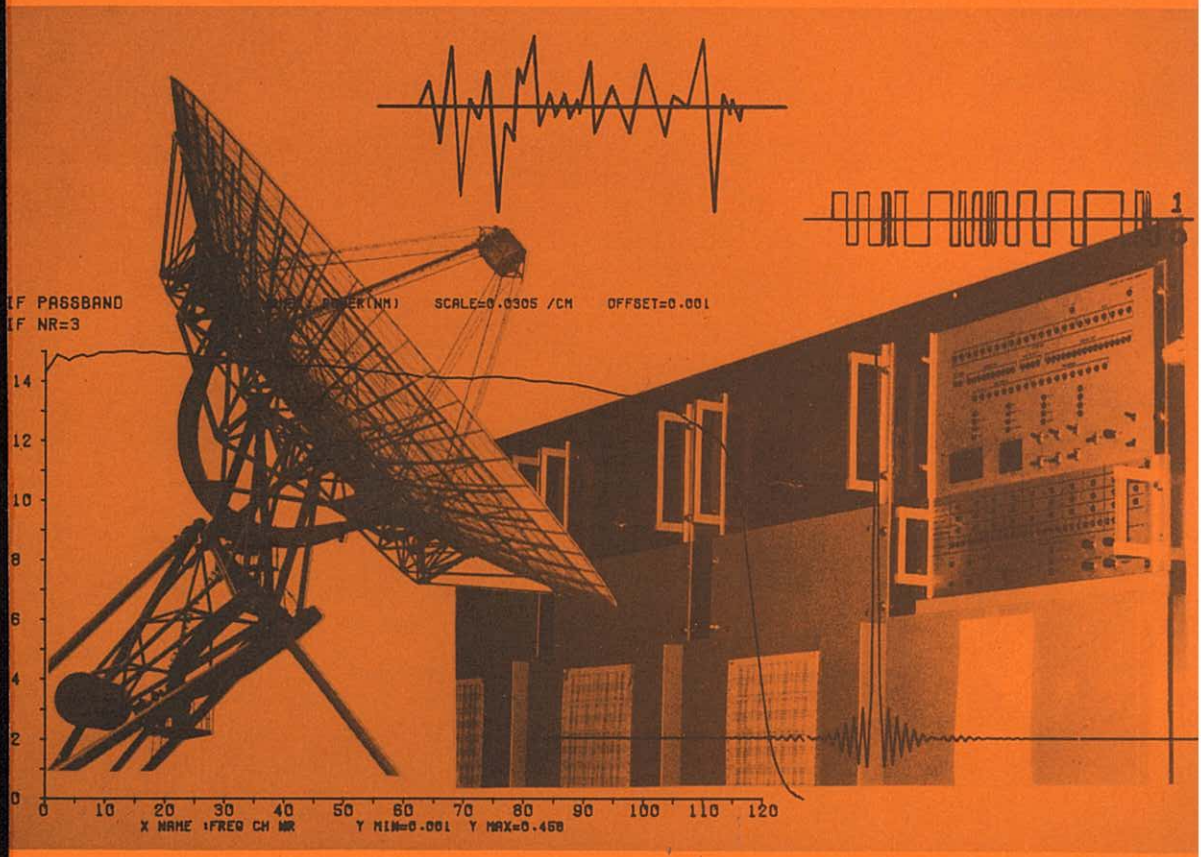
jaarverslag 1976 annual report



Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg

Netherlands Foundation for Radio Astronomy

STICHTING RADIOSTRALING VAN ZON EN MELKWEG

NETHERLANDS FOUNDATION FOR RADIO ASTRONOMY

Radiosterrenwacht Dwingeloo
Oude Hoogeveensedijk 4
Dwingeloo - NL 7514
Telefoon: 05219-7244
Telex: 42043 srzm nl

Radiosterrenwacht Westerbork
Hooghalen - NL 8514

Telefoon: 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.

Bij de voorplaat.

De voorplaat toont een impressie van de dit jaar gebouwde spectraallijn ontvanger voor de Synthese Radio Teleskoop in Westerbork. Deze ontvanger zal in 1977 operationeel worden en enerzijds het spectraal oplossend vermogen van de SRT verbeteren, anderzijds zal het als continuum ontvanger gebruikt worden voor het systeem met de twee nieuwe verrijdbare teleskopen.
De nieuwe ontvanger werkt met digitale technieken. Dit houdt in dat een ruissignaal opgevangen met een teleskoop, eerst wordt omgezet naar een blokvormig signaal alvorens het toe te voeren aan de digitale correlator.
De digitale correlator meet de correlatie tussen verschillende ingangssignalen. (Een voorbeeld van zo'n gemeten (auto) correlatie vindt U rechts onder op de foto) waaruit de on-line computer het vermogensspectrum berekent dat u onder de naam IF PASSBAND in de voorplaat terugvindt.

Cover picture.

The cover gives an impression of the spectral line receiver built this year for the Synthesis Radio Telescope in Westerbork. When this receiver becomes operational in 1977 it will improve the spectral resolution, and be used for continuum observations with the 14 telescope SRT as well. By digital techniques, the receiver measures the correlation between different input signals (an example is shown bottom right) and the on-line computer then calculates the power spectrum (shown bottom left).

TABLE OF CONTENTS

		Page
Table of contents		2
1.	GENERAL INTRODUCTION	7
2.	DEPARTMENTAL REPORTS	19
2.1.	Westerbork Telescope Group	19
2.2.	Dwingeloo Telescope Group	36
2.3.	Computer Group	42
2.4.	Laboratory and Central Technical Services	51
2.5.	Bureau of the Foundation / General Affairs	67
2.6.	Astronomy Group	71
2.7.	Personnel Council	76
3.	ASTRONOMICAL REPORTS	77
3.1.	Radio astronomical Research of Foundation staff	77
3.2.	Research at "Kapteyn Laboratory", Groningen, with Foundation instruments	84
3.3.	Research at Leiden Observatory with Foundation instruments	105
3.4.	Research at Utrecht Observatory with Foundation instruments	132
4.	EXTENSION OF THE SYNTHESIS RADIO TELESCOPE	135
5.	*ENGLISH SUMMARY*	137
5.1.	General Introduction	137
5.2.	Departmental reports	143
5.3.	Astronomical reports	148
5.4.	Extension of the Synthesis Radio Telescope	153
5.5.	Appendices	154

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
Inhoudsopgave	3
1. ALGEMENE INLEIDING	7
2. AFDELINGSVERSLAGEN	19
2.1. Teleskoopgroep Westerbork	19
2.2. Teleskoopgroep Dwingeloo	36
2.3. Computergroep	42
2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst	51
2.5. Algemene Zaken / Het Bureau	67
2.6. Astronomen	71
2.7. Personeelsraad	76
3. ASTRONOMISCHE VERSLAGEN	77
3.1. Radioastronomisch onderzoek van Stichtingsstafleden	77
3.2. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Groningen	84
3.3. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Leiden	105
3.4. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Utrecht	132
4. UITBOUW SYNTHESE RADIOTELESKOOP	135
5. *ENGLISH SUMMARY*	137
5.1. General Introduction	137
5.2. Departmental reports	143
5.3. Astronomical reports	148
5.4. Extension of the Synthesis Radio Telescope	153
5.5. Appendices	154

Page

Appendix A. ORGANISATION 155

A.1. Board 155
A.2. Management 155
A.3. Committees 156
A.4. Intermediaries other institutes 157
A.5. Personnel Council 157
A.6. (Inter)national committees 157

Appendix B. PERSONNEL 158

B.1. Bureau of the Foundation 158
B.2. Telescope group 158
B.3. Central Technical Services 159
B.4. Laboratory group 160
B.5. Computer group 160
B.6. Astronomy group 161
B.7. Work-students 161
B.8. Temporary personnel 161

Appendix C. FINANCES 162

C.1. Tentative statement of the Operating Subsidy 1976 162
C.2. Operating Subsidy 1977 163
C.3. Investment Subsidy 163

Appendix D. PUBLICATIONS AND REPORTS 164

D.1. Research papers 164
D.2. Review papers and conference contributions 168
D.3. Popular papers 170
D.4. Internal Technical Reports 171
D.5. Notes 172
D.6. Colloquia in Dwingeloo in 1976 173
D.7. Colloquia given by Foundation staff 175
D.8. Congress attendance by Foundation staff 176

Appendix E. ADDRESSES 178

	Blz.
Appendix A. ORGANISATIE	155
A.1. Bestuur	155
A.2. Werkgroep	155
A.3. Commissies	156
A.4. Contactpersonen instellingen	157
A.5. Personeelsraad	157
A.6. (Inter)nationale commissies	157
Appendix B. PERSONEEL	158
B.1. Bureau van de Stichting	158
B.2. Teleskoopgroep	158
B.3. Centrale Technische Dienst	159
B.4. Laboratoriumgroep	160
B.5. Computergroep	160
B.6. Astronomen	161
B.7. Werkstudenten	161
B.8. T.A.P.-regeling	161
Appendix C. FINANCIEN	162
C.1. Voorlopig overzicht van het Gewoon Subsidie 1976	162
C.2. Gewoon Subsidie 1977	163
C.3. Investeringssubsidie	163
Appendix D. PUBLIKATIES EN RAPPORTEN	164
D.1. Onderzoek artikelen	164
D.2. Overzichtsartikelen en conferentie bijdragen	168
D.3. Populaire artikelen	170
D.4. Internal Technical Reports	171
D.5. Notes	172
D.6. Colloquia gehouden te Dwingeloo in 1976	173
D.7. Colloquia gegeven door medewerkers van de Stichting	175
D.8. Deelname van Stichtingsmedewerkers aan kongressen	176
Appendix E. ADRESLIJST	178

1. ALGEMENE INLEIDING.

Eénmaal per vijf jaar wordt het werk van de Z.W.O.-Stichtingen door de Raad van het zuiver-wetenschappelijk onderzoek doorgelicht. De resultaten van de afgelopen vijf jaar en de plannen voor de komende vijf jaar worden getoetst aan wetenschappelijke criteria, en het beleid dat het Bestuur van Z.W.O. tegenover de Stichtingen dient in te nemen wordt door de Raad voor een nieuwe periode van vijf jaar geschetst.

Deze doorlichting heeft in 1976 plaatsgevonden. De Stichting heeft haar resultaten en plannen voor het tijdvak 1971 - 1981 op 29 april 1976 aan de Raad van Z.W.O. voorgelegd in een memorandum "Radioastronomie in beweging". De hoofdzaken uit dit memorandum zijn in hoofdstuk 1.2. weergegeven. Deze hoofdzaken geven een goed inzicht in wat de Stichting sinds 1971 heeft bereikt, en wat ze in de komende vijf jaar hoopt te bereiken.

1.1. Inleiding jaarverslag.

Aan het eind van 1976 zijn de eerste proefmetingen met de twee nieuwe teleskopen, C en D, van de Synthese Radio Teleskoop te Westerbork gedaan. Met de nu beschikbare 14 teleskopen kunnen 10x4 correlaties worden gevormd op de 1,5 km basislijn. Deze SRT (40, 1.5) zal in begin 1977 volledig in bedrijf worden gesteld. Met de dan aanwezige 2560 simultane correlator kanalen wordt, naast het meten van 40 ruimtelijke correlaties, ook de mogelijkheid geboden grote waarnemingsprogramma's van spectraallijnen uit te voeren, waarvoor tot nu toe met een bescheiden interim oplossing werd volstaan. Met het gereedkomen van deze digitale correlator is aan een ontwerp- en bouwtijd van 5 jaar een einde gekomen.

In Dwingeloo werd de modernisering van de 25 m teleskoop tot een voorlopig einde gebracht. Er kan nu ook automatisch gedurende de nacht- en weekenduren worden gewerkt, zonder aanwezig bedienend personeel.

Door het vervangen van componenten werd de stabiliteit van de 60-kanaals radiospectrograaf voor het zononderzoek aanzienlijk verbeterd.

De nu ongeveer tien jaar oude teleskopen in Westerbork vertoonden hun eerste duidelijke verouderingsverschijnselen. De hechting tussen het gaasoppervlak en de panelen waarop dit bevestigd is verminderde snel in kwaliteit. Door de inspanning van alle medewerkers van de SRZM en vele universitaire astronomen kon de ca. 6000 m^2 gaas in een periode van drie weken worden vastgeschroefd.

De "groep astronomen" in de SRZM bereikte ultimo 1976 zijn voorlopige sterkte van zes man. Met deze groep was in 1975 een begin gemaakt, nadat was gebleken dat de groeiende afstand tussen

de, hoofdzakelijk technische, staf van de SRZM en de universitaire astronomen, de "gebruikers" van de SRZM faciliteiten, om nieuwe verbindingen vroeg. Reeds thans kan worden geconcludeerd dat deze groep aan een duidelijke behoefte voldoet. De leden van deze groep verrichten vele diensten in het belichten van technische achtergronden aan de universitaire onderzoekers, en in het vertalen van wensen op het gebied van het meten en calibreren voor de technische staf. Daarnaast speelde hun eigen astronomische werk een vaak stimulerende rol.

Voor de vele astronomische en technische resultaten verwijzen we naar de hierna volgende hoofdstukken. Hoogtepunten waren er velen, deze samen te vatten is ondoenlijk. Slechts zij er op gewezen dat in 1976 de SRZM voor het eerst in een Very Long Baseline Interferometry experiment (VLBI) heeft meegedraaid.

De verwerking van de gegevens van de SRT verliep dit jaar wat moeizamer dan anders. Ten dele kwam dit door de vraag naar toenemende precisie door de gebruikers, daarnaast speelden diverse externe faktoren, waaronder de beperkte capaciteit op de universitaire rekencentra, een rol. Een toenemend aantal promovendi en tijdelijke buitenlandse stafleden op de universiteiten maakt gebruik van SRZM gegevens. Voor deze onderzoekers, met hun strakke tijdschema, is een snelle verwerking essentiëel.

Ook in 1976 kwam de Stichting, en de met haar instrumenten verkregen astronomische resultaten, in de nationale en internationale publiciteit.

De Programma Commissie blijft een zeer essentiële rol vervullen in het selecteren van juist die programma's die astronomisch het meest de moeite waard zijn. In 1976 heeft de P.C. een vrijwel geheel nieuwe samenstelling gekregen. Van de niet terugkerende leden moeten speciaal Dr. R.D. Ekers, die Dr. H. van Woerden gedurende bijna twee jaar op voortreffelijke wijze als voorzitter van de P.C. verving, en Dr. D. Downes van het Max Planck Institut für Radioastronomie te Bonn worden genoemd. Het bestuur dankt hen en de andere aftredende PC leden voor het vele werk dat zij in de afgelopen periode hebben gedaan om het werk van de SRZM zijn hoge peil te laten behouden, en dankt de nieuwe leden van de P.C., in het bijzonder Dr. A. Winnberg uit Bonn, voor de bereidheid onder het voorzitterschap van Van Woerden in de komende periode het wetenschappelijk werk met de SRZM instrumenten te stimuleren.

1.2. Radioastronomie in beweging.

De Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg van 1971 tot 1981. Hoofdpunten uit een op 29 april 1976 aan de Raad voor het zuiver-wetenschappelijke onderzoek aangeboden memorandum.

1.2.1. De organisatorische vorm van de radioastronomie in Nederland.

Vanaf de oprichting in 1949 is de Stichting R.Z.M. bedoeld als instituut ten dienste van het *universitair* astronomisch onderzoek. Het uiteindelijke doel van het stichtingswerk, de verdieping van het astronomisch inzicht, is dus extern bepaald en wordt buiten de Stichting verwezenlijkt. De S.R.Z.M. ontwikkelt, bouwt en exploiteert radioteleskopen met de bijbehorende infrastructuur en verricht daarmee de waarnemingen die door universitaire sterrenkundigen worden geëntameerd. Deze teleskopen zijn de grote 25 m en enkele kleine parabolische spiegels op de Radiosterrenwacht Dwingeloo en de grote Synthese Radio Teleskoop (SRT) te Westerbork die uit een twaalftal (en vanaf zomer '76 een veertiental) teleskopen van 25 m middellijn bestaat.

De astronomen van de Rijksuniversiteiten te Groningen, Utrecht en Leiden vormen de voornaamste groep die van de S.R.Z.M.-diensten gebruik maakt. Daarnaast zijn er meer incidentele relaties met sterrenkundigen van de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit en de Katholieke Universiteit Nijmegen. Vele buitenlandse instituten zijn bij het werk betrokken, veelal middels hun relaties met eerdergenoemde universiteiten.

De astronomen hebben een grote invloed op de ontwikkelingen in de S.R.Z.M. en op de wijze waarop de teleskopen worden gebruikt. Dit geldt voor het bestuur, dat voor circa de helft uit hoogleraren en lectoren in de sterrenkunde bestaat en voor de Programma Commissie, die o.m. is samengesteld uit astronomen benoemd door het Dagelijks Bestuur op voordracht van de wetenschapscommissies in de belangrijkste deelnemende instituten.

De grens tussen stichtingstaak en het werk van de universitaire astronomen is niet scherp bepaald. In principe zijn de universiteiten verantwoordelijk voor de astronomische analyse, interpretatie en publikatie van de waarnemingen. De Stichting verricht de door de Programma Commissie goedgekeurde waarnemingen en al die computerhandelingen nodig om de gegevens in astronomisch analyseerbare vorm af te leveren. Laatstgenoemde bewerkingen, verricht door de computergroep van de Stichting, laten zich niet scherp onderscheiden van de gegevensbewerking en analyse door de astronomen.

