Polaris House, North Star Avenue, Swindon  
SN2 1ET, Engeland, tel. 09-79326222, telex  
UK 449466.

SRON: Ruimteonderzoek Utrecht, Beneluxlaan 21, 3527 HS  
Utrecht, tel. 030-937145, telex 47224.

SRON: Ruimteonderzoek Groningen, Postbus 800, 9700 AV  
Groningen, tel. 050-116695, telex 53572.

SRON: Ruimteonderzoek Leiden, Sterrewacht, Postbus  
9513, 2300 RA Leiden, tel. 071-148333, tst.5800,  
telex 39058.

UKIRT: UK Telescopes Hawaii Headquarters, 665 Komohana  
Street, Hilo, Hawaii 96720, USA, tel. 09-  
18089613756/18089354332, berg: 09-18089616091,  
telex USA 633135.

UKMT: 900, Leilani Street, Hilo, Hawaii 96720, USA,  
tel. 09-18089355207, telex 6711930.

Utrecht: Sterrewacht "Sonneborgh", Zonnenburg 2,  
3512 NL Utrecht, tel. 030-312841, telex 47224.

VLA: NRAO, P.O. Box 0, Socorro, NM 87801, USA, tel.  
09-15058352924, (site: 09-15057724011), telex  
USA 9109881710.

Westerbork: Radiosterrenwacht Westerbork, Schattenberg 1,  
9433 TA Zwiggelte, tel. 05939-421, telex 53621.

Z.W.O.: Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschap-  
pelijk Onderzoek, Juliana van Stolberglaan 148,  
2595 CL 's-Gravenhage, tel. 070-496649/824231,  
telex 31660.

Postadres: Postbus 93138, 2509 AC Den Haag.

- Albada, Prof.Dr. T.S. van, Groningen, 050-634067.  
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, tel.  
09-12173333090, telex 9102452434.
- Ardenne, Ir. A. van, Dwingeloo.  
Tapuitlaan 102, 7905 CZ Hoogeveen, 05280-71114.
- Atherton, Dr. P.D., Queensgate Instruments Ltd., 112 Windmill  
Road, Sunbury-on-Thames, Middlesex TW16 7BH,  
Engeland.
- Baars, Dr.Ir. J.W.M., Bonn.  
Tannenstrasse 6, 5357 Morenhoven, B.R.D.  
09-4922265905.
- Bajaja, Dr. E., Instituto Argentino de Radioastronomia, C.C. no.  
5, 1894 Vila Elisa, Argentinië, 09-542143793.
- Baldwin, Dr. J.E., Cambridge (MRAO).
- Balick, Prof. B., Astronomy Dept. FM-20, University of Washington,  
Seattle, Wa. 98195, USA, 09-12065437683, telex:  
(023)4740096 uw ui.
- Balster, Y.M.J., Nijmegen, tst. 2357, 2077.  
Debusselaan 54, 7333 DH Apeldoorn, 055-338039.
- Barthel, Dr. P.D., Caltech 105-24, Pasadena, CA. 91125, U.S.A.  
696 South Marengo Ave., Pasadena, CA. 91106,  
USA.
- Baud, Dr. B., Fokker B.V., Space Div., TR-MC, 1117 ZJ Schiphol,  
020-5442631.  
Atjehweg 3, 2202 Noordwijk, 01719-14798.
- Beckers, J.M., Advanced Development Program Natl. Optical Astron.  
Obs., 950 N. Cherry Ave., Tucson, AZ 85726,  
U.S.A.
- Beerekamp, W.H.J., Westerbork.  
Valderseweg 2, 7991 BC Dwingeloo, 05219-1923.
- Begeman, Drs. 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.,  
09-49228646302.
- Blaauw, Prof. Dr. A., Groningen, 050-634084.  
Asserstraat 78, 9335 TC Zuidvelde, 05928-12565.
- Bleeker, Dr. Ir. J.A.M., SRON, Utrecht.  
Wagnerlaan 10, 3723 JV Bilthoven, 030-786921.
- Blum, Prof. E.J., IRAM.
- 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., Astron.  
Burg. Weimalaan 14, 7948 AM Nijeveen, 05229-  
2281.
- Bontekoe, Drs. T.R., Groningen, 050-634063.  
Bouwerschapsweg 54, 9791 TJ Ten Boer, 05902-  
2456.
- Booth, Dr. R.S., Onsala Space Observatory, S-43034 Onsala, Zweden.
- 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, 09-3391959088.
- Bottema, Drs. R., Groningen, 050-634087.  
Hofakkers 20, 9468 EE Annen, 05922-2509.
- Boulanger, F., Observatoire de Meudon, 92190 Meudon, Frankrijk.  
Telex: 270912.
- Braes, Dr. L.L.E., Leiden, tst. 5873.  
Vondellaan 56, 2332 AG Leiden, 071-765065.
- Brand, Drs. J., Leiden, tst. 5864.  
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, tel. 09-  
14156425275, telex: 9103667945.
- Brinks, Dr. E., ESO.
- 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.
- Brugge, Ir. J.F. van der, Dwingeloo.  
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, Drs. 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, Mass. 02139, U.S.A.
- Burns, Dr. W.R., NRAO, Charlottesville.

- Burton, Prof.Dr. W.B., Leiden, tst. 5884.  
Lagewaard 1, 2396 AT Koudekerk aan de Rijn,  
01714-4064.
- Butcher, Prof.Dr. H.R., Roden.  
Floralaan 8, 9301 KE Roden, 05908-13051.
- Carignan, Dr. C., Département de Physique, Université de Montréal,  
C.P. 6128, Suc. "A", Montréal (Que.), H3C 3J7,  
Canada.
- Casertano, Dr. S.P.R., Scuola Normale Superiore, Piazza dei  
Cavalieri, Pisa, Italië, 09-395043554.
- Casse, Ir. J.L., Dwingeloo.  
Kleine Beer 62, 7904 LV Hoogeveen, 05280-65392.
- Christiansen, Prof.Dr. 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.
- Conway, Dr. R.G., Jodrell Bank.
- Coolen, A.H.W.M., Groningen, 050-634067.  
Valreep 29, 9732 EG Groningen, 050-421365.
- Deul, Drs. E.R., Leiden, tst. 5878.  
Peppelschans 38, 2352 BE Leiderdorp.
- Dickel, Dr. J.R., University of Illinois, Astronomy Department,  
1011 W. Springfield Ave., Urbana, Illinois  
61801, U.S.A.
- Diepen, G.N.J. van, Dwingeloo.  
Moleneinde 25, 7981 AM Diever, 05219-2729.
- Downes, Dr. D., IRAM.
- Driel, Drs. W. van, Groningen, 050-634081.  
Kremersheerd 78, 9737 PB Groningen, 050-422889.
- Dymanus, Prof.Dr. A., Nijmegen.  
Grameystraat 35, 6525 DN Nijmegen, 080-241377.
- Ekers, Prof.Dr. R.D., VLA.
- 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, 09-395522003<sup>4</sup>.
- Fokker, Dr. A.D., Utrecht.  
Kruislaan 17, 3712 AL Bilthoven, 030-785610.
- Foley, Dr. A.R., Dwingeloo.  
Zwederaweg 59, 7963 BS Ruinen, 05221-1977.
- Forster, Dr. J.R., C.S.I.R.O., Division of Radiophysics, P.O. Box  
76, Epping, N.S.W. 2121, Australië.
- Frater, Dr. R.H., Division of Radiophysics, C.S.I.R.O., P.O. Box  
76, Epping, N.S.W. 2121, Australië.
- Gathier, Dr. R, ESO.  
Ahornstrasse 8, 8044 Unterschleissheim,  
Duitsland, 09-49893101167.
- Geus, Drs. E.J. de, Leiden, tst. 5840.  
Klikspaanweg 22a, 2324 LW Leiden, 071-760533.