De laatste jaren is gebleken dat de verdergaande verfijning en verbetering van de stichtingsapparatuur steeds subtielere eisen stellen aan de gegevenscalibratie en -bewerking. De Stichting moet hier ver gaande diensten verlenen om de direkt betrokken groep universitaire astronomen in staat te stellen recht te doen aan de wetenschappelijke mogelijkheden van de stichtingsfaciliteiten. Daarnaast was deze uitputtende calibratie van de gegevens juist de grondslag voor belangrijke astronomische resultaten.

In de loop van 1975 is begonnen met de opbouw van een kleine groep astronomen binnen de Stichting die als belangrijke funktie heeft als trait d'union tussen de technische staf van de S.R.Z.M.

en de astronomische staf van de universiteiten een effektieve samenwerking en een meer efficiënte dienstverlening mogelijk te maken. Door deze groep is ook een heel direkte terugkoppeling mogelijk van het astronomisch resultaat naar de technische verbeteringen in het laboratorium en aan de teleskoop.

De relatie Stichting - universiteiten is voor zover ons bekend uniek in de Nederlandse constellatie van eerste geldstroom - tweede geldstroom samenhang. Het is evident dat het universitaire radioastronomisch onderzoek niet kan funktioneren zonder de stichtingsdiensten en evenzeer dat de stichtingsdiensten slechts tot hun recht komen voor zover er universitaire onderzoekcapaciteit voor dat doel beschikbaar is. Vijfentwintig jaar lang heeft deze symbiotische relatie zijn vruchtbaarheid bewezen en heeft dit kader het mondiale aanzien dat de Nederlandse radiosterrenkunde geniet mogelijk gemaakt.

De strikte scheiding tussen de zorg voor apparatuur en programmatuur aan de ene, stichtings-, kant, en de astronomische interpretatie aan de andere, universitaire, kant, heeft de efficiënte inzet van de astronomische capaciteit in Nederland mogelijk gemaakt, en geleid tot de belangrijke bijdrage die de Nederlandse sterrenkundigen leverden, en nog steeds leveren, aan de sterrenkunde op mondiaal niveau. Of deze symbiotische relatie ongewijzigd kan worden gehandhaafd is de vraag, nu op de universiteiten een proces van herverdeling van middelen over onderzoek en onderwijs en over de verschillende wetenschappen plaatsvindt. De kleine astronomengroep in de Stichting kan een eventueel uit deze herverdeling voortvloeiende vermindering van de astronomische onderzoekcapaciteit niet compenseren. Nú lijkt juistgenoemde symbiose een kwetsbare structuur te vormen, daar beleidsbeslissingen in universitair kader niet gekoppeld zijn aan de prioriteiten van de tweede geldstroom. Indien de universitaire trend niet wordt omgebogen, zal binnen de tweede geldstroom voldoende onderzoekcapaciteit dienen te worden verkregen om de diepte-investeringen van de laatste tien jaar, die zulke unieke mogelijkheden schiepen in het geheel van moderne sterrenkunde, optimaal te benutten.

Dit memorandum handelt voornamelijk over interne zaken van de S.R.Z.M. Deze dienen echter steeds te worden beoordeeld tegen de achtergrond van de juist geschetste relatie.

1.2.2. Astronomisch onderzoek.

Hoofdthema's.

a) Het radio-zononderzoek wordt in Utrecht uitgevoerd. Het concentreert zich op de structuur van kortstondige verschijnselen als funktie van frequentie, tijd en polarisatietoestand. Het wordt uitgevoerd d.m.v. de radiospectrograaf gekoppeld aan de grote Dwingeloo teleskoop.

Aan de andere thema's wordt door zowel Leidse als Groningse astronomen gewerkt, in hoofdzaak met de Westerbork Synthese Radioteleskoop (SRT). Wij volstaan met een opsomming van de probleemgebieden.

b) Interstellaire en circumstellaire processen;
c) Vorming van sterrenstelsels, begin en instandhouding van spiraalstructuur;
d) Actieve kernen en de kinematica van centrale delen van spiraalstelsels, inclusief Seyfert stelsels en onze Melkweg;
e) De studie van radiostelsels en quasars: de structuur en ontwikkeling van activiteitscentra, de grote schaal structuur en de wisselwerking met een intergalactisch medium, en de studie van radiolichtkracht funkties in en buiten clusters;
f) Statistische eigenschappen van zeer grote bronverzamelingen studies met een kosmologische doelstelling.

Tussen deze thema's bestaan vele dwarsverbindingen en komen veel varianten voor. Daarnaast zijn er nog kleinere programma's aan o.m. planeten, kometen en vlamsterren.

De ontdekking van de grootste objekten en andere hoogtepunten.

Veel resultaten baarden opzien in vakkringen en haalden vaak de (inter)nationale pers. Enkele voorbeelden volgen.

- De eerste kaart van een radiospiraal, de draaikolknevel Messier 51.
- De radiocontinuumvleugels van het stelsel NGC 4258, bewijs van explosieve kernactiviteit met beslissende invloed op de grote schaal structuur van deze spiraalnevel; meest direkte evidentie voor massa-uitstoting vanuit de kern.
- De structuur van radiostaarten in clusters, waaruit geconcludeerd kon worden dat dit sporen zijn van actieve stelsels in wisselwerking met een nog niet eerder gedetecteerd intergalactisch medium; specifiek de studies van 3C129 en van NGC 1265.
- De ontdekking van de reusachtige afmetingen van de stelsels DA 240 en 3C236, nu de grootste bekende objekten in het heelal, waarvan tot dusver alleen de zeer heldere veel kleinere centrale delen bekend waren.
- Recente, nog niet gepubliceerde resultaten van fundamenteel belang zijn de eerste meting van lineaire polarisatie in vier nabije spiraalnevels, alsook de zeer geprononceerde symmetrische buiging (warp) in de buitendelen van een aantal spiraalnevels op hun kant. Dit laatste resultaat heeft fundamentele gevolgen voor de theorie van de vorming van sterrenstelsels in het algemeen en van spiralen in het bijzonder.

Een en ander zal op de Algemene Assemblée van de Internationale Astronomische Unie in de zomer van 1976 worden gepresenteerd door de Nederlandse astronomen.

Samenwerkingsrelaties.

Het radiosterrenkundig onderzoek wordt uitgevoerd door een dertigtal leden van de staf in tijdelijke of vaste dienst aan eerdergenoemde universiteiten. Daaraan moet worden toegevoegd een aantal door Z.W.O. in het kader van projektsubsidies betaalde onderzoekers (ca. 8 ± 3) en enkele buitenlandse bezoekers (ca. 5 ± 3) betaald uit diverse Nederlandse en buitenlandse bronnen. De astronomengroep binnen de Stichting R.Z.M., die ultimo 1976 een sterkte van zes sterrenkundigen op post-doctor niveau zal bereiken, werkt nauw samen met de universitaire instituten en is, naar reeds nu blijkt, zeer bevorderlijk voor de doelmatigheid van de wetenschappelijke dienstverlening en de technische wisselwerking.

In *gezamenlijke* programma's van onderzoek wordt samengewerkt met een tiental Europese instituten, het meest intensief met het Max Planck Institut füf Radioastronomie te Bonn en het Laboratoria di Radioastronomia van de Universiteit van Bologna.

In *complementaire* programma's wordt samengewerkt met een achttal, voornamelijk Amerikaanse, optische sterrenwachten, en met een aantal röntgensatellietgroepen. Al deze coöperatieve werkzaamheden spelen zich af op collegiaal niveau, met gesloten beurs relaties. De Westerbork SRT verschaft de gewenste toegang tot allerlei benodigde alternatieve instrumenten.

1.2.3. Onderzoekperspectieven in de nabije toekomst.

De nieuwe astronomie.

Belangrijke ontwikkelingen sinds 1970, naast de grote vooruitgang die de SRT de astronomie verschafte, vormen de bouw van een aantal optische teleskopen, het gestaag verbeterde fotonrendement van de randapparatuur, en de realisatie van een aantal ruimteteleskopen, zoals UHURU, Copernicus, ANS, UK5, SAS-3 en COS-B. Deze ruimteteleskopen hebben het astronomisch toegankelijke spectrum enorm verbreed. De nu geplande nieuwe instrumenten - zoals A.U.I. (1977), HEAO - A en B (1977 resp. 1978), Exosat (1980), IRAS (1981) - zullen beeldscherpte, gevoeligheid en spectrale resolutie zo zeer verbeteren dat complementaire programma's met de SRT, nu nog gehandicapt door de asymmetrie van kwaliteit, opwindende mogelijkheden bieden. Met zowel infrarood- als röntgenastronomie heeft de radiosterrenkunde astrofysisch-intrinsieke relaties. Samenwerking met optische sterrenkunde is 30 jaar oud, maar de schaarste aan grote optische teleskopen en de relatief slechte gevoeligheid vormden grote belemmeringen, die nu doorbroken worden en talrijke samenhangende projekten mogelijk maken.

In de volgende drie paragrafen wordt het specifieke onderzoek van de SRT nader weergegeven.

Het programma van de SRT (40, 1.5).

Toevoeging van teleskopen C en D in 1976 betekent een verdubbeling van het aantal simultane interferometers: van twintig naar veertig. In combinatie met de ontvangerontwikkeling levert dit een gevoeligheidsverbetering met een faktor 20 tussen '70/'80. Dit instrument, met zijn huidige anderhalve kilometer basislijn, kortweg aangeduid als SRT (40, 1.5), zal gedurende twee à drie jaar beschikbaar zijn. Daarna verhuizen twee verrijdbare teleskopen naar station west, drie km ten westen van de huidige rails, en levert SRT (40, 3) een verdubbelde beeldscherpte, oftewel een vier keer kleiner afbeeldingselement. SRT (40, 1.5) is een fase van bescheiden ruimtelijk oplossend vermogen (ca. 1 boogsekonde per cm golflengte) maar met een bijzonder goede oppervlaktehelderheidsgevoeligheid.

In deze periode zullen vooral die problemen worden aangepakt die gevoeligheidsbeperkt zijn. Voor continuumpolarisatiemetingen is deze beperking het ernstigst voor de kleinste bundel (d.w.z. de kortste golflengte, nl. 6 cm). Vooral het detailonderzoek aan sterrenstelsels (1.2.2. c en e) wordt voortdurend beperkt door te kleine signaal-ruisverhoudingen bij 6 cm. Voor veel van dit werk is vergelijking van 21 cm en 6 cm kaarten noodzakelijk. De gegevens bij de kortste golflengten zijn dan de zwakste schakel.

Opgemerkt zij dat SRT (40, 1.5) niet alleen verreweg de beste oppervlaktehelderheidsgevoeligheid heeft bij een scheidend vermogen van 6 boogsekonden tot 1 boogminuut, maar dat geen enkel ander gepland instrument dit niveau overtreft en de Amerikaanse VLA er pas na 1980 aan toe zal komen.

SRT (40, 3) en andere instrumenten.

Na verplaatsing van twee verrijdbare teleskopen naar het westen, zal omstreeks de tweede helft van 1979 de SRT een 3 km teleskoop zijn met een scheidend vermogen van 10, resp. 3, boogsekonden bij 21, resp. 6 cm golflengte. Een 8 x groter heelalvolume is dan bereikbaar met hetzelfde lineaire oplossend vermogen, en allerlei statistisch werk dat nu voor verschillende categorieën van objekten alras kampt met te kleine verzamelingen, wordt dan bijna een ordergrootte verbeterd.

Specifieke objekten kunnen met grotere beeldscherpte in kaart worden gebracht. Verdere ontwikkelingen van de ontvangers zullen daarbij de gevoeligheid per bundel op peil moeten houden. Een en ander betekent dat wij onze huidige positie in de nieuwe astronomie nog lang kunnen behouden en interessante partners blijven voor de bovengenoemde nieuwe instrumenten.

Naar zich nu laat aanzien, zullen er tegen het einde van de jaren zeventig slechts twee andere radioteleskopen operationeel zijn met een overlappende capaciteit. Dit zijn de reeds bestaande Cambridge 5 km teleskoop en de Amerikaanse Very Large Array (VLA)

nu in aanbouw in New Mexico.

De SRT is een veel gevoeliger en veelzijdiger instrument dan de Cambridge teleskoop, die dan ook beperkt is tot galactische en extra-galactische objekten met een zeer grote oppervlaktehelderheid.

De VLA zal de SRT (40, 3) overtreffen voor wat betreft enkele aspekten van het onderzoek aan sterrenstelsels en interstellaire processen (1.2.2 b, d en onderdelen van e). Dit geldt niet voor het onderzoek beschreven in 1.2.2. c en f. De SRT heeft een aantal complementaire karakteristieken vergeleken met de VLA, zoals een groter blikveld, een groot dynamisch bereik (contrastrijkdom in één kaart) en een zeer goede gevoeligheid bij lange golven (50 cm en ca. 1 m) waar de VLA niet kan werken. Te voorzien is dan ook dat in de jaren tachtig een belangrijke wisselwerking kan ontstaan in de programmering van SRT en VLA.

De grote kracht van de Nederlandse radiosterrenkunde ligt reeds 25 jaar in de nadruk op zorgvuldige lange termijn programmering, en een grote aandacht voor stabiliteit en dynamisch bereik. Dit heeft allerlei ontdekkingen met de Dwingeloo teleskoop en met de SRT mogelijk gemaakt die schijnbaar ook binnen het bereik lagen van andere teleskopen, maar daar toch werden gemist vanwege minder nauwkeurige calibratieprocedures en minder goede instrumentele stabiliteit. De gehele technische planning van de SRZM is er op gericht deze karakteristieken van de Nederlandse radiosterrenkunde door voortgaande ontwikkelingsinspanningen te behouden.

Hele korte en zeer lange basislijnen.

Een probleem van alle bestaande apertuur-synthese teleskopen is het "gat" in het centrum van de gesynthetiseerde apertuur. Voor de SRT is de kortste basislijn 36 m en dit betekent dat de gevoeligheid van de teleskoop slecht is voor gladde strukturen op een schaal van ongeveer 1 boogminuut voor elke cm golflengte. Dit heeft tot gevolg dat het basisniveau van vele kaarten moeilijk te bepalen valt, daar informatie over deze schaal ontbreekt. Waar het astronomisch van groot belang is wordt deze informatie nu verkregen door aanvullende waarnemingen met andere teleskopen van een diameter veel groter dan 36 m, bv. de 75 m teleskoop van Jodrell Bank, of de 100 m teleskoop van het Max Planck Instituut te Bonn/Effelsberg. Vaak betekent dit een verstoring van de onderzoekplanning, vooral vanwege het feit dat ook deze instrumenten ver van te voren worden geprogrammeerd. Het is noodzakelijk dat binnen het kader van de SRZM deze gegevens kunnen worden verkregen. Een grote teleskoop is erg kostbaar (ca. Mfl 10 voor een 50 m teleskoop) maar voor dit eenvoudige doel kan ook met twee spiegels (bv. 12 à 15 m) vlak naast elkaar, interferometrisch gekoppeld, worden volstaan. Plannen hiervoor worden nu ontworpen.

Een nieuw aspekt van de radiosterrenkunde is de ultrahoge resolutie ($\gtrsim$ 0,0005 boogsek.) verkregen met trans- en intercontinentale interferometers. Dit scheidend vermogen is van het grootste belang omdat het in geen enkel ander spectraal gebied voor zover nu bekend kan worden geëvenaard, zelfs niet met een grote optische teleskoop in een satelliet. Het vormt de enige astrofysische mogelijkheid om bv. galactische röntgenbronnen en aktieve kernen van melkwegstelsels te bestuderen op een schaal $\lesssim 10^{14}$, resp. 10^{17}, cm. De energietransformatie in deze ultracompacte bronnen vormt een der diepste problemen van de huidige natuurkunde. Deze techniek levert gegevens van deze processen op de kleinst mogelijke schaal. Onze bedoeling is eerst met de Dwingeloo teleskoop en later met alle 14 SRT teleskopen in een internationaal VLBI (Very Long Baseline Interferometer) netwerk te worden gekoppeld.

1.2.4. Technische ontwikkelingen.

Veel van het ontwikkelingswerk voor de volgende vijf jaar staat reeds nu op stapel en is een gevolg van de astronomische doelstellingen geschetst in het voorgaande. Ook in dit vlak bestaat intensieve internationale samenwerking, vooral met de andere drie grote radiosterrenkundige organisaties in de wereld, namelijk de Amerikaanse National Radio Astronomy Observatory, de Australische C.S.I.R.O. Radiophysics Division en het Duitse Max Planck Institut für Radioastronomie. Deze verbanden vormen op zich reeds een goede kwaliteitsbewaking van ons werk. Dit peil wordt ook bevorderd door het overleg met de Foreign Advisers Committee van de S.R.Z.M.

Teleskoopbestand.

De grote en kleine teleskopen in Dwingeloo zullen op peil worden gehouden, maar er is geen plan voor wezenlijk nieuwe ontwikkelingen.

In 1977 wordt een begin gemaakt met de voorbereiding van de verplaatsing van de twee nieuwe verrijdbare teleskopen te Westerbork naar station west. Dit buitenstation zal in 1978 grotendeels gereed gemaakt worden, zodat in 1979 de teleskopen kunnen worden verplaatst.

In 1980/81 zal een paar kleine teleskopen worden gebouwd; de noodzaak is hierboven beschreven.

Ontvangerontwikkeling.

Vanaf 1973 concentreerde het ontwikkelingswerk zich op de grote 5000 kanaals digitale ontvanger voor de SRT. Deze ontvanger zal tegen het eind van 1976 in gebruik worden gesteld en zowel

voor continuum als voor spectroscopische waarnemingen worden benut. Parallel met deze ontwikkeling werd de gevoeligheid van de verschillende ontvangersystemen verbeterd. Zoals ook eerder geschetst is dit een doorlopende ontwikkeling. In de uiteindelijke configuratie zal op de vier verrijdbare teleskopen van cryogeen gekoelde frontend ontvangers gebruik worden gemaakt, resulterend in totale systeemtemperaturen van 60, resp. 75 K, bij 21, resp. 6 cm goflengte. Voor zowel de 6 als de 21 cm ontvangers wordt de verstembaarheid verbeterd en het frequentiebereik vergroot, om zoveel mogelijk tegemoet te komen aan de spectroscopische eisen van nieuw astronomisch werk.

Met de komst van de twee nieuwe teleskopen in 1976 wordt het ontvangerpark uitgebreid. Het voorbereiden van de volgende fase, de SRT (40, 3), wordt gekoppeld aan de bouw van een breedband continuum correlator.

De grote verbetering in gevoeligheid heeft alleen maar zin als tegelijkertijd de stabiliteit van het instrument wordt aangepakt. Op 21 cm golflengte werkte vanaf begin 1976 een calibratieontvanger op routinebasis. De door de atmosfeer veroorzaakte fouten probeert men nu te herkennen en vervolgens te reduceren. In de volgende jaren blijft een sterk accent van het ontwikkelingswerk op de calibratie en stabiliteit gericht.

Getracht zal worden de SRT geschikt te maken voor een nieuw programma van onderzoek aan de zon waarvoor zeer korte integratietijden vereist zijn. In 1976/77 wordt een vooronderzoek met de Dwingeloo teleskoop en de radiospectrograaf uitgevoerd. Een andere ontwikkeling betreft het gebruik van de SRT als onderdeel van een Europees VLBI-netwerk.

Computerbestand.

Voor de calibratie en eerste correctie van de gegevens uit de 5000 kanaals ontvanger wordt in 1976 de Dwingeloo computer vervangen door een groter model.

In Westerbork zal in 1978/79 de HP2100 worden vervangen door een groter systeem met meer geheugen. De taken van de oorspronkelijke, aan de HP2100 gekoppelde P9202, zullen worden overgenomen door microprocessors in de loop van 1977/78.

In 1979 en later zal de uitbreiding naar SRT (40, 3) worden opgevangen door een vergroting van het kern- en schijfgeheugen, terwijl daarnaast de processorcapacitiet zal worden vergroot. Op deze wijze zal het mogelijk zijn om met het uitgebouwde teleskoopsysteem toch het benodigde computervermogen te verkrijgen.

Ondanks deze uitbreidingen blijft het door de Stichting aan de universiteiten geleverde waarnemingsmateriaal een grote fractie van de aan de universiteiten beschikbare computerfaciliteiten vergen. De prognose is dat de behoefte aan rekencapaciteit in de nabije toekomst elke twee jaar zal verdubbelen. Zowel te Leiden als te Groningen zal dit naar verwachting in de eerstvolgende

vier jaar geen onoverkomelijke problemen opleveren.

Gegevensverwerking.

De Stichting R.Z.M. beschikt over een in eigen beheer ontworpen pakket van computerprogramma's dat qua omvang en flexibiliteit nergens in de astronomie wordt geëvenaard. Een deel van dit pakket bevindt zich te Westerbork en te Dwingeloo en betreft enerzijds real-time teleskoop- en ontvanger besturing, en anderzijds programma's voor het voorbereiden en testen van waarnemingen en apparatuur. Te Leiden bestaat het programmapakket uit alle onderdelen nodig voor het calibreren, het corrigeren en het bewerken van SRT gegevens. In de komende jaren zullen deze programma's worden uitgebreid en voor een groot deel aangepast. Dit is een continue ontwikkeling die de uitbouw en modernisering van ontvangerapparatuur op de voet volgt.

Speciaal de nieuwe digitale lijnontvanger vereist een volledige, gedeeltelijk reeds geschreven, aanpassing van programmatuur, aangezien het bestaande pakket de gegevensstroom van deze grote ontvanger, zeker in combinatie met de SRT (40, 3) niet aan kan.

In de wat verdere toekomst wordt gedacht aan analoge of quasi-analoge methoden om de driedimensionale gegevensmatrix te bewerken en te analyseren. De te gebruiken technieken zijn nog nergens genoegzaam gebruikt om nu een optimaal systeem te kunnen definiëren, doch aan de conceptie van dit pakket wordt nu in laboratorium en computergroep gewerkt.

Onderhoud van de teleskoopsystemen.

In 1977 bestaan de mechanische en elektrische systemen van de SRT 7 à 9 jaar. In de achter ons liggende periode hebben wij duidelijk geprofiteerd van een zeer goed ontworpen en geconstrueerd instrument. De vervangingswaarde van deze systemen is ca. 30 miljoen gulden. De onderhoudswerkzaamheden zijn tot dusver ver beneden de normale omvang bij een dergelijk systeem gebleven, daar het nieuw was en vrij probleemloos werkte. Met het verstrijken der jaren verandert dit, en stijgt de omvang van dit werk naar een normale proportie van de zojuist genoemde vervangingswaarde en zal daarmee een niveau bereiken dat de huidige budgettaire mogelijkheden van de S.R.Z.M. te boven gaat. Middelen, financiëel en personeel, om in de komende periode dit onderhoud te kunnen doen zijn van groot belang voor het op peil houden en goed benutten van het gehele instrumentarium. Een en ander heeft zijn consequenties voor zowel de grootte en de samenstelling van het personeelsbestand als voor het materiële deel van het exploitatiekrediet.

1.2.5. Na 1981.

De planning van grote astronomische instrumenten elders ter wereld is ons genoegzaak bekend. Over een zeer breed front van de radioastronomie hebben wij in de jaren zeventig een grote voorsprong. In de jaren tachtig is de situatie meer gedifferentiëerd, doch blijft de capaciteit van SRT (40, 3) voor vele problemen onovertroffen. Voorwaarde is uiteraard dat de uitvoering van het onderhouds- en ontwikkelingswerk de technische optimalisering van de SRT continu waarborgt.

De grote wetenschappelijke attraktie van het volgend decennium is de komst van allerlei nieuwe, hoogwaardige waarneemsystemen in complementaire spectraalgebieden. De meeste van die systemen kosten een ordegrootte meer dan de SRT. Het eenvoudige instrument van 1970 is zeer flexibel gebleken, met vele uitbouw- en verfijningsmogelijkheden. Het verschaft de Nederlandse sterrenkunde gedurende tenminste twintig jaar een volwaardig deelgenootschap in moderne sterrenkunde en ruimte-onderzoek, een van de meest dynamische takken van de huidige natuurwetenschappen.

Een deel van de ontwikkelingscapaciteit van de S.R.Z.M. komt na 1981 beschikbaar voor nieuwe taken. Dit zou zich kunnen richten op apertuur synthese met een 'dedicated VLBI-network' dat in Europees of Noord-Atlantisch verband tot stand kan komen. Astronomisch en technisch heeft zo'n systeem veel raakvlakken met de SRT ervaring. Ook is het mogelijk deze capaciteit aan te wenden voor de ontwikkeling van dataverwerkingssystemen, nu in andere takken van de sterrenkunde deze problematiek meer en meer de gedaante van die in de huidige radioastronomie lijkt aan te nemen.

In de eerstvolgende jaren zullen in het nationaal verband van de hele sterrenkunde de opties worden overwogen.

2. AFDELINGSVERSLAGEN.

2.1. Teleskoopgroep Westerbork.

2.1.1. Algemeen.

Voor de teleskoopgroep zal 1976 nog lang het jaar van de boutjes blijven. Hoewel het vastzetten van het gaas nodig en spektakulair was, is het toch niet het belangrijkste aspekt van het afgelopen jaar geweest.

Het streven in 1976 is geweest om naast het gewone waarneemprogramma de noodzakelijke werkzaamheden die verband houden met phase I van de uitbouw te verrichten. Daar waarnemingen doen en uitbreiden vaak botsende aktiviteiten ten gevolge hebben moest soms het ene voor het andere wijken, en soms omgekeerd.

Naast het jaar van de boutjes dus ook het jaar van de afwerking van phase I uitbouw, zoals de bekabeling van de teleskopen C en D en de uitbreiding van de centrale voorzieningen (bijv. digitale lijnontvanger).

Het eerste kwartaal werd gekenmerkt door aktiviteiten op het gebied van personeelszaken: het funktiewaarderingsonderzoek en de beoordelingsronde. Nadat in het tweede kwartaal het gaas is vastgezet, werd het in het derde kwartaal warm tot zeer warm, met grote temperatuursprongen tussen dag en nacht als gevolg, een voor het bedrijven van interferometrie niet zo gunstige situatie. Het vierde kwartaal viel op doordat een aantal zaken hun definitieve vorm c.q. plaats kregen (digitale lijnontvanger in H.F. kabine, H.P. computer in bedieningsruimte). In het team van waarnemers ontstond een verandering door de ontslagname van J.P. Bloemendal per 1-10-'76. In zijn plaats is T. Grit gekomen die in het projekt "besturing C en D" al een half jaar op de sterrenwacht gewerkt had.

Aandacht is dit jaar besteed aan de noodzakelijke uitbreiding van het dienstgebouw Westerbork i.v.m. cryogene voorzieningen en het al nijpende tekort aan ruimte om de niet in gebruik zijnde serie frontends een redelijke plaats te geven. Deze uitbreiding moet in 1977 worden gerealiseerd.

2.1.2. Teleskoopgebruik.

Het in het vorig jaarverslag gekonstateerde hoge rendement van 85 % (bruto) is daar al kritisch beschouwd in het licht van de afweging kwaliteit tegen kwantiteit.

Bezien we het afgelopen jaar (bruto 76 %, netto 48 %) dan is er in dit opzicht zeker van een "verbetering" sprake. Echter ook hier een waarschuwing. Uit deze cijfers is het namelijk niet zonder meer duidelijk welk deel van het rendement (kwantiteit) geofferd werd voor onderhoud (kwaliteitshandhaving) en welk deel voor

uitbreiding (kwaliteitsverbetering). Daar de aktiviteiten voor beide aspekten vaak tegelijkertijd plaatsvonden is het niet goed mogelijk dit te scheiden.

In het begin van het jaar waren de 6/50 cm frontends in gebruik waarbij in januari eenmaal werd gewisseld van 6 naar 50 cm. Begin februari zijn de 21 cm frontends in de teleskopen gehesen (voor het eerst moest de pneumatische hijsinrichting bij vorst werken. We kennen nu de problemen en oplossingen die daarmee samengaan.) die daar tot 13 mei gebleven zijn voor zowel lijn- als continuum waarnemingen.

Van 13 mei tot 9 juni heeft het waarneembedrijf stop gestaan (zie 2.1.5) waarna de 6/50 cm frontends in de teleskopen gebracht zijn. Tot in november zijn afwisselend 6 en 50 cm waarnemingen gedaan. Een totaal overzicht van de teleskoop kalender is gegeven in Tabel I.

Het aantal systeem omschakelingen is 27 geweest, waarbij 4 maal van frontends is gewisseld.

In Tabel II de gebruikelijke tijdsverdeling in procenten over de verschillende kategoriën van teleskoopgebruik, ingedeeld naar frekwenties. Ter vergelijking de totalen van vorige jaren. De waarneemtijd is aangegeven voor de verschillende ontvangersystemen (L = lijn en C = continuum).

Tabel III geeft de verdeling van waarneemtijd over de astronomische programma's.

Tabellen IV, V, VI geven een aantal karakteristieke grootheden van het teleskoopbedrijf.

Figuur 1 toont in een histogram de verdeling van de totale tijd over de kategorie van Tabel II.

Als bijzondere waarneem aktiviteiten kunnen genoemd worden:

a. Waarneming van de zon op vier achtereenvolgende dagen in een konfiguratie met parallelle dipolen en matige asymmetrie voor maximale polarisatie gevoeligheid. De herhaling van dezelfde serie kalibraties op vier achtereenvolgende dagen met verschillende temperaturen heeft de sleutel gegeven voor de oplossing van het 6 cm fase probleem van deze zomer.
b. Binnen 24 uur na aankondiging kon door omschakeling van 50 cm op 6 cm begonnen worden met waarnemingen op Cygnus, om gelijktijdig met een röntgen satelliet naar uitbarstingen te speuren.
c. De mogelijkheid om de rij teleskopen in Westerbork niet als interferometer maar als serie enkele teleskopen te gebruiken is reeds vaker onder ogen gezien. Aan het eind van dit jaar zijn in deze total power mode x en y dipool van een teleskoop gekorreleerd om zo polarisatie op 21 cm te bepalen van uitgebreide strukturen. Uitwerking van een serie metingen met twee teleskopen op een aantal bekende stukken van de melkweg en op COMA zal pas in 1977 tot resultaten leiden.

2.1.3. Computer hard- en software systeem.

Hoofddoel van de inspanning van het afgelopen jaar was om begin 1977 een software pakket voor de HP2100A - P9202 kombinatie te maken dat de noodzakelijke basis konfiguratie vormt om 14 teleskopen samen met de digitale lijnontvanger te kunnen testen.

Het HP gedeelte wordt door de computergroep verzorgd (zie 2.3.3.), het P9202 gedeelte door de teleskoopgroep.

Hoewel het tot in laatste instantie erop leek dat alle voorgenomen plannen dit jaar gerealiseerd zouden kunnen worden, heeft een storing in de koppeling tussen beide computers de gang van zaken enigszins vertraagd. Het oplossen van de problemen die na de wijziging van een multiplexer interface werden gekonstateerd, is door gezamenlijke inspanning van hard- en software medewerkers met succes bekroond, maar heeft naast een verdieping van inzicht in het gehele systeem een vertraging van 2 maanden opgeleverd. Het geplande testen van de nieuwe konfiguratie begin '77 zal hierdoor echter nauwelijks vertraagd worden.

De storingen zoals gemeld in het vorig jaarverslag zijn door een zwaardere voeding niet meer voorgekomen.

2.1.4. Het ontvanger systeem.

Behoudens de normale zorg in onderhoud, storingen, routine omschakelingen en kontroles heeft de uitbreiding van 12 naar 14 teleskopen ook hier de nodige aandacht gevraagd.

De ontvanger elektronika heeft over het geheel genomen het afgelopen jaar weer weinig problemen gegeven.

De in het vorig jaarverslag al genoemde aktiviteiten met betrekking tot de dipoolstanden hebben geleid tot de konstatering dat de oriëntatie t.o.v. de hemel van zowel het frontend deel als het teleskoop deel binnen 0.1^{o} bepaald en reproduceerbaar is.

Veel aandacht is ook besteed aan de shadowing problematiek juist i.v.m. de keuze van de verschillende standaard basislijn konfiguraties met de RT's A, B, C en D.

Het fasekalibratiesysteem heeft in het begin van de 21 cm periode problemen gegeven. Later onderzoek toonde een los kontakt aan dat althans voor een deel van de problemen verantwoordelijk was.

Ondanks het warme zomerweer zag het er naar uit dat het ontvanger systeem met 6/50 cm frontends goed gewerkt heeft. Dat juist in de 6 cm periode, waarin weinig technische storingen zijn voorgekomen, de gain- en de fasestabiliteit minder bleek te zijn, werd pas na reduktie gekonstateerd. Een deel kan verklaard worden door de grote temperatuurverschillen tussen dag en nacht en de waarschijnlijk daaruit resulterende grotere temperatuurverschillen in twee kanten van een interferometer. Het totale probleem, bekend als het 6 cm zomer probleem, is nog in onderzoek.

Met het oog op de toekomstige 6/50 cm retrofit (1977) is met

een roteerbare Yagi antenne en een spektrum analyser het panorama-spektrum van de sterkste zenders (100 - 900 MHz) opgenomen.

De al eerder gemelde kortdurende 50 cm storingen zijn verder onderzocht. Een gericht tijdstippenonderzoek met de Nederlandse Spoorwegen heeft geen overtuigend bewijs van storing door het treinverkeer opgeleverd. Inmiddels is getracht om meer gegevens over deze stoorstraling te "vangen" (polarisatie, modulatie, professioneel gebruik etc.). Zodra de frekwentie overtuigend is vastgesteld, willen we de Radio Controle Dienst hierin betrekken.

De aktiviteiten i.v.m. de uitbouw hebben naast de installatie op de nieuwe teleskopen ook uitbreiding/vervanging van backend voorzieningen tengevolge gehad. We noemen de installatie van het nieuwe equalizer systeem, het IF/video gedeelte van het digitale backend, de uitbreiding met twee delayrekken en de ombouw van het centrale LO systeem.

2.1.5. Mechanische/elektrische systemen.

In het voorjaar is een aantal experimenten uitgevoerd om vast te kunnen stellen welke bevestigingsmethode voor het losrakende gaas op de teleskopen 0 t/m B het beste was. Vastzetten met een zelftappende bout was de methode die hieruit als winnaar naar voren kwam.