- Gilra, Dr. D.P., 8573 Greenbelt Rd., Apmnt. 103, Greenbelt, Md.  
20770, U.S.A.
- Gorkom, Dr. J.H. van, Princeton University, Peyton Hall, NJ 08544,  
U.S.A. (na september 1986: VLA).
- Goss, Prof. Dr. W.M., Groningen, 050-634052.  
Gelmarusstraat 11, 9494 RJ Yde, 05906-1705.
- Graauw, Dr. M.W.M. de, SRON, Groningen, 050-634031.  
Noorderhaven ZZ 46, 9712 VL Groningen, 050-  
136282.
- Greenberg, Prof.Dr. J.M., Leiden, tst. 5894/5915.  
Morsweg 44, 2312 AE Leiden, 071-133093.
- Greidanus, Drs. H.S.F. van Wimersma, Leiden, tst. 5829.  
Vliet 11, 2311 RC Leiden, 071-141303.
- Groningen, Dr. E. van, ROE/ESTEC.
- Groot, Dr. T. de, Utrecht.  
Ornsteinsingel 18, 3571 HT Utrecht, 030-716148.
- Grijp, Drs. M.H.K. de, Leiden, tst. 5864.  
Pelikaanhof 6a, 2312 EA Leiden.
- Gunn, Dr. J.E., Astrophys. Sci., Princeton University, Peyton  
Hall, Princeton, NJ 08544, USA.
- Habing, Prof. Dr. H.J., Leiden, tst. 5884.  
Julianalaan 20, 2341 ER Oegstgeest, 071-154967.
- Habing, R.J., Groningen, 050-634091.  
Wibenaerh 50, 9736 PC Groningen, 050-421876.
- Hamaker, Drs. J.P., Dwingeloo.  
"Lieverlhee", Lhee 23, 7991 PG Dwingeloo, 05219-  
7229.
- Hanisch, Dr. R.J., Space Telescope Science Institute, Homewood  
Campus, John Hopkins University, Baltimore, MD  
21218, U.S.A. 09-13013384700.
- Harris, Dr. D.E., Center for Astrophysics, 60 Garden Street,  
Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A., tel. 09-  
16178307148.
- Harten, Dr. R.H., 5 Tar Heels Road, Mercerville, NJ 08619, U.S.A.,  
09-16095866108.
- Heeschen, Dr. D.S., NRAO, Charlottesville.
- Heise, Dr. J., SRON, Utrecht.  
Geverscop 31, 3481 LV Harmelen, 03483-2066.
- Hellinga, P., Dwingeloo.  
M. Hobbemastraat 13, 7944 CG Meppel, 05220-  
57134.
- 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.
- Hindriks-van Dongen, Mw. C.J., Groningen, 050-634054.  
Adm. Helfrichstraat 46, 9801 GH Zuidhorn, 05940-  
4467.

Hoekema, T., Leiden, tst. 5851.  
Hoofdstraat 123, 2351 AE Leiderdorp, 071-894417.

Hoekstra, Dr. R., SRON, Utrecht.  
Zuidereinde 29, 1243 KJ 's-Graveland, tel. 035-61318

Hofman, O.A., Dwingeloo.  
van Leeuwenhoekstraat 46, 7908 BL Hoogeveen,  
05280-72301.

Högbom, Dr. J.A., Stockholms Observatorium, 13300 Saltsjöbaden,  
Zweden, 09-4687170631.

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, tst. 5830.  
Kaiserstraat 22a, kamer 15, 2311 GR Leiden, 071-140296.

Hulsbosch, Dr. A.N.M., Nijmegen, test. 2080.  
Weezenhof 66-47, 6536 BD Nijmegen, 080-446959.

Hulst, Prof.Dr. H.C. van de, Leiden, tst. 5853.  
Sterrewacht 8, 2311 GW Leiden, 071-131192.

Hulst, Dr. J.M. van der, Westerbork.  
Kleine Beer 68, 7904 LV Hoogeveen, 05280-75513.

Hummel, Dr. E., Bonn.

Hunt, Dr. 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, tst. 5877.  
Apothekersdijk 31, 2312 DD Leiden.

Jaffe, Dr. W.J., Space Telescope Science Institute, Homewood  
Campus, Baltimore, MD 21218, USA.  
± april 1986 Leiden.