Om een aantal grotere onderhouds- en uitbreidingswerkzaamheden die strijdig zijn met het normale waarneembedrijf te kunnen realiseren is het waarneembedrijf drie weken stopgezet (13 mei - 9 juni). De onderhouds- en uitbreidingswerkzaamheden zijn als volgt te rubriceren:

a. Het vastzetten van het gaas op de teleskopen 0 t/m B (De Grote Prikaktie). Zoals in de inleiding aangekondigd zijn de gaaspanelen vastgezet met zelftappende, zelfborende bouten. Er zijn totaal in de 12 teleskopen 175.000 bouten verwerkt in 1600 schroefuren. Om alle panelen te bereiken zijn 4 extra hoogwerkers gehuurd. De mankracht voor dit projekt heeft naast enkele mensen van een konstruktiebedrijf en een aantal TAP-pers voornamelijk bestaan uit vrijwilligers van de sterrenkundige afdelingen van de Universiteiten en Stichtingsmedewerkers. (Een honderd-tal mensen, 10 extra krachten, 30 mensen van de Universiteiten en Stichtingsmedewerkers,heeft boutjes geschroefd.) Een aantal boutjes op zeer hoog gelegen panelen werd op 23 juni geschroefd, waarna op 25 juni een projekt beëindigend drankje is gedronken.
b. Door de CTD zijn de 12 oude 104 polige signaleringskonnektors op de aansluitstations langs de railbaan vervangen door Bendixpluggen. Tevens zijn de hierop aansluitende signaleringskabelstrengen van RT A - RT B vervangen.
c. Op de kwadranten van RT 0 t/m RT B zijn de eindschakelaars vervangen.

d. Van het 21 cm fasekalibratiesysteem is het kabelmeetsysteem grondig nagegaan.
e. De beschikbare tijd op de P9202 computer is gelijkelijk gebruikt voor installatie van interfaces voor de nieuwe multiplexer en voor het uittesten van de bijbehorende software.
f. Numerieke besturing RT C en D.
g. Software ontwikkeling.

De vier laatst genoemde punten, niet strikt tot mechanische/elektrische systemen behorend, zijn hier toegevoegd om een vollediger beeld van de werkzaamheden in de drieweekse stop te geven.

Toen tijdens de bekabelingswerkzaamheden op de teleskopen C en D gekonstateerd werd dat van enkele panelen het gaas loszat, was dit een zaak van de grootste zorg. Overleg met en inspektie door de fabrikant, de projektleider en S.R.Z.M. leidde tot de konklusie dat snelle aktie nodig was om dit gaas vast te zetten. Dit is inmiddels door de fabrikant gedaan. Daar geen verdere schade is gekonstateerd bestaat goede hoop dat het probleem op bevredigende wijze kan worden opgelost.

2.1.6. Diversen.

a. Het airconditioningssysteem.

In verband met de herindeling van het klokkenrek en de verplaatsing van de HP2100A computer naar de scheidingswand van de ontvanger- en computerruimte moest het a.c. systeem herzien worden door verandering van de ruimtelijke dissipatie verdeling. Hiertoe seconair I op vijf i.p.v. drie van de zes bestaande roosters laten uitblazen. Voor seconair II zijn extra uitblaasroosters aangebracht waarvan één in de computerruimte.

b. De windmeter.

Gebruik van de windmeter voor een kwantitatief doel, nl. snelheden geven die vergelijkbaar zijn met KNMI metingen om voor storm te waarschuwen en de teleskoop te beveiligen via inschakelen van maximaal kontakten vergt een nauwkeurige ijkprocedure. Hierin zijn van belang hoogte en lokatie van de anemometer, karakteristiek van tachogenerator, tijdkonstante en schaalijking van de meter. Aan de instrumentele kant is een aantal verbeteringen aangebracht, optimale instelling vergt nog nadere bestudering. De "grote" windmeter is nu met een 10 min. tijdkonstante uitgerust. Verdere analyse is noodzakelijk evenals gegevens over teleskoopbelasting.

c. Kabelstrengen voor verrijdbare teleskopen.

Een 30-tal wagentjes werd vervaardigd voor het samenstellen

van een kabelstreng voor het transporteren van de signaleringsen coax kabels tijdens het verrijden van de teleskopen A t/m D. Na het beproeven van deze eerste streng met een aantal reserve kabels bleken enige kleine veranderingen aan de kabelsteunen nodig, dit vooral om te voorkomen dat de coax kabels aan te grote buiging worden blootgesteld.

d. Storingen.

De zeer sterke en enige uren durende 21 cm stoorstraling, waar we de laatste jaren soms mee gekonfronteerd werden, hebben geleid tot een rechtstreeks kontakt met het Hoofdkwartier der Koninklijke Luchtmacht.

Na een aantal pogingen zonder resultaat, kon op 11 november zoveel informatie uit onze hiervoor aangepaste waarnemingen gehaald worden dat een trajekt van een bewegende stoorbron in hoekmaat hieruit gerekonstrueerd kon worden.

Bij een grondig onderzoek door de Kon. Luchtmacht binnen de NAVO bleken een paar vliegtuigen hier min of meer aan te voldoen. Na een proefvlucht van een nederlandse machine zonder resultaat, kwam bij een technisch onderzoek aan een vliegtuig van een NAVO-partner een zodanig defekt aan het licht, dat verwacht mag worden dat deze storing na reparatie verdwenen is.

e. Bezoekers.

De toeristische zomerrondleidingen waren dit jaar weer een succes. Verder zijn dit jaar veel bezoeken geweest van televisieorganisaties:
Nigel Calder (BBC) i.v.m. een programma "Sleutel tot het heelal",
R. Spoor (NOS) i.v.m. een programma over de Viking Marsexpeditie,
TELEAC i.v.m. de kursus: Wetenschap in beweging,
en diverse andere foto- en filmbedrijven die opnamen gemaakt hebben in opdracht van de NOS, provinciale VVV etc.

De aktiviteiten van de Radiosterrenwacht worden aan het einde van het Melkwegpad in een vier-tal vitrines uiteengezet. De reakties van het publiek zijn zeer positief.

Tabel I. CHRONOLOGISCH OVERZICHT VAN TELESKOOPGEBRUIK IN 1976.

Datum Begin	Datum Eind	Ontvangertype	Waarneemstops
1 jan.	20 jan.	6 - continuum	
20 jan.	3 feb.	50 - continuum	
3 feb.	6 feb.		ombouw 50 cm → 21 cm
6 feb.	22 apr.	21 - continuum	
22 apr.	1 mei	21 - lijn kort	
1 mei	13 mei	21 - lijn lang	
13 mei	17 mei	21 - continuum	
17 mei	9 jun.		gaas vastzetten, revisie
9 jun.	22 jul.	6 - continuum	
22 jul.	22 jul.	50 - continuum	
22 jul.	23 jul.	6 - continuum	
23 jul.	29 jul.	50 - continuum	
29 jul.	29 jul.	6 - continuum	
29 jul.	13 aug.	50 - continuum	
13 aug.	30 aug.	6 - continuum	
30 aug.	3 sep.		wijziging bedieningsruimte
3 sep.	8 sep.	6 - continuum	
8 sep.	9 sep.		systeem ontwikkeling
9 sep.	15 sep.	6 - continuum	
15 sep.	16 sep.		systeem ontwikkeling
16 sep.	22 sep.	6 - continuum	
22 sep.	23 sep.		systeem ontwikkeling
23 sep.	29 sep.	50 - continuum	
29 sep.	30 sep.		reparatie bliksemschade
30 sep.	4 okt.	50 - continuum	
4 okt.	8 okt.		winterrevisie
8 okt.	13 okt.	50 - continuum	
13 okt.	20 okt.	6 - continuum	
20 okt.	21 okt.	50 - continuum	
21 okt.	27 okt.	6 - continuum	
27 okt.	29 okt.	6 - lijn lang	
29 okt.	1 nov.	21 - lijn lang	
1 nov.	3 nov.	21 - lijn kort	
3 nov.	5 nov.		ombouw 6 cm → 21 cm
5 nov.	9 nov.	21 - continuum	
9 nov.	10 nov.		test RT C en RT D
10 nov.	17 nov.	21 - continuum	
17 nov.	18 nov.		systeem ontwikkeling
18 nov.	19 nov.	21 - continuum	
19 nov.	22 nov.		test RT C en RT D
22 nov.	23 nov.	21 - continuum	
23 nov.	24 nov.		systeem ontwikkeling

Tabel I. (vervolg)

24 nov. - 29 nov.	21 - continuum	
29 nov. - 30 nov.		systeem ontwikkeling
30 nov. - 8 dec.	21 - continuum	
8 dec. - 10 dec.		test RT C en RT D
10 dec. - 14 dec.	21 - continuum	
14 dec. - 15 dec.		systeem ontwikkeling
15 dec. - 20 dec.	21 - continuum	
20 dec. - 22 dec.		ombouw 21 cm → 6 cm
22 dec. - 31 dec.	6 - continuum	

Totaalcijfers uit het chronologisch overzicht:

6 cm continuum	120 dagen
6 cm lijn	2 dagen
21 cm continuum	115 dagen
21 cm lijn	26 dagen
50 cm continuum	51 dagen
géén waarnemingen	52 dagen

Er vonden 27 systeem omschakelingen plaats (waarvan 6 t.b.v. testen met RT C en D) en 4 frontendserie verwisselingen.

Tabel II. TELESKOOPGEBRUIK IN PERCENTAGE VAN TOTAAL AANTAL UREN.

	6C	6L	21C	21L	50C	om-bouw	instru-menteel	1976	1975	1974	1973	1972	1971
a. 12 uurs-synthese	37	--	14	40	42			26	43	33	31	38	45
b. < 12-uurs waarneming	19	--	39	15	11			22	20	29	29	12	11
c. kalibratie	31	82	29	33	32			28	22	22	19	24	18
d. onderhoud, systeemtests	4	18	5	5	7	61	100	14	8	9	10	11	10
e. ontwikkeling, software	4	--	9	5	4	13		6	4	4	7	10	9
f. storing, weer, stilstand	5	--	4	2	4	26		4	3	3	4	5	7
jaartotaal 1976	33	1	35	7	14	2	8	100					
netto rendement (a+b)	56	0	53	55	53			48	63	62	60	50	56
bruto rendement (a+b+c)	87	82	82	88	85			76	85	84	79	74	74

Tabel III. SRT WAARNEEMTIJD PER PROGRAMMA IN 1976.

6 cm continuum.

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
WS3	Clusters and tailed sources	Gavazzi, Perola, Valentijn	61
WS11	Galactic centre sources	Schwarz, Downes, Goss	19
WS29	Galactic HII regions	Israel, Habing	40
WS41	Virgo cluster	Kotanyi, Ekers	43
WS48	Quasars	Lari, Fanti, Colla	12
WS92	Planetary nebulae near galactic centre	Wouterloot, De Bruyn, Ekers, Habing, Oort Shane	36
WS103	Cluster of galaxies Abell 1314	Wilson, Vallée, van der Laan	121
WS122	Variability of nuclei of radiogalaxies and quasars	Ekers, Fanti, Lari, Miley	15
WS124	Compact components of large radio sources	Strom, Willis, Wilson	21
WS156	Compact components of galactic HII regions	Felli, Israel, Habing	36
WS159	Nucleus of galaxy 3C326	Strom, Willis, Wilson	55
WS160	Quiet sun	Kundu, Allisandrakis	48
WS170	Unidentified X-ray sources	Strom, Harris	17
WS173	Faint (radio) quasars	Willis	2
WS183	Intermediate radio galaxies and clusters	Harris, Kapahi, Strom	24
WS185	Low luminosity radio galaxies	Ekers, Fanti, Lari, Parma	159
WS187	NRAO tailed radio galaxies	Miley, Owen, Rodnick, Harris	192
WS191	SO galaxy NGC 3665	Kotanyi, Fanti	12
WS194	Variable source BL LAC	Spoelstra	5
WS212	Diameters of radio galaxies	Kotanyi, Grueff, Vigotti	44
WS221	Seyfert and infra-red galaxies	Wilson, Meurs	111
WS223	Completing Olsen list of sources	J. Katgert, Padrielli, Lari	17
WS236	Emission of HII regions in IC 1613	v.d. Kruit, Ekers	12
WS227	Bright spiral structures	v.d. Kruit, Shoshak	84
WS232	Sample of relaxed double radio sources	Van Breugel, Miley, van der Laan	24
WS238	B2 sources with 24 km data	J. Katgert, Padrielli	14
WS240	3C40	Ekers, Simkin, van Morsel	17
WS243	Galactic HII regions	Harten	36

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
WS247	4C34.47 - Large QSO	Miley, Conway	14
WS250	Nova in Cygnus	Israel, Spoelstra	11
WS254	Molecular clouds and HII regions	Blair, Israel, Habing	49
WS256	Putative non-thermal source 2346+16	Kapahi, Moffet	3
WS258	HII regions	v.d. Bout, Blair	1
WS264	Compact HII region M1-78	Shaver, Gilra, Zuckerman, Turner, Palmer, Harris	12
WS266	Variability of nuclear source of Seyfert IIIZW2	Wilson	7
WS267	Accurate positions and angular sizes in the NRAO 5 GHz strong-source survey	Kapahi, Ekers, Kühr, Pauliny-Toth	29
WS268	3CR sources with compact components	Schilizzi	24
WS269	1401-33, a southern head-tail source?	Schilizzi	1
WS270	Faint galaxy 3C13	Bouwman, van der Laan, Spinrad	12
WS273	Continuum radiation of NGC 3077	Van der Hulst	12
WS276	Monitoring Cyg X-1	Braes, van der Laan, Miley	35
WS299	HD 26676	Strom, Harris	10
		Totaal 6 cm continuum	1497

21 cm continuum.

WC4	Large clusters and tails	Perola, Jaffe, Gavazzi, Valentijn	92
WC13	X-ray sources	Braes, Miley	14
WC15	Virgo cluster	Kotanyi, Ekers	145
WC24	Galactic HII regions	Israel, Habing	12
WC39	Variable source BL Lacertae	Ekers, v.d. Hulst	4
WC87	Extra-galactic HII regions	Israel	12
WC90	M17	Matthews, Shaver, Harten, Pottasch	32
WC115	Low luminosity radio galaxies at known distance	Lari, Fanti, Ulrich	18
WC120	OH 12.2	Shaver, Matthews, Habing, Winnberg	8
WC123	Structure of extra-galactic radio source NGC 315	Strom	16
WC127	Planetary nebulae near the galactic centre	Wouterloot, De Bruyn, Ekers, Habing, Oort, Shane	36

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
WC147	Early type galaxies	Schwarz, Kotanyi	32
WC162	X-ray cluster A2319	Harris, Miley	48
WC170	X-ray sources	Harris, Strom, Bahcall, van der Laan	20
WC184	Anomalous arms and related phenomena in NGC 4258	Albada, Shane, Oort	24
WC185	Low luminosity radio galaxies	Ekers, Fanti, Lari, Parma	24
WC189	IC356	Segalovitz, Shane, Willis	15
WC191	SO galaxies	Kotanyi, Ekers, Balkowski	33
WC194	Variable source BL Lacertae	Spoelstra	38
WC196	Compact HII regions in dust clouds	Encrenaz, Falgarone, Brown, Gilmore, Zuckerman	47
WC206	B2 quasars	Padrielli, Fanti, Fanti, Lari	66
WC207	Radio galaxy 3C449	Högbom, Bystedt	12
WC213	Deep low-latitude survey	Braes, Miley	81
WC214	Sample of quasars	De Ruiter, van der Laan, Fanti, Lari, Padrielli	82
WC215	Survey of bright galaxies	Hummel, Ekers, v.d. Kruit	231
WC218	Galactic radio sources selected at 408 Mc	Fanti, Habing, Panagie, Tofani, Tomasi	112
WC226	IC 1613	v.d. Kruit, Ekers	8
WC229	Uranus and Neptunus	Kotanyi, Gérard	8
WC231	Quasar 3C186	Miley, Vallée	12
WC234	Dwarf galaxy 2335+30	Fanti	2
WC239	SNR CTB 80	Strom, Kundu, Velusamy, Angerhofer	24
WC240	3C40	Ekers, Simkin, v. Morsel	2
WC241	Globular clusters and X-ray emission	Ekers, Harris, Freeman	55
WC242	Infra-red galaxies	Weiler, Wielebinski	12
WC244	Globular clusters	Ekers, Braes, Oort, Miley	19
WC247	4C34.47 - large QSO	Miley, Conway	12
WC249	NGC 2841 radial variation of the radio cont. properties	Hummel, Bosma	12
WC250	Nova in Cygnus	Israel, Spoelstra, Habing v.d. Laan	54
WC251	3C315, source with strange morphology	Bouwman, Miley, v.d. Laan	12
WC252	Complete sample of weak radio sources	Kapahi, Ekers	56

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
WC257	Galactic X-ray sources	Blair, v.d. Bout	12
		Totaal 21 cm continuum	1554

21 cm lijn.

WH26	HI in barred spiral NGC 4236	Shane, Bajaja, Dekker, Oort, Sancisi	24
WH37	Dynamical classification of galaxies	Bosma, Allen, v. Woerden	60
WH110	HI in peculiar NGC 2685	Shane, Bajaja, Oort	27
WH224	HI study of interacting galaxy pair ARP 143/141	Shostak, Freeman, Huchtmeier	73
WH225	HI in edge-on galaxies	Shostak	70
WH237	M 82 recombination line	Shaver, Churchwell	62
WH245	Galaxy/QSO pair	Shostak, Burke, Haschick, Crane, Willis, de Ruyter	24
		Totaal 21 cm lijn	340

50 cm continuum.