Jager, Prof. Dr. C. de, SRON, Utrecht.  
Zonnenburg 1, 3512 NL Utrecht, 030-314253.

Jägers, Drs. W.J., Fokker.  
Boerhaavelaan 156, 2334 EV Leiden, 071-171268.

Jong, Prof. Dr. T. de, Amsterdam (GU).  
Burg. 's Jacoblaan 4, 1401 BM Bussum, 02159-13198.

Kaastra, Drs. 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, BRD.

Kapahi, Dr. V.K., T.I.F.R. Centre, India Institute of Science,  
Bangalore, 560 012, India.

- Katgert, Dr. P., Leiden, tst. 5852, (La Palma tot zomer '86).  
Westlanderwerf 10, 2317 EH Leiden, 071-213408.
- 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, U.S.A.
- Kotanyi, Dr. C.G., Observatoire de Meudon, 92190 Meudon,  
Frankrijk.  
Telex: 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, Dr. P.C. van der, Groningen, 050-634053.  
Marsmanlaan 8, 9721 XV Groningen, 050-257636.
- Kuperus, Prof.Dr. M., Utrecht.  
Spoorlaan 9a, 1406 SR Bussum, 02159-17288.
- Kuijpers, Dr. J.M.E., Utrecht.  
Sperwerkamp 25, 3972 WB Driebergen, 03438-14845.
- Laan, Prof.Dr. H. van der, Leiden, tst. 5848.  
Grotiuslaan 10, 2353 BV Leiderdorp, 071-893682.
- Laureijs, Drs. R., Groningen, 050-634036.  
Mudaheerd 24 links, 9737 SW Groningen.
- Lieshout, Prof.Dr. R. van, Z.W.O.  
te Lintel Hekkert, Drs. P., Leiden, tst. 5839.  
Schutterstraat 15, 2316 XH Leiden.
- Longair, Dr. M.S., ROE.
- Longo, Dr. G., Dept of Astronomy, University of Texas at Austin,  
Austin, TX 78712, U.S.A.
- Lugtenborg, K.W.C., Leiden, tst. 5858.  
Leidseweg 531, 2253 JJ Voorschoten, tel. 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.
- Meurs, Dr. E.J.A., Cambridge,(IOA).
- 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,  
U.S.A., 09-13013384700.
- Moorsel, Dr. G.A. van, ESO.
- Muller, Prof.Ir. C.A., Odinksveild 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, U.S.A.
- Neubauer, Ir. F.R., Adv. Radiozaken Telecomm. Centr. Direktie PTT, Postbus 30000, 2500 GA Den Haag, 070-757920/757235.
- Guido Gezelletaan 86, 2624 LA Delft, 015-35700.
- Newport, Dr. R.W., RAL.
- Nieuwenhuijzen, Dr. H., Utrecht.
- Grunoplantsoen 10, 3981 GT Bunnik, 03405-63253.
- Nieuwkoop, Dr.Ir. J. van, Utrecht.
- Prinsesselaan 12, 7316 CN Apeldoorn, 055-215164.
- Noordam, Ir. J.E., RGO.
- St. Gabriels, 35 Plemont Gardens, Bexhill-on-Sea, East Sussex, Engeland, tel. 09-424212507.
- Olling, R.P., Groningen, 050-634083.
- Jozef Israelsstraat 5, 9718 GA Groningen, 050-135642.
- Olnon, Dr. F.M., Dwingeloo.
- De Spits 30, 7908 DH Hoogeveen, 05280-76011.
- Oort, Prof.Dr. J.H., Leiden, tst. 5845.
- President Kennedylaan 169, 2343 GZ Oegstgeest, 071-176702.
- Oort, Drs. M.J.A., Leiden, tst. 5841.
- 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.
- Pel, Dr. J.W., Groningen, 050-634082 en Roden.
- Havezathenlaan 107, 9301 SB Roden, 05908-15407.
- Parma, Dr. P., Bologna.
- Pater, Dr. I. de, University of California, Dept. of Astronomy, Berkeley, CA 94720, USA, tel. 09-14156425275, telex: 9103667945.
- Perola, Dr. G., Istituto Astronomico, c/o Istituto di Fisica n.e., P.le A.Moro 2, 00185 Roma, Italië.
- Pickles, Dr. A.J., La Palma (tot 01-08-'86); daarna Groningen, 050-634058.
- 't Oldehof 14, 9951 JX Winsum, 05951-1912.
- Poole, Drs. R.S le, Leiden, tst. 5874.
- Rietveld 73, 3443 XB Woerden, 03488-937.
- Pottasch, Prof.Dr. S.R., Groningen, 050-634097.
- Zuidlaarderweg 1, 9756 CE Glimmen, 05906-1544.
- Raad, Drs. B. de, Koninkl. Shell Laboratorium, Badhuisweg 3, 1031 CM Amsterdam-Noord.
- Berkenlaan 1, 2224 EH Katwijk aan Zee, 01718-14432.
- Radhakrishnan, Prof. V.R., Raman Research Institute, Hebbal P.O., Bangalore, 560 006, India.