WT3	Galaxy clusters	Valentijn, Jaffe, Perola, Gavazzi	74
WT39	Variable source BL LAC	Ekers	2
WT68	X-ray sources	Braes, Miley	5
WT86	Jupiter	v. Someren Gréve, Le Poole, Wamsteker, v.d. Hulst, Ames	4
WT105	Abell clusters of galaxies	Valentijn	96
WT106	Circular polarization in the crab nebula	Weiler, Wilson	48
WT120	OH maser fields	Shaver, Matthews, Habing, Winnberg	39
WT123	Search for giant radio galaxies	Strom, Willis, Bridle, Davis, Fomalont	25
WT142	HII region W51	Harten, Felli, Matthews	18
WT172	Crab-like SNR G 74.9+1.2	Shaver, Weiler	12
WT173	Quasar like radio source 0846+51W1	Willis	3
WT183	Intermediate morphology radio galaxies and clusters	Harris, Kapahi, Strom	24
WT191	SO galaxy NGC 3665	Kotanyi, Fanti	12
WT205	Strong radio source 3C409	Strom, Dagkesamansky	2
WT216	Extended HII regions	Tofani, Harten, Felli	24
WT219	5C2 regions	Katgert	62

Code	Onderwerp	Onderzoeker(s)	Uren
WT230	Guest stars	Miley, Yuan	14
WT235	Gamma-ray source Gemini	Gavazzi, Harten, Bignami	12
WT236	Perseus arm	Blair, Israel	24
WT246	Very extended radio sources	Palumbo, Grueff, Vigotti	24
WT247	4C34.47 - large QSO	Miley, Conway	12
WT248	Cancer cluster	Valentijn, Gavazzi, Perola, Tarenghi	49
WT249	Bright galaxy NGC 5055	Hummel, Bosma	39
WT250	Nova in Cygnus	Israel, Habing, v.d. Laan, Spoelstra	11
WT274	Relation CO clouds/ HII regions	Van den Bout, Blair, Israel	12
		Totaal 50 cm continuum	647

Tabel IV. DIVERSE KARAKTERISTIEKE GEGEVENS BETREFFENDE TELESKOOPBEDRIJF.

Onderwerp	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Aantal projekten	42	76	103	113	148	115
Totaal aantal waarnemingen	3600	2000	5000	6000	4600	7200
aantal 12-uurs synthese	315	266	217	231	301	184
Teleskoop rendement netto %	56	50	60	62	63	48
bruto %	74	74	79	84	85	76
Aantal systeem omschakelingen	1	5	10	12	20	27
Aantal wisselingen van frontend serie	-	-	4	4	3	4
Aantal individuele frontend vervangingen	22	17	18	7	23	13
Percentage herhalingsmetingen	-	-	3	7	5	8

Tabel V. WAARGENOMEN PROGRAMMA'S IN PERCENTAGE PER ONTVANGERSYSTEEM.

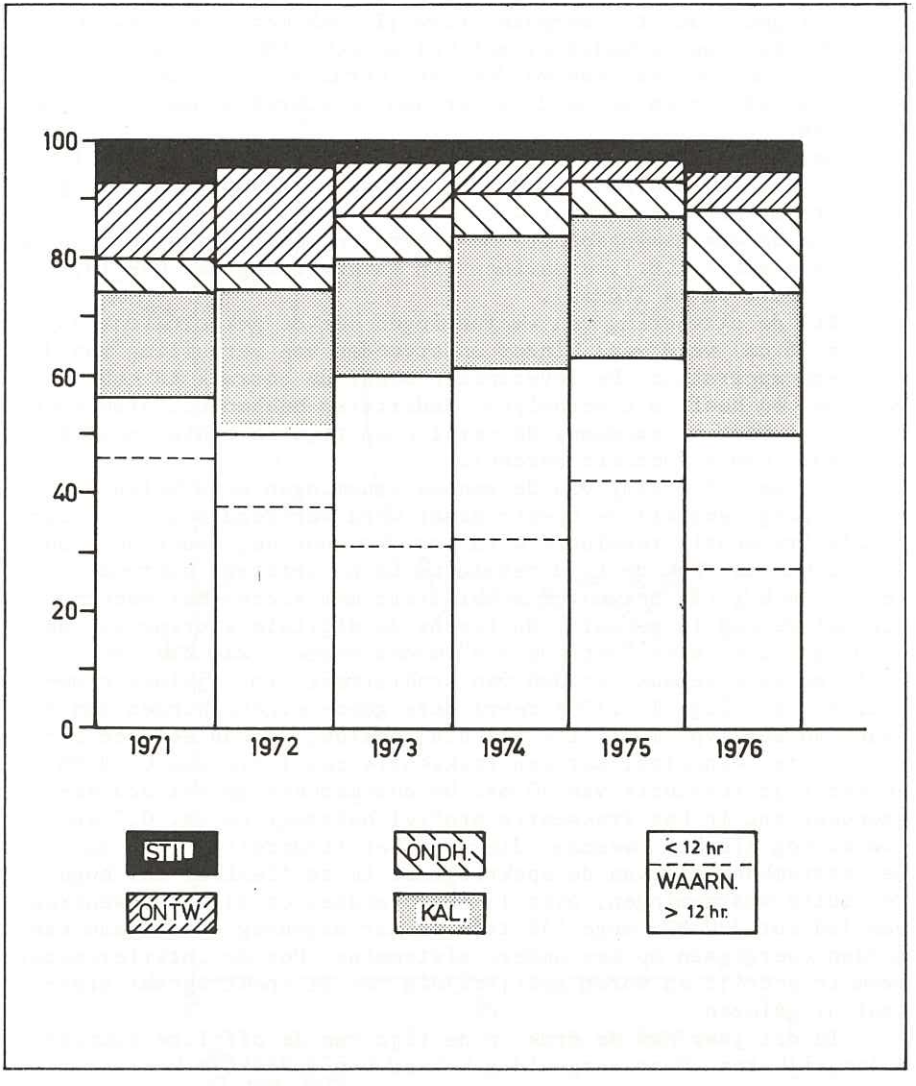
Systeem	1971	1972	1973	1974	1975	1976
21 C	89	29	14	20	28	39
21 L	11	49	4	41	13	8
6 C	-	22	57	32	16	37
6 L	-	-	-	-	14	-
50 C	-	-	25	7	29	16
	100	100	100	100	100	100

Tabel VI. WAARGENOMEN PROGRAMMA'S IN PERCENTAGE PER KATEGORIE.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Instrumenteel	10	13	6	-	-	-
Zonnestelsel	1	1	2	2	-	1
Galaktisch	24	24	25	12	31	24
Nabije stelsels	36	52	17	52	30	24
Extra-galaktisch	30	10	50	34	39	51

Figuur I. OVERZICHT TELESKOOP GEBRUIK OVER TOTALE TIJD.

STIL. = Stilstand t.g.v. storing, weer e.d.
ONTW. = Ontwikkeling van hard- en software
ONDH. = Periodiek onderhoud
KAL. = Kalibratie
WAARN. = Waarnemingen



2.2. Teleskoopgroep Dwingeloo.

2.2.1. Algemeen.

In dit jaar, waarin de 25 m teleskoop 20 jaar lang in bedrijf was(!) werd overgegaan op geheel automatisch bedrijf. Hiermee kwam een eind aan een lange traditie van bediening van teleskoop en ontvangers door werkstudenten. Tevens begon voor de teleskoop een nieuwe jeugd waarin hij een vijf-voudige verbetering in richtnauwkeurigheid heeft ondergaan, terwijl toch het grote gewicht (ca. 300 kg) van de moderne, met helium gekoelde, ontvangers in het brandpunt gevoerd kan worden. Wij verwachten dat deze teleskoop nog vele jaren goede diensten aan de sterrenkunde zal kunnen verlenen.

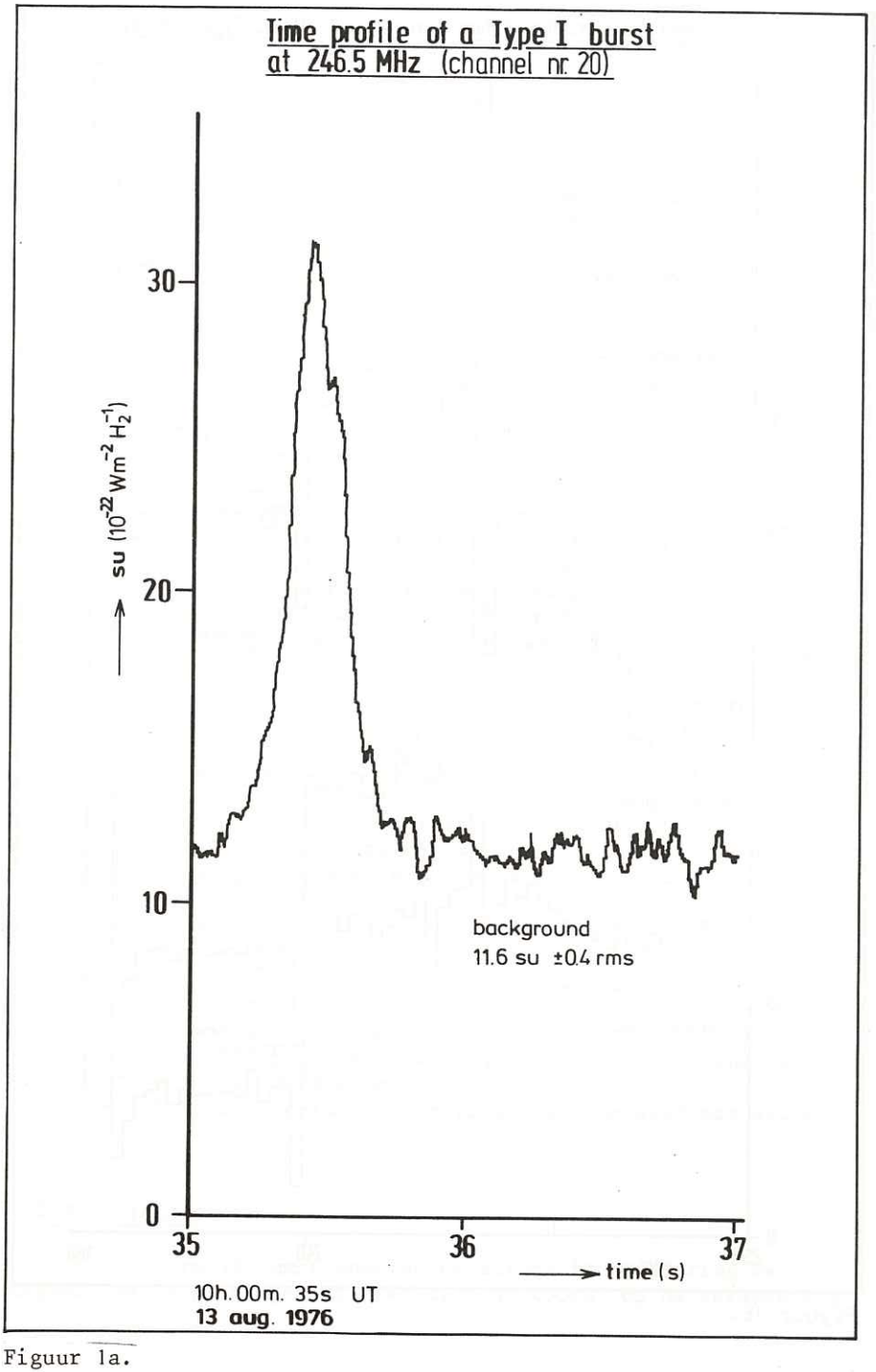
Het gebruik van de teleskooptijd is weergegeven in Tabel I. We zien dat de teleskoop voor 70 % van de tijd voor waarnemingen en systeemtests beschikbaar was.

Van de waarnemingsprogramma's verdient bijzondere vermelding het geslaagde V.L.B.I.-experiment in samenwerking met Onsala, Bonn en Fort Davis (Texas).

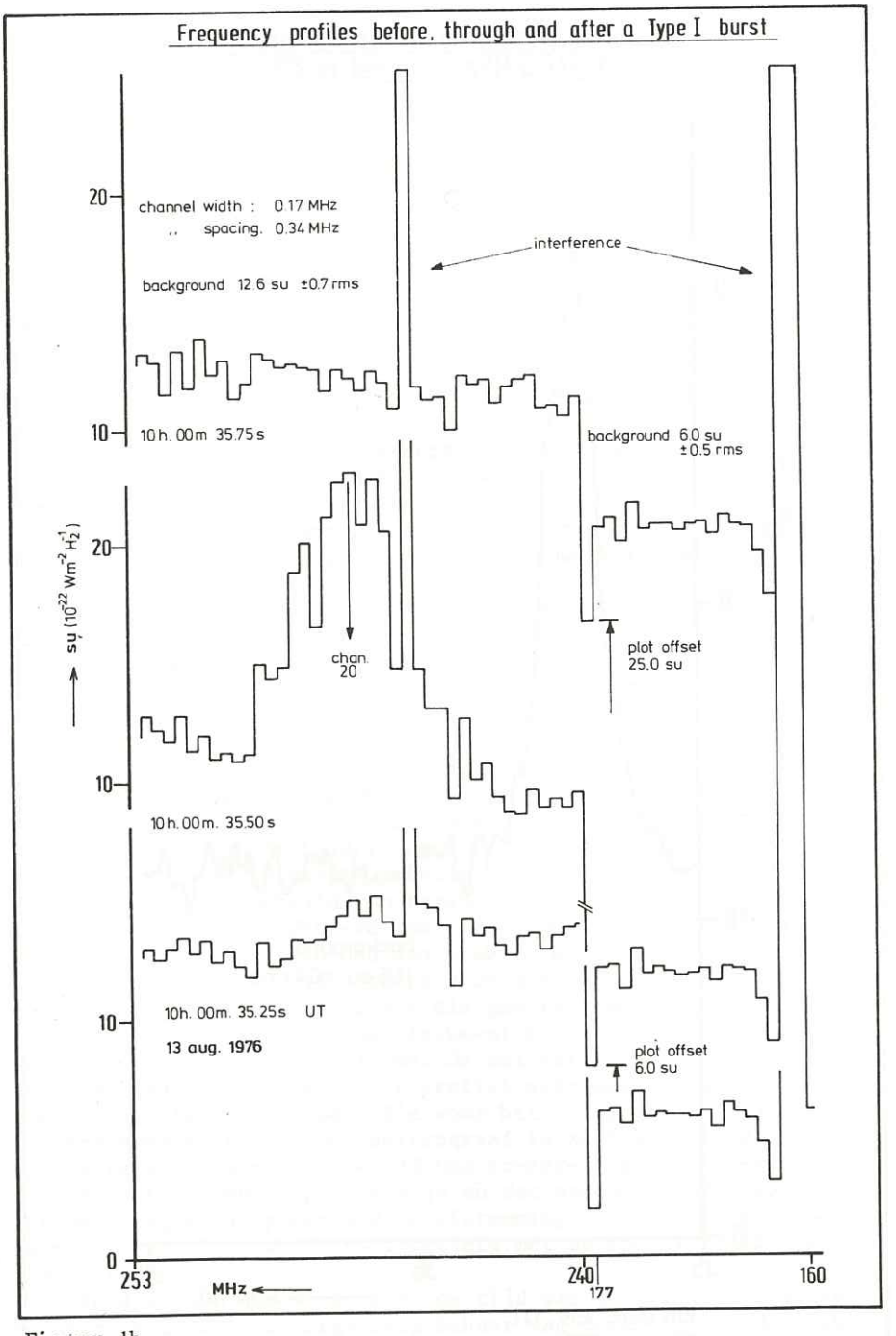
Bij de uitvoering van waarnemingen met de gekoelde ontvangers (21 en 18 cm) werd veel hinder ondervonden van vervuiling van de cryogene apparatuur. De leverancier meent de oorzaak te hebben gevonden en heeft die verholpen. Sedertdien hebben die problemen zich niet meer voorgedaan; de verstreken tijd is echter nog te kort voor een gefundeerd oordeel.

Bij de uitvoering van de zonnewaarnemingen werd belangrijke vooruitgang geboekt: de spektrograaf werd verstemd zodat een optimale frekwentie resolutie werd bereikt voor het onderzoek van Type I bursts. Ook de tijd resolutie is nu optimaal hiervoor, terwijl m.b.t. de ontvanger stabiliteit met succes het onderste uit de kan is gehaald. Nu tevens de digitale sturing van de ontvanger ook in de "aktieve zon" modes gereed kwam kan ten volle gebruik gemaakt worden van stabiliteit en ijkings nauwkeurigheid. Fig. 1. illustreert deze goede eigenschappen aan de hand van een Type I stoot zoals die gemeten, gereduceerd en geplot is te Dwingeloo, met een frekwentie resolutie van 0,33 MHz en een tijd resolutie van 10 ms. De onzekerheid op het achtergrondsniveau in het frekwentie profiel bedraagt nu ca. 0,7 su, d.w.z. nog slechts tweemaal die voor het tijdprofiel (0,4 su). De verstembaarheid van de spektrograaf is zo flexibel dat hoge resolutie waarnemingen, over 13 MHz breedte, op alle frekwenties van 160 tot 320 MHz mogelijk zijn en dat nagenoeg instantaan kan worden overgegaan op een andere afstemming. Ook de interferometer kwam in bedrijf en wordt gelijktijdig met de spektrograaf digitaal uitgelezen.

In dit jaar nam de druk op de tijd van de off-line computer belangrijk toe. Door zorgvuldig beheer van deze tijd konden ech-


Time profile of a Type I burst
at 246.5 MHz (channel nr. 20)
30
20
10
0
su (10^{-22} Wm^{-2} H_2^{-1})
background
11.6 su ±0.4 rms
35
36
37
time (s)
10h. 00m. 35s UT
13 aug. 1976

Figuur 1a.


Frequency profiles before, through and after a Type I burst
channel width : 0.17 MHz
,, spacing. 0.34 MHz
background 12.6 su ±0.7 rms
interference
10h. 00m 35.75s
background 6.0 su
±0.5 rms
su (10^{-22} Wm^{-2} Hz^{-1})
chan. 20
plot offset 25.0 su
10h. 00m. 35.50s
10h. 00m. 35.25s UT
13 aug. 1976
plot offset 6.0 su
20
10
0
253
MHz
240
177
160

Figuur 1b.

ter alle gebruikers aan hun trekken komen. Een grote verbetering zal zijn de ombouw van de PDP 11/20 tot een 11/70 systeem. Besloten werd deze ook in de waarneemzaal van het zonnehuisje te plaatsen. De hiertoe nodige voorzieningen konden reeds grotendeels worden tot stand gebracht.

2.2.2. Waarnemingen.

Zon.

Ook dit jaar bevond de zonsaktivitiet zich nog op een minimum niveau. Toch konden nog gedurende 237 uur zonnespektrografie waarnemingen verricht worden. Hiervan werden 450 min. digitaal geregistreerd, waarvan 96 min. gekombineerd met interferometrie op 243 MHz. Van een aantal type I stormen werden hoge frekwentieresolutie spektra verkregen zowel rond 160 MHz, 200 MHz, 240 MHz als 310 MHz.

Alle waarnemingen werden gerapporteerd aan de betrokken astronomen van het Sterrekundig Instituut te Utrecht en een groot aantal andere observatoria en de World Data Centers te Boulder, Toyokawa en Moskou. Onze waarnemingen werden als gebruikelijk opgenomen in de maandelijkse publikatie van "Solar Geophysical Data" van de National Oceanic and Atmospheric Administration, N.O.A.A. te Ashville, N.C., U.S.A.

21 cm lijn.

Een aantal programma's kon met succes worden uitgevoerd. Moeilijkheden met de frekwentie afhankelijkheid van de systeem temperatuur en de cryogene apparatuur noodzaakten tot uitstel van verdere metingen. Beide problemen werden opgelost, zodat de waarnemingen op deze golflengte in december konden worden hervat.

18 cm lijn.

Het pilot-survey op de hoofdlijnen, 1665/67 MHz, kon met succes worden afgerond. Het survey op 1612 MHz had te kampen met moeilijkheden met de cryogene apparatuur en met externe storingen die vooral in de herfst een belangrijk deel van de waarnemingen (ca. 25 %) verloren deed gaan.

Een V.L.B.I.-experiment op deze golflengte werd met succes bekroond.

2.2.3. Teleskopen.

Zoals vermeld funktioneerde de automatische sturing bevredigend. De inspanningen richten zich nu vooral op de verbetering

van de bedrijfszekerheid. Een verdere verbetering in de richtnauwkeurigheid in azimuth werd voorbereid.

Enkele proefmetingen met de laser interferometer door dr. R. Hammerschlag (Utrecht) van de trillingen van de 4-poot ontvangersteun wezen op een voorkeursfrekwentie van 3 Hz.

Metingen van de radioas stabiliteit met een 6 cm ontvanger leverden ook deze voorkeursfrekwentie op. Overigens bleek dat bij windkracht 4 Bft de onnauwkeurigheid van de radioas t.g.v. de wind nog ver beneden de richtnauwkeurigheid blijft ($\sim 0.01^{o}$).

De beide Würzburg teleskopen funktioneerden goed ten behoeve van de zonne interferometer.

Met de sturing van de 3,5 m teleskoop werden zodanige vorderingen gemaakt dat deze spoedig voor zonnefluxmetingen op 3 en 10 cm golflengte in bedrijf zal kunnen komen.

2.2.4. Ontvangersystemen.

Radiospektrograaf.

Reeds is vermeld dat deze in optimale konditie voor het type I onderzoek is gebracht (zie ook het Laboratorium verslag).

Met de voorbereiding van de toekomstige verstemming naar de band tussen 400 en 900 MHz is begonnen. Enkele mogelijkheden voor waarneming ondanks de vele T.V. draaggolven in deze band zijn onderzocht, terwijl ook enkele alternatieven voor de technische uitvoering zijn opgeworpen (zie het Laboratorium verslag).

Interferometer en flux ontvangers.

De interferometer kwam in bedrijf en leverde bevredigende resultaten. De beoogde positie resolutie van 1 arcmin. werd ruim gehaald.

De flux ontvangers op 10 en 3 cm kwamen gereed en wachten op het in bedrijf komen van de 3,5 m. teleskoop. De 3 cm ontvanger wordt inmiddels gebruikt voor het testen van teleskopen te Westerbork.

Gekoelde ontvangers.

De 18 cm ontvanger heeft zonder problemen gefunktioneerd (afgezien van de cryogene apparatuur).

De moeilijkheden met de 21 cm ontvanger zijn reeds genoemd. Voor details hierover wordt verwezen naar het Laboratorium verslag.

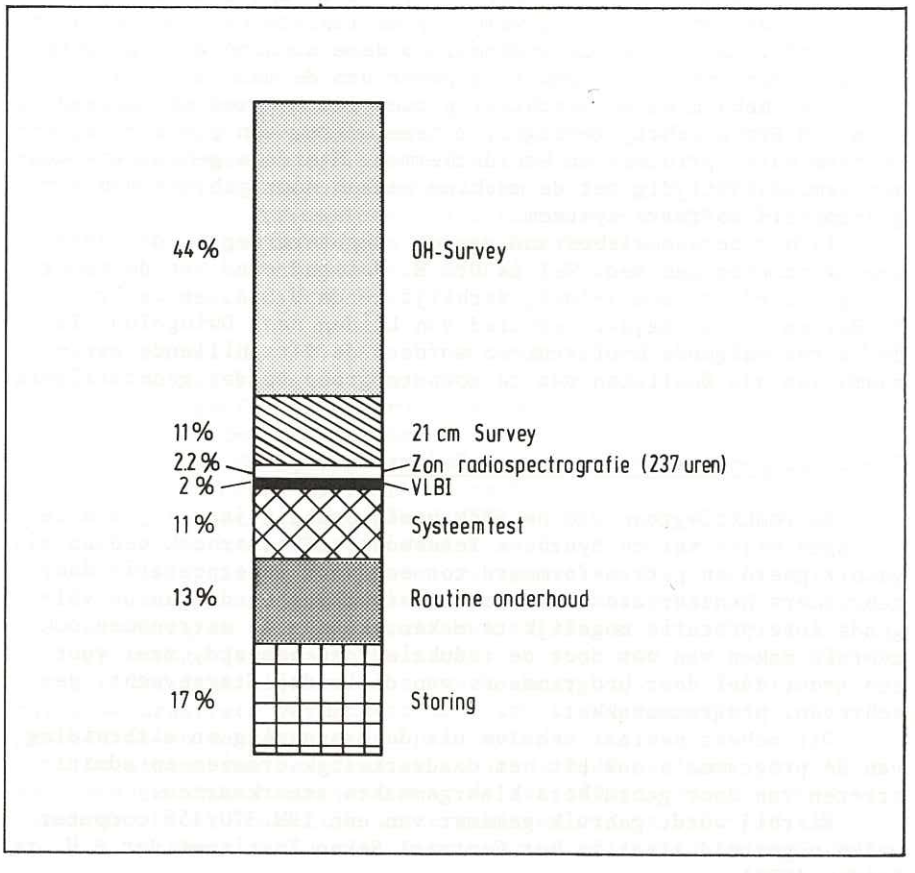
256 kanaals digitale autokorrelator.

Deze heeft lange tijd goed gefunktioneerd. De laatste tijd deden zich echter moeilijkheden voor die een grote revisie in de naaste toekomst nodig maken.

2.2.5. Computer systemen.

Het on-line systeem (HP2116) heeft bevredigend gefunktioneerd. Met de randapparatuur van het off-line systeem (PDP 11/20) deden zich soms problemen voor die vooral hinderlijk waren door het sterk toegenomen gebruik van deze computer. De aanstaande vervanging door een 11/70 systeem zal hierin belangrijke verbetering brengen (zie hiervoor het verslag van de Computergroep).

Tabel I. GEBRUIK VAN DE TIJD VAN DE 25 M TELESKOOP TE DWINGELOO IN 1976.



2.3. Computergroep.

2.3.1. Algemeen.

De taken welke de computergroep dit jaar voor ogen stonden zijn slechts gedeeltelijk vervuld. Terwijl in Leiden de lopende metingen van de Synthese Teleskoop te Westerbork onder lang niet even gemakkelijke omstandigheden gekorrigeerd en getransformeerd werden, is in Dwingeloo gewerkt aan de tot stand koming van een nieuw software pakket, dat metingen met het 5120 kanaals digitale backend van 40 i.p.v. 20 interferometers moet kunnen verwerken. Een eerste versie van dit pakket is helaas niet dit jaar klaargekomen, voornamelijk door gebrek aan mankracht. Het software systeem voor verwerking van metingen met de teleskoop te Dwingeloo funktioneert naar behoren. Reeds zeer snel na het doen van de metingen kunnen de resultaten verkregen worden. De verwerking geschiedde op een PDP 11/20. Doordat dit jaar besloten is tot de aanschaf van een PDP 11/70, welke op de laatste dag van het jaar arriveerde, zal dit in de toekomst op deze machine gaan gebeuren. Met deze machine is de computing power van de SRZM enorm vergroot. We hebben nu de beschikking over 128 K Bytes kerngeheugen, ruim 5 M Bytes schrijfgeheugen, 2 tape units, een plotter, diverse terminals, printers en beeldschermen. Meerdere gebruikers kunnen semigelijktijdig met de machine werken door gebruik van een geavanceerd software systeem.

In het personeelsbestand van de computergroep is dit jaar geen wijziging gekomen. Wel is Dr. E. Raimond eind van de zomer teruggekeerd van een 1-jarig verblijf in de U.S.A. en is Dr. R. Harten in het najaar verhuisd van Leiden naar Dwingeloo. In de hierna volgende hoofdstukken worden de verschillende werkzaamheden aan deeltaken van de computergroep verder gedetailleerd.

2.3.2. Computergroep te Leiden: Reduktiegroep.

De reduktiegroep van de SRZM heeft ook dit jaar bijna alle metingen welke met de Synthese Teleskoop te Westerbork gedaan zijn gekorrigeerd en getransformeerd tot een voor interpretatie door gebruikers hanteerbare vorm. Om de verwerking en de daarop volgende interpretatie mogelijk te maken, kunnen de astronomen ook gebruik maken van een door de reduktiegroep beheerd, maar voor een groot deel door programmeurs van de Leidse Sterrewacht geschreven, programmapakket.

Dit beheer bestaat behalve uit de aanpassing en uitbreiding van de programma's ook uit het daadwerkelijk draaien en administreren van door gebruikers klaargemaakte stuurkaarten.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een IBM 370/158 computer welke opgesteld staat in het Centraal Reken Instituut der R.U. te Leiden (CRI).

A. Produktie.

In het afgelopen jaar heeft zich de stijgende lijn in het computergebruik van de Westerbork gegevens verwerking niet doorgezet. De groei van de kosten bedraagt ongeveer 0.06 %.

Het aantal computer programma's is in 1976 nauwelijks toegenomen. Het totale programmabestand omvatte eind 1976 43 programma's met een totale grootte van ongeveer 3½ miljoen bytes. Deze programma's kunnen verdeeld worden in de volgende groepen:

- Bepaling van correctie parameters, correctie en kontrole van metingen: ± 15 % van de gebruikte CPU tijd.
- Transformatie van gecorrigeerde gegevens tot een bruikbare vorm: ± 30 %.
- Manipulatie met getransformeerde gegevens om astronomisch interressante aspekten duidelijk naar voren te brengen en hinderlijke (instrumentele) bij-effekten zoveel mogelijk op te ruimen: ± 30 %.
- Omzetten van gegevens in de vorm van een plaatje: ± 22 %.
- Service: ± 3 %.

Vele van deze programma's leveren uitvoer in een voor andere programma's leesbare vorm, meestal op magneetband. De bibliotheek van magneetbanden bestond eind 1976 uit:

- Catalogi: deze bevatten een overzicht van alle tot dusver bewerkte metingen en calibraties: 21 tapes (inl. backup tapes)
- Metingen: deze banden bevatten alle volledige en gedeeltelijk gecorrigeerde astronomische en calibratiemetingen: 200 tapes.
- Getransformeerde metingen: deze tapes bevatten Fourier transformaties van de uitgewerkte metingen in een vorm welke direkt voor interpretatie geschikt is: 512 tapes.

Het aantal in 1976 gecorrigeerde metingen bedraagt 5628, hetgeen het totaal sinds de ingebruikstelling op 26590 brengt.

Tabel I geeft het verbruik van de WSRT projekten die van de computer in Leiden gebruik maken. Het totale bedrag wordt bepaald door de som van de kosten van de centrale verwerkingseenheid (CPU), de kanaalopdrachten, uitvoer van papier, in- en uitvoer van ponskaarten en magneetbanden, geheugenbeslag, beslag op magneetbandeenheden en plotter. De tarieven voor iedere component worden door de Universiteit van Leiden vastgesteld. Het totale bedrag is ter informatie aan de gebruikers en wordt niet verrekend.

Een diagram (Fig. 1) geeft het totaal aantal jobs in dit jaar en vorige jaren aan. De aantallen zijn voor 1976 geschat omdat het CRI deze cijfers niet beschikbaar had. In 1976 is het aantal jobs drastisch verminderd door invoering van gekatalogiseerde procedures en meerdere steps per job.

De afname van de groei is in het tweede kwartaal veroorzaakt door minder aanbod van jobs door de astronomen. Na september is het computergebruik duidelijk achtergebleven bij de behoefte. Het aanbod van astronomen zijde is weer goed op peil gekomen maar nu wa-

ren het problemen op het CRI die ernstig vertragend werkten. Half oktober is op het CRI het bestaande operatiesysteem SVS (single virtual storage) vervangen door MVS (multiple virtual storage). Naast een groot aantal problemen, die o.m. ingrijpen in verschillende programma's noodzakelijk maakte om de produktie te kunnen doorzetten, traden zeer grote achterstanden op doordat de doorvoer bij MVS trager bleek dan bij SVS. Sedert de invoering van MVS is de reduktiegroep genoodzaakt om met achterstanden te leven. Eén en ander geeft aan dat de capaciteit, die op het CRI beschikbaar is, niet toereikend is de gegevensverwerking van de (radio) sterrenkunde aan te kunnen. De verwachting bestaat dat medio april 1977 in deze situatie verbetering komt met de installatie van een tweede IBM 370/158.

B. Naast de hierboven beschreven produktie, zijn de programma's welke hiervoor zorgdroegen weer verder verfraaid.
De voornaamste hiervan zijn:

a. Een eindelijk vlekkeloos werkend stel software routines om de gemeten waarden van een elektronisch fasecalibratiesysteem voor 21 cm continuum metingen toe te passen.
b. De mogelijkheid om i.p.v. een getransformeerde kaart, slechts een geconvolueerde UV intensiteiten kaart te verkrijgen, welke verder met de standaard analyse programma's onderzocht kan worden.

Het is helaas minder fraai dat nog steeds na zeker zes jaar oorspronkelijke software fouten aan het licht komen, hoewel zij gelukkig in de meeste gevallen vrijwel verwaarloosbare effekten veroorzaken.

Er zijn ook drie nieuwe programma's aan het Leidse software pakket toegevoegd, dit zijn:

a. CALPLØT (gemaakt door K. Weerstra).
Dit programma werkt van de catalogus voor calibratie metingen en maakt een plot van, over de lengte van één meting gemiddelde,waarden van een amplitude, phase, cosinus of sinus voor een kanaal, of een lineaire combinatie van kanalen. Verschillende selektie criteria voor de calibratiemetingen zijn mogelijk.
b. MAKEINT (Spoelstra).
Dit programma plot een frequentie verdeling van intensiteiten van een kaart, of gespecificeerd gedeelte hiervan. Deze informatie is zeer nuttig voor het op correcte wijze specificeren van contour waarden of zoekniveau's.
c. STERCØP (Spoelstra, van Someren Gréve).
Dit is een algemeen copiëerprogramma voor gegevens op magneetbanden. Het heeft vele aparte mogelijkheden, aangepast aan het tapebestand van de reduktiegroep.

2.3.3. On-line software voor de SRT.

Hiermee worden bedoeld alle programma's welke nodig zijn om gegevens, welke door het in aanbouw zijnde 5120 kanaals digitale backend tijdens het meten geleverd worden, uit te lezen, te bewerken, te sorteren en af te leveren op magneetband ter verdere verwerking in andere instituten. Hiervoor beschikbaar zijn een HP2100 computer gekoppeld aan een P9202 computer. Dit jaar is het RTE II systeem van Hewlett Packard in gebruik genomen voor de HP2100. Het grootste deel van het jaar is besteed aan de start- en besturingsprogramma's.

Deze programma's hebben tot taak om voor een meting alle gedurende de meting noodzakelijke parameters te berekenen (in de HP2100) en deze door te geven aan de P9202 welke de parameters verder verwerkt tot voor besturing van apparaten geschikte vorm, zoals voor teleskopen en fringe stopping. Het betreft hier gedurende de meting vaste informatie, zoals vele correctie parameters, basislijncorrecties, poolascorrecties, klokcorrecties, e.d. maar ook variabele parameters, zoals schijnbare coordinaten en vertragingslijn informatie.

De taken voor de P9202 worden verricht door programmeurs en een staflid uit de teleskoopgroep Westerbork. Een overzicht van hun werkzaamheden is te vinden in het verslag van de teleskoopgroep Westerbork.

Tevens is een fast Fourier transform routine geschreven. Deze routine is nodig om de data, gemeten in het tijddomein te transformeren tot data in het frequentiedomein. De routine is zeer gepecialiseerd op dit specifieke probleem, en is dus geen algemeen voor Fourier transforms te gebruiken routine. Ook is de indeling en structuur van de uitvoer tape vrijwel volledig gespecificeerd, nadat een eerste opzet hiervan een jaar geleden gereed was gekomen. Naast de gewone gesorteerde gegevens komt er ook zeer veel algemene informatie te staan over de meting zoals alle meetgegevens en toepaste correcties.