- Raimond, Dr. E., Dwingeloo.  
Esseg 4, 7991 AC Dwingeloo, 05219-1699.
- Ree, L.J. van der, Dwingeloo.  
Neckarstraat 6, 9406 VN Assen, 05920-53376.
- Rees, Prof. M.J., Cambridge (IOA).
- Retallack, Dr. D.S., VLA.
- Robertson, Dr. J.G., Anglo-Australian Observatory, P.O. Box 296,  
Epping, N.S.W. 2121, Australië.
- Roelfsema, Drs. P.R., Groningen, 050-634080.  
Butjesstraat 3, 9712 EW Groningen, 050-124997.
- Rots, Dr. A.H., VLA.
- Ruiter, Dr. H.R. de, Via del Borgo 27, Bologna, Italië.
- Sancisi, Prof. Dr. R., Groningen, 050-634057.  
Acacialaan 57, 9741 KW Groningen, 050-779971.
- Sanders, Dr. R.H., Groningen, 050-634065.
- Sargent, Dr. W.L.W., Astronomy Department 105-24, California  
Institute of Technology, 1201 E. California  
Blvd., Pasadena, California 91125, U.S.A.
- 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, tst. 5883.  
Woelwijklaan 9, 2252 AM Voorschoten, 01717-6457.
- Schwarz, Dr. U.J., Groningen, 050-634062.  
Kamperfoelie 4, 9301 PP Roden, 05908-18720.
- Schowering, Drs. P.B.W., Leiden, tst. 5874.  
Veurstestraatweg 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., Groningen, 050-634098.  
Zonnelaan 321, 9742 BH Groningen, 050-713479.
- Skillman, Dr. E.D., Dwingeloo.  
Egbert Nijstadlaan 4, 7991 AZ Dwingeloo, 05219-  
2306.
- Slottje, Dr. Ir. C., Dwingeloo.  
Het Hoge Holt 7, 7909 BE Hoogeveen, 05280-62098.
- Smith, Prof. F. Graham, Jodrell Bank.

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.  
Wassenberghstraat 7, 9718 LD Groningen, 050-137875.

Spoelstra, Dr. T.A.Th., Dwingeloo.  
Bieleveldlaan 5, 7906 HR Hoogeveen, 05280-71352.

Stadt, Dr.Ir. H. van de, Utrecht.  
Fred. Hendrikstraat 114, 3583 VR Utrecht, 030-520470.

Stirpe, Mw.Drs. G.M., Leiden, tst. 5849.  
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, U.S.A.

Sijtsma, S., Westerbork.  
Groenkampen 40, 9431 GX Westerbork, 05933-31643.

Taylor, Dr. A.R., Groningen, 050-634094.  
Fongersplaats 80, 9725 LD Groningen, 050-271498.

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.

Tenkink, J., Westerbork.  
Broeklaan 22, 7991 BX Dwingeloo, 05219-2834.

Terlouw, J.P., Groningen, 050-634068.  
Lindelaan 9, 9771 AL Sauwerd, 05909-1702.