2.3.4. Off-line software voor de SRT.

Het betreft hier een deel van de verdere verwerking van de synthese teleskoop gegevens nadat de data Westerbork per tape verlaten hebben.Deze zijn:

a. Het LINEMAP software pakket (Harten, Weerstra, Lugtenborg). Dit programma gaat op een zo economisch mogelijk wijze de benodigde twee dimensionale Fourier transform per frequentie punt doen. Het programma bestaat voornamelijk uit routines geschreven in Fortran met Assembler subroutines en moet gaan draaien op een IBM 370 machine. De belangrijkste routines zijn geheel klaar gekomen. Er wordt nog gewerkt aan een invoerroutine voor een nieuwe tape indeling, en een print routine.

b. Een PDP 11/45 ontwerp (Harten).
Dit ontwerp omvat een aantal ideën om interactief op de PDP 11/45 van het Huygens Laboratorium te Leiden met Westerbork data te manipuleren welke nog niet getransformeerd zijn. Dit gebeurt in samenwerking met een programmeur van de Leidse sterrenwacht.
c. Een instrument parameter bepalingsprogramma (van Slooten).
Het betreft hier een programma dat in Dwingeloo op de PDP 11/70 ontwikkeld wordt om calibratiemetingen te verwerken tot instrument parameters zoals basislijn correcties, gain correcties e.d. Het programma vertoont veel overeenkomst met het reeds bestaande programma MAKECAL dat in Leiden draait. Dit jaar is een groot deel van het ontwerpen gebeurt, tevens zijn er kleinste kwadraten routines voor de PDP 11/20 geschreven en getest. Deze vormen het hart van het nieuwe programma.

2.3.5. Software voor de Dwingeloo teleskoop.

Het gehele jaar is gewerkt met een PDP 11/20 en een HP2116 computer. De HP2116 wordt gebruikt voor teleskoopbesturing en de PDP 11/20 voor off-line data verwerking, maar ook als algemene computer voor de staf van de SRZM, vandaar dat deze machine vaak overbezet was.
Dit jaar is het BATCH-DOS versie 8-2 systeem van DEC geïnstalleerd en is een GOULD printer/plotter model 5010 aangeschaft, welke na aanvankelijk enige software problemen gegeven te hebben, goed werkt.

De HP2116 is verrijkt met een recorder, waarmee on-line de afwijking in azimuth en elevatie geregistreerd kunnen worden. De besturingsprogramma's zijn verder uitgebreid o.a. met de mogelijkheid om gedurende langere tijd onbewaakt waar te nemen. Dit funktioneert thans goed.

Ook is een programma gemaakt voor het verwerken van radioas metingen en het plotten van deze metingen.

De reduktieprogramma's voor de zonwaarnemingen zijn aangepast en uitgebreid voor de volgende mogelijkheden:
a. Een scan snelheid van 200 Hz voor de spectrograaf, hiermee is de gegevensstroom toegenomen.
b. Meten met de 7,5 m teleskopen als interferometer.
c. Waarnemen met een golflengte van 3 en 10 cm.
d. Een verbeterde en nu definitieve vorm van plotprogramma's voor meetgegevens van de zon.

2.3.6. Overige werkzaamheden.

a. De lijnmetingen welke in Westerbork met het analoge 160 kanalen backend gedaan worden vertonen een frequentie afhankelijke fase-

fout van enkele graden welke niet door de standaard correctie procedure verwijderd wordt. Ondanks veel inspanning zijn we er nog niet achter wat de werkelijke oorzaak is van dit effekt en hoe goed voorspelbaar het gedrag hiervan is.

b. De IBM 2741 terminal in Dwingeloo, aangesloten op de IBM 370/158 te Leiden is aktief gebruikt. Behalve voor het rekenwerk, wordt de machine ook gebruikt voor "Remote Job Entry", d.w.z. het laten draaien van reduktieprogramma's in Leiden zonder de interventie van de reduktiegroep, hetgeen tijdbesparend kan werken.

Tabel I. Overzicht van het gebruik door de Reduktiegroep van de IBM 370/158 computer van het CRI der R.U. te Leiden.

	1e kwartaal			2e kwartaal		
	geschatte aantal jobs	CPU H.M.S.	kosten (f)	geschatte aantal jobs	CPU H.M.S.	kosten (f)
Reduktie WSRT	1900	116.29.58	446130.69	1200	79.41.45	346512.66
Programma ontwikkeling digitale lijnontvanger	onbekend	0.45.17	6306.25	onbekend	4.29.08	22684.97
Totaal		117.15.15	452436.94		84.10.53	369197.63

Tabel I. (vervolg)

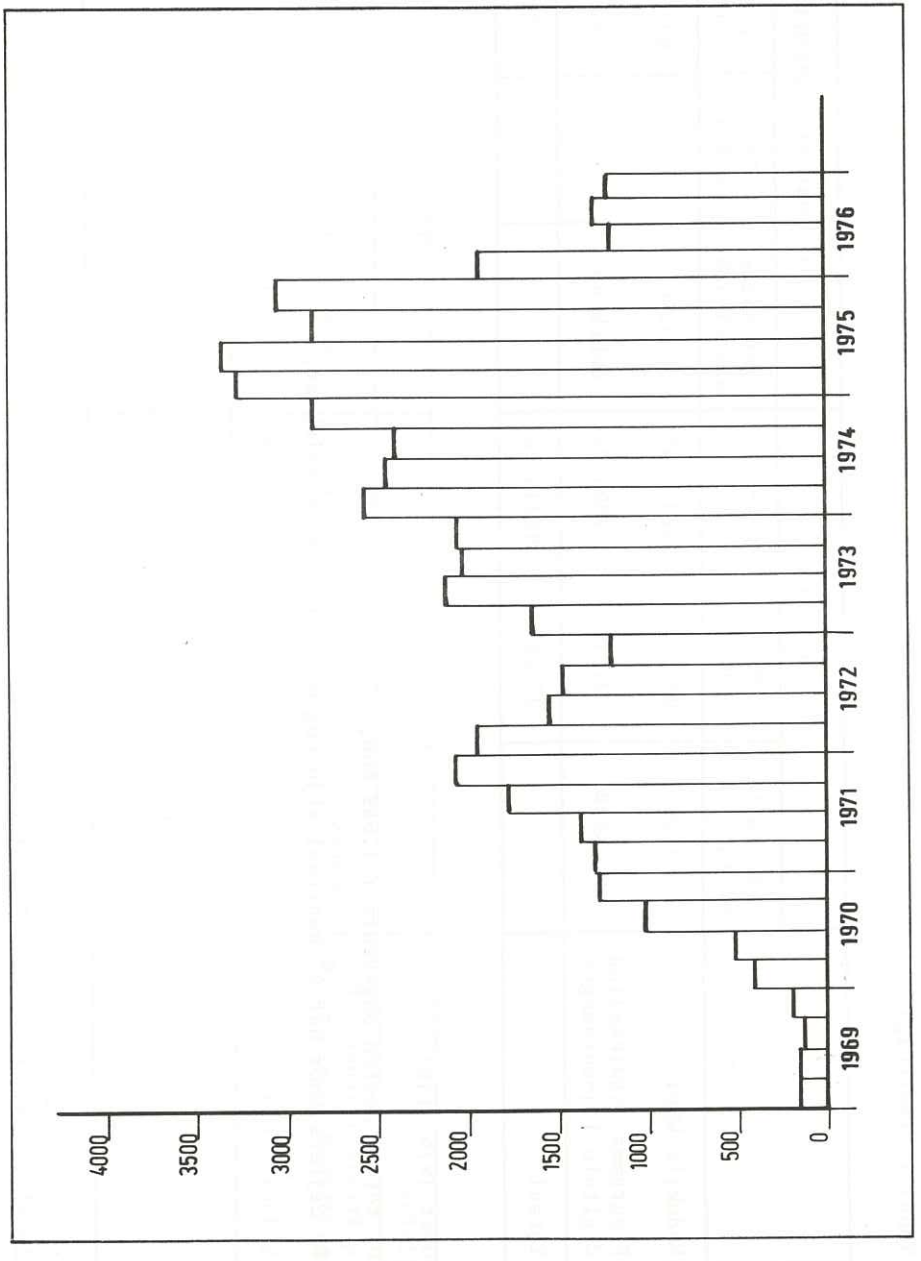
	3e kwartaal			4e kwartaal (geschat)		
	geschatte aantal jobs	CPU H.M.S.	kosten (f)	geschatte aantal jobs	CPU H.M.S.	kosten (f)
Reduktie WSRT	1300	93.33.47	362319.42	1240		401630.00
Programma ontwikkeling digitale lijnontvanger	onbekend	3.51.47	29895.74	onbekend		34120.00
Totaal		97.25.34	392215.16			435750.00

Over 1976 zijn:

De totale kosten ongeveer: f 1.649.600,--.

De cijfers voor het 4e kwartaal zijn nog niet precies beschikbaar.

Figuur 1. OVERZICHT VAN HET TOTAAL AANTAL INGELEVERDE PROGRAMMA'S PER KWARTAAL.



2.4. Laboratorium en Centrale Technische Dienst.

2.4.1. Algemeen.

De taak van Laboratorium en CTD spitste zich toe op twee fronten: aan de ene kant moet de bestaande waarneemapparatuur draaiend gehouden worden, hetgeen impliceert dat regelmatig onderhoud en reparatie gepleegd moeten worden. Aan de andere kant gaat de bouw van nieuwe ontvangerapparatuur onverminderd door.

Een overzicht van de waarneemfaciliteiten waarvoor de Stichting verantwoordelijkheid draagt is als volgt samen te vatten.

a. De SRT te Westerbork bestaat sinds eind 1976 uit 14 antennes die tot nog toe op drie verschillende golflengtes (6, 21 en 50 cm) worden gebruikt. De waarnemingen worden in spectraal lijnen en in het continuum uitgevoerd.
b. In Dwingeloo wordt met de 25 m teleskoop waargenomen. Voor het waarnemen van de zon wordt de 60 kanaals spectrograaf als backend gebruikt (band 160-320 MHz). Daarbij hoort ook een interferometer die uit twee Würzburg antennes bestaat en een bescheiden spatiële resolutie mogelijk maakt. Voor het bewaken van de zon is een 3,5 m antenne met ontvangers voor centimeter golflengtes (3 en 10 cm) in aanbouw.
c. Tot voor kort beperkte ons werk zich tot het bouwen en onderhouden van ontvangerapparatuur. Vanwege de omvang en de toeneming van het reductiewerk is zich een vertragend element in de hele waarneemketen gaan aftekenen. Onderzocht wordt of het mogelijk is met hardware methoden een doeltreffender systeem te vinden. Deze nieuwe ontwikkeling is op een bescheiden schaal gestart.

De uitbreiding van ons ontvangerpark en van onze verantwoordelijkheden kan helaas niet gepaard gaan met een personeelsuitbreiding. Dit betekent dat de planningen vrijwel geen speelruimte bieden, waardoor voortdurend een keuze gemaakt moet worden tussen concurrerende projekten.

De SRT in Westerbork krijgt uiteraard een voorkeursbehandeling daar dit instrument onze primaire faciliteit is. Toch kan men zich niet veroorloven de mogelijkheden die de teleskoop te Dwingeloo biedt onbenut te laten. De verschillende ontvangers die voor Dwingeloo zijn gebouwd, het betreft hier voornamelijk de gekoelde 18 en 21 cm frontends en de 256 kanaals correlator, dienen in de eerste plaats als prototypes voor Westerbork. De beslissende test voor een nieuwe faciliteit kan niet beter dan door astronomische waarnemingen gedaan worden. Het zou bovendien bijzonder te betreuren zijn de unieke eigenschappen van het ontvangersysteem te Dwingeloo onbenut te laten. Het is gebleken, tot verrassing van velen, dat Dwingeloo dankzij de zeer grote gevoeligheid (systeemtemperatuur van 40 K) en flexibiliteit voor lijnwaar-

nemingen, opnieuw een zeer populair waarneemstation geworden is. Ondanks de beperkingen is het gelukt een grotere verscheidenheid aan waarneemmogelijkheden te scheppen. Hiertoe werden bv. verschillende types ontvangers met elkaar gecombineerd. Bij het maken van nieuwe plannen wordt hiermee rekening gehouden.

Tenslotte kan nog een taak vermeld worden waarvoor de 25 m Dwingeloo teleskoop bijzonder geschikt is: het meten van aardse storingen in de waarneembanden. Op 6 cm golflengte is een "survey" van de toekomstige 250 MHz band voor de SRT in voorbereiding. Metingen op lagere frequenties (onderzocht voor Westerbork) hebben tot nu toe een weinig optimistisch beeld van het bruikbaar spectrum aan het licht gebracht. Op 18 cm golflengte werd eveneens een bijzonder hoog en misschien zelfs nog toenemend storingsniveau waargenomen.

Het mankracht probleem in 1976 concentreerde zich op twee plaatsen.

- Het frontend werk, in het bijzonder bij de gekoelde frontends, bleek een geweldige inspanning o.a. van de instrumentmakerij te vergen. Deze situatie zal in 1977 zo blijven, of wellicht nog slechter worden.
- Aan de bouw van de 5000 kanaals correlator werd de laatste hand gelegd. Tot diep in het vierde kwartaal eiste het project een fors percentage van onze digitale en -in mindere mate- analoge elektronici op.

In 1976 heeft een aantal nieuwe plannen vaste vorm gekregen. Zo werd bv. in nauwe samenwerking met de Westerbork staf de laatste hand gelegd aan de plannen voor het nieuwe 6 cm ontvangersysteem. Zoals eerder genoemd kwam ook het nieuwe projekt voor analoge verwerking van SRT gegevens van start. Aan de hand van de opgedane ervaringen met het huidige 21 cm calibratie systeem werd een onderzoek ingesteld naar nieuwe, universele calibratie methoden. In een studie rapport (ITR 140) werd het belang voor de SRT van een groot dynamisch bereik duidelijk naar voren gebracht. Zodoende kan onze voornaamste waarneemfaciliteit voor lange tijd frontlinie werk blijven verrichten.

Aan het eind van 1976 kwam een voorstel gereed betreffende breedband backend (80-100 MHz bandbreedte) voor Westerbork. Zoals gebruikelijk bij nieuwe projekten, zal dit voorstel aanleiding geven tot een "brainstorming session" aan de hand waarvan een definitieve beslissing genomen zal worden.

Over deze verschillende projekten zal verder in dit verslag meer in detail gesproken worden.

In 1976 werd begonnen met een poging tot bredere verspreiding van de informatie over de kwaliteitsaspecten van onze waarneeminstrumenten. Door het bundelen van deskundigheid kan gehoopt worden dat alle facetten van het waarnemen met Stichtingsinstrumenten beter bewaakt of onderzocht zullen worden en bovendien dat de informatie omtrent fouten en feilen de verschillende ontwerpers zal bereiken. Daaruit moet men tenslotte een beter inzicht

krijgen in de uiteindelijke grenzen van onze waarneemfaciliteiten.

2.4.2. Gekoelde frontend ontvangers.

Vrijwel het hele jaar werd op de Dwingeloo teleskoop met gekoelde ontvangers waargenomen. Dit ging niet zonder problemen tengevolge van ernstige storingen aan onze koelmachines. De ziekte symptomen openbaarden zich regelmatig een paar weken na het starten van het frontend. Abnormale stampende geluiden en overmatige trillingen karakteriseerden deze fase. Het koelsysteem moest dan tijdelijk stilgezet worden om weer een rustiger gedrag te verkrijgen. Ons vermoeden was destijds dat lucht in het koelsysteem binnen gedrongen was, die door bevriezing op de cilinderwanden de bewegingen van de zuiger afremde. Het systeem kon al die tijd slechts met veel moeite in bedrijf gehouden worden terwijl de specialisten tegelijkertijd verder naar de oorzaak aan het zoeken waren.

Pas in juli werd de oorzaak van onze moeilijkheden definitief vastgesteld. Het bleek, dat niet lucht maar olie op de cilinder condenseerde. Het kost nogal veel tijd (1200 uren in continu bedrijf) voor een "schoon" systeem om een voldoende hoeveelheid olie in het "cold end" te verzamelen om het effekt waarneembaar te maken. Bij normale temperaturen verdampt een deel van de olie en tenzij het systeem schade opgelopen heeft, verdwijnt het effekt weer voor een korte tijd. Samen met CTI experts werd tenslotte geconcludeerd dat de fout bij de compressor gezocht moest worden. De gelekte olie had de oliefilters van de compressor niet voorbij mogen gaan. Een wijziging aan de filters werd door CTI aangebracht. Aangezien alle koelsystemen door olie vervuild waren (inclusief de leidingen) moest eind november een uitgebreide schoonmaakbeurt georganiseerd worden. Begin december waren onze drie koelsystemen weer operationeel.

Het 18 cm frontend werd tijdens het eerste kwartaal op 1665 MHz gebruikt. Daarna werd het verstemd naar 1612 MHz waarop het tot het eind van de OH survey zal blijven. Pas medio 1977 zal het frontend beschikbaar komen voor verdere werkzaamheden. Er wordt hier aan een volledige ombouw van het frontend gedacht om het waarnemen van de vier OH lijnen zonder moeizame verstemming mogelijk te maken. Daarvoor wordt gedacht aan een gekoelde up-converter met als tweede trap een gekoelde 6 cm parametrische versterker.