Teuben, Drs. P.J., Groningen, 050-634095.  
Jacobijnnerstraat 8a, 9712 HZ Groningen, 050-123835.

Tilanus, Drs. R.P.J., Groningen, 050-634080.  
't Olde Hof 14, 9951 JX Winsum, 05951-1912.

Tinbergen, Dr. J., Roden, 050-634088.  
Oosterzoom 11, 9321 EG Peize, tel. 05908-33898.

Troland, Dr. T., Department of Astronomy, University of Illinois,  
349 Astronomy Building, 1011 W. Springfield  
Ave., Urbana, Il. 61801, USA, tel. 09-  
1217333090, telex 9102452434.

Valentijn, Dr. E.A., Groningen, 050-634011.  
Hoge der A 35a, 9712 AE Groningen, 050-122549.

Veen, Drs. W.E.C.J. van der, Leiden, tst. 5839.  
Koekoekstraat 32, 2352 CV Leiderdorp, 071-897583.

- Velusamy, Dr. T., Tata Institute of Fundamental Research, P.O. Box 8, Udhagamandalam 643001, India.
- Viallefond, Dr. F.M.M., Observatoire de Paris-DEMIRM, F 92190 Meudon, Frankrijk (na juli 1986: VLA).
- Vries, Drs. J.W.C. de, Klikspaanweg 10, 2324 LW Leiden, 071-760530.
- Watt, Dr. G.D., Dwingeloo.  
De Maten 16, 7991 BB Dwingeloo, 05219-2822.
- Waard, Drs. G.J. de, Leiden, tst. 5838.  
Prinses Mariannelaan 197, 2275 BE Voorburg.
- Wakker, Drs. B.P., Groningen 050-634063.  
Kremersheerd 141, 9737 PM Groningen, 050-421634.
- Walterbos, Drs. R., Leiden, tst. 5850.  
Watersteeg 3, 2311 HZ Leiden, 071-132030.
- Warmels, Drs. R.H., ESO.
- Weerstra, K. Leiden.
- Weiler, Dr. K.W., Naval Research Laboratory, Washington, DC 20375, USA, tel. 09-12027672351.
- Weinreb, Dr. S., NRAO, Charlottesville.
- Welch, Dr. W.J., Radio Astronomy Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720, U.S.A.
- Weliachew, Dr. L., IRAM.
- 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, BRD, 09-494072522493.
- Weijma, Dr. H., Z.W.O.
- Werf, Drs. P.P. van der, Groningen, 050-634081.  
Nieuwe Kijk in 't Jatstraat 127, 9712 SG Groningen.
- Wevers, Dr. B.M.H.R., Groningen, 050-634098.  
Bekemaerd 93, 9737 PS Groningen, 050-417916.
- Wielebinski, Prof. Dr. R., Bonn.
- Willis, Dr. A.G., 7911-152B Avenue, Edmonton, Alberta T5C 3H1, Canada.
- Wilson, Dr. A.S., University of Maryland, Astronomy Program Space Science Building, College Park, Maryland 20742, U.S.A.
- Windhorst, Dr. R.A., Mt. Wilson & Las Campanas Observatory, 813 Santa Barbarastreet, Pasadena, CA 91101, USA, tel. 09-12135771122.
- Winnberg, Dr. A., Onsala Space Observatory, S-43900 Onsala, Zweden, tel. 09-4630060651, 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.  
De Plevier 18, 7905 CL Hoogeveen, 05280-69796.
- Wolfers, A., Westerbork.  
Hoofdweg 53, 8424 PK Elsloo, 05612-508.

Woltjer, Prof. L., ESO.

Wouterloot, Dr. J.G.A., ESO.

U.Haberlandstrasse 14, D 5300 Bonn-1, tel. 09-  
49228624670.

Zieba, Dr. S., Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytetu  
Jagellonskiego, Ul. Orla 171, 30244 Krakow,  
Polen.

Zwaan, Prof.Dr. C., Utrecht.

Van Galenlaan 38a, 3941 VD Doorn, 03430-14977.