Waarnemingen op 21 cm werden in het eerste kwartaal verricht. Sommige programma's hebben last ondervonden van een sterke frequentie afhankelijkheid van de systeem temperatuur in de omgeving van 1420 MHz. Na veel zoeken kon dit ruistemperatuur lek gelokaliseerd worden: het onderbroken gedeelte van de 21 cm launcher tussen het 20 K plateau en de dipolen blijkt als straler te werken voor het omringende 70 K stralingsscherm. Een wijziging werd aan-

gebracht die het effekt elimineerde en die in alle toekomstige gekoelde frontends voor Westerbork opgenomen zal worden. Het 21 cm frontend werd half december weer in gebruik genomen.

Aan het eind van 1976 kwam het prototype voor het 6/21 cm gekoelde frontend ver genoeg gereed om in januari 1977 met de tests te kunnen beginnen. Een tot nu toe niet waargenomen probleem deed zich voor met de gekoelde parametrische versterkers: na het koelen werd een verschuiving van de 20 K en 300 K golfpijpdelen t.o.v. elkaar geconstateerd die slechte kruispolaristie op 6 cm veroorzaakte. Dwarsondersteuningen hebben het probleem opgelost ten koste echter van een toename in de warmte belasting op het 70 K station van de koeler.

Een belangrijke taak bij dit projekt is het testen van de bij AIL gekochte parametrische en FET versterkers. De 11 versterker combinaties werden in een speciale cryostaat getest: slechts 6 ervan voldeden aan de specificaties. Van de vier, ook door AIL geleverde, 21/18 cm gekoelde up-converters bleek geen enkele volledig aan de specificaties te voldoen, zodat zij naar de fabrikant teruggestuurd moesten worden.

Aan de 6 cm prototype gekoelde versterker (zie foto) konden met succes ruismetingen gedaan worden, gebruik makend van twee geaccepteerde versterker combinaties. De ruistemperatuur van de gekoelde versterkers bleek beneden 16 K te liggen.

2.4.3. Analoge gegevens verwerking voor de SRT.

Vanaf de ingebruikneming van de SRT in 1970 is de sterrenwacht in Leiden één van de grootste gebruikers geworden van de universitaire computer. Naarmate het instrument en de waarneemtechnieken verfijnd werden groeide ook de behoefte aan rekenfaciliteiten. Daarin werd gedeeltelijk voorzien door opvoering van de capaciteit van de computer, terwijl er bovendien tot nu toe nog ruimte was om het aandeel van de sterrenkunde in het gebruik te laten groeien. Met de aanschaf van een tweede computer zal binnenkort opnieuw de capaciteit vergroot worden. Daartegenover zullen de uitbreidingen van de SRT (digitale lijnontvanger en nieuwe antennes) de behoefte drastisch opvoeren, zodat op niet al te lange termijn ernstige moeilijkheden te voorzien zijn.

Zijn er alternatieven? Het staat vast, dat de nauwkeurigheid en herhaalbaarheid van de berekeningen in een digitale computer op geen andere manier geëvenaard kunnen worden. Daarentegen kan simulatie van deze berekeningen d.m.v. physische processen een belangrijke winst in snelheid opleveren. Zo heeft bv. de huidige computer voor het maken van een hemelkaart d.m.v. een tweedimensionale Fourier transformatie minuten nodig. Dezelfde transformatie kan optisch, m.b.v. een lens, in nanosekonden worden uitgevoerd. Tegenover deze winst in snelheid staat niet alleen een verlies aan nauwkeurigheid. Het grootste probleem wordt gevormd

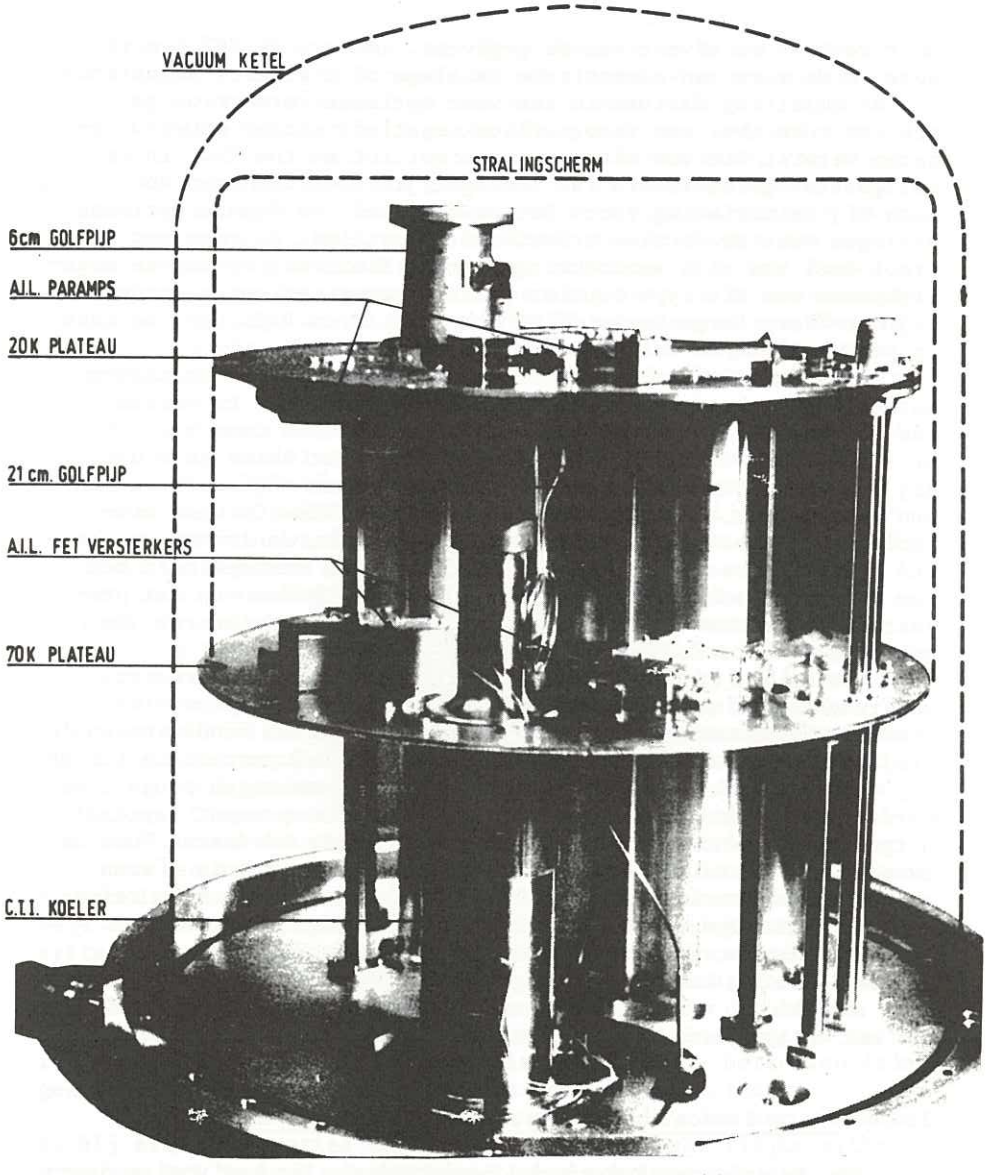


Foto van onze eerste 6/21 cm gekoelde parametrische versterker. De 6 en 21 cm golfpijp "launchers" zijn duidelijk zichtbaar. Op het 20 K plateau vindt met de AIL gekoelde paramp trap (één boven voor de X polarisatie en één onder voor de Y polarisatie). Op het 70 K plateau ligt de tweede trap, een AIL FET versterker, waarvan men de ingangs- en uitgangscirculatoren kan onderscheiden. Op de foto ontbreekt het 70 K stralingsscherm. Het geheel wordt in een ketel ingesloten, waarin hoogvacuüm wordt gerealiseerd.

door de toe- en afvoer van de gegevens. Immers, de SRT levert deze in de vorm van elektrische (analoge of digitale) signalen. Bij de omzetting daarvan in een voor optische verwerking geschikte vorm (bv. een fotografisch negatief) worden nauwkeurigheden vereist die ver uitgaan boven wat tot nu toe (bv. in de holografie) gerealiseerd is. Soortgelijke moeilijkheden doen zich bij de uitlezing voor. Het in beginsel zo fraaie optische analogon voor de fourier transformatie verliest daarmee een groot deel van zijn aantrekkingskracht. Niettemin worden de mogelijkheden van dit type fourier transformator serieus bestudeerd bij het "Very Large Array (VLA)" projekt in de V.S. Over de kans op succes lopen de meningen sterk uiteen.

Er zijn vele andere mogelijkheden om de fourier transformatie langs geheel of gedeeltelijk analoge weg uit te voeren. Een uitvoerige studie daarvan was de voornaamste taak van Dr. T.W. Cole van CSIRO, Autralië, tijdens het halve jaar dat hij in Dwingeloo doorbracht. De resultaten van zijn werk vonden hun neerslag in een technisch rapport (ITR 145). Op onze uitnodiging bezocht ons in april Dr. L.E. Somers, de leider van het VLA optische processor projekt. De uitvoerige besprekingen met hem gaven ons een goed inzicht in de moeilijkheden van dat project en deden ons definitief besluiten tot het exploreren van een andere, door Cole voorgestelde, methode.

Gezien het prille stadium waarin de uitwerking verkeert, volstaan we met een korte technische beschrijving. Voor elke dimensionale Fourier transformatie omgezet in een ëëndimensionale projectie van het waargenomen hemelveld. Door superpositie van de bij verschillende uurhoeken (= oriëntaties) verkregen projecties wordt dan de kaart geconstrueerd. De eerste stap wordt digitaal uitgevoerd, eventueel met gebruik van speciale hardware. Voor de tweede stap gebruiken we een analoge beeldgeheugenbuis ("scan converter"). Dezelfde methode wordt toegepast bij de 5-km teleskoop in Cambridge, evenwel met uitsluitend digitale middelen.

Te verwachten is dat het analoge deel van het proces in enkele seconden kan worden uitgevoerd. Wij hopen daarmee op den duur een gebied van interactieve gegevens verwerking te ontsluiten, dat met de gangbare batch-programma's praktisch ontoegankelijk is.

2.4.4. 21 cm fasecalibratiesysteem en ontvangerfase-gedrag.

Aan de vrij pessimistische berichtgeving in het vorige jaarverslag kan over 1976 weinig worden toegevoegd. Het systeem was tijdens continuum metingen in de eerste maanden van het jaar in bedrijf. Het bleek bij de reductie opnieuw dat een aantal op zichzelf vrij onbetekenende hardware-storingen een vlotte verwerking volledig onmogelijk maakte. Analyse en correctie van de fouten voor een klein aantal geselecteerde basislijn waarnemingen nam

de rest van het jaar in beslag. De bedoeling is hieruit enkele complete basislijn oplossingen te verkrijgen, die met elkaar en met andere gegevens kunnen worden vergeleken.

Door alle problemen is sinds 1974, toen het systeem voor het eerst voor astronomisch gebruik beschikbaar kwam, van daadwerkelijke toepassing niets gekomen. Om de moeilijkheden onder de knie te krijgen en het systeem aan de nieuwe ontvangersituatie (14 antennes en een heel ander backend) aan te passen zou een flinke inspanning vereist zijn. Voor de nabije toekomst lijkt de astronomische interesse die inspanning niet te rechtvaardigen. Op langere termijn wordt aan calibratiesystemen van een heel ander type gedacht. Met de ingebruikneming van de digitale correlator zal het huidige fasecalibratiesysteem dan ook -waarschijnlijk definitief- buiten gebruik worden gesteld.

Bij de tests van het systeem in 1972 werd o.m. vastgesteld dat de lokale oscillator kabels onderling zeer verschillende temperatuur coëfficiënten van hun elektrische lengtes vertonen. Deze verschillen manifesteerden zich deze zomer bij grote dagelijkse temperatuurvariaties weer zeer nadrukkelijk. Een vergelijking met de gegevens uit 1972 leverde geen enkele overeenkomst in het gedrag van individuele teleskoopfasen op. De vraag wat hieruit geconcludeerd kan worden, is nog niet beantwoord.

Aan de hand van onze ervaringen met het 21 cm fasecalibratiesysteem zijn enkele mogelijkheden onderzocht om bij alle golflengtes en later op een langere basislijn te kunnen calibreren.

Een fasecalibratiesysteem gebaseerd op de meting van redundante basislijnen (hetgeen betekent dat correlatie tussen vaste telescopen ook gemeten dient te worden) blijkt in theorie goed te werken. Computer simulaties tonen een opmerkelijke correctie van fasefouten, die terug te voeren zijn tot individuele telescopen en een tijdconstante hebben die groter is dan $\approx$ 10 minuten. Fouten die sneller variëren storen het systeem in mindere mate. Deze fouten kunnen worden veroorzaakt door het elektronisch systeem, de atmosfeer en basislijn afwijkingen en verschijnen als structuur in de kaart. De methode is helaas ongevoelig voor een lineaire fase gradiënt langs de basislijn. Om dit effekt ook kwijt te raken moet men de methode bekend als adaptief filteren van waarnemingen (zie jaarverslag 1975) erbij betrekken (aangenomen dat de bronverdeling aan de voorwaarden voldoet).

Het voordeel van een dergelijk systeem is, dat het bruikbaar is bij alle frequenties en, afgezien van een behoorlijke uitbreiding van het backend, slechts een kleine computer behoeft. Bovendien bestaat bij voldoende signaalsterkte de mogelijkheid om on-line te corrigeren. Een bijkomend voordeel is dat het systeem gebruikt kan worden voor studie van de atmosfeer. Het is nog niet geheel duidelijk op welke wijze het systeem het best te gebruiken is als de signaal-ruis-verhouding gering is. Verschillende mogelijkheden worden onderzocht.

Begin april kwam ir. A.M.J. Vossen in het kader van de

TAP-regeling bij ons werken. Hij werd belast met het onderzoek naar de praktische toepassing van de calibratie methode door adaptief filteren. Er wordt verwacht dat hij de eerste fase voor zijn vertrek in 1977 zal kunnen afsluiten.

2.4.5. 5120 kanaals digitale correlator.

Begin november 1976 kwam de hardware voor deze grote ontvanger gereed hetgeen het einde betekende van een aantal jaren van experimenteren, plannen opstellen en grote series schakelingen produceren. De laatste hand wordt nu gelegd aan het testen. De nieuwe correlator zal in het voorjaar van 1977 definitief in het waarneemsysteem opgenomen worden.

Het project heeft in 1976 een groot percentage van onze technische mankracht opgeëist. Bij twee gelegenheden was het nodig alle beschikbare technici uit andere projekten te halen om het projekt te steunen bij het produceren van grote aantallen gedrukte schakelingen.

De digitale correlator werd in Westerbork in de ontvangerruimte geassembleerd en getest. Eind november kon de verhuizing plaatsvinden van het digitale gedeelte van de ontvanger naar de hoogfrequent-dichte kast. Het middenfrequent gedeelte blijft buiten de kast; de verbindingen tussen de twee systemen, op de MF signalen na, vindt plaats door middel van optische koppelingen. De grote warmte dissipatie in het digitale gedeelte (5 kW) wordt door een aparte luchtbehandelingsinstallatie afgevoerd.

Het gehele systeem kan met behulp van speciaal hiervoor ontwikkelde programma's op een systematische manier op z'n werking gecontroleerd worden. De testprocedure voor het grootste gedeelte van de hardware is een vergelijk test. Hiertoe worden groepen kanalen van identieke ingangssignalen voorzien en vergeleken met een referentie groep.

Ieder logisch stuk van de correlator heeft z'n eigen testingangen zodat een test procedure gevolgd kan worden die begint met het testen van de interface naar de on-line computer en eindigt met de test van alle hardware tussen de correlator ingang en de computer.

De bijbehorende test programma's kunnen zowel gebruikt worden voor duurproeven als voor foutzoeken. Deze duurproeven worden sinds het begin van dit jaar voornamelijk 's nachts uitgevoerd om een indruk te krijgen over de betrouwbaarheid van het systeem.

Een beknopte beschrijving van het systeem is in het jaarverslag van 1975 terug te vinden. De daarin genoemde grote flexibiliteit kan geïllustreerd worden aan de hand van de twee volgende tabellen waarin alle mogelijke opties zijn opgenomen.

In Tabel I vindt men de configuratie keuze die het systeem uiteindelijk zal bieden. In een eerste fase zal het aantal opties beperkt blijven tot die, welke door de zwarte lijn omgeven zijn.

De twee variabelen bij Tabel I geven het aantal frequentiepunten m.a.w. de frequentie resolutie en het aantal onafhankelijke correlatie produkten. Het aantal frequentiepunten kan gekozen worden tussen 8 en 2560 binnen de geselekteerde band. Aangezien het systeem twee kanalen gebruikt per frequentiepunt, houdt de maximum resolutie in dat alle kanalen gebruikt worden voor het meten van een correlatieprodukt, m.a.w. alleen met één interferometer kan op deze wijze gemeten worden. De getallen tussen haakjes zijn die voor de twee bit correlatie mode die een 40 % betere gevoeligheid biedt. De kolommen 4, 5 en 6 geven de mogelijkheid aan om de correlator in van elkaar onafhankelijke subsystemen te splitsen om zodoende bv. met twee halve "arrays" verschillende objekten aan de hemel tegelijkertijd waar te nemen.
In de praktijk zal de waarneem mode bepaald worden door de frequentie resolutie, aantal interferometers, gevoeligheid (bit mode) polarisatie en het aantal simultaan onafhankelijke waarnemingen. Eén en ander volgens de volgende formule:
aantal simultane onafhankelijke metingen x aantal polarisatie produkten x bit mode x aantal interferometers x aantal frequentie punten per interferometer = 2560.

Tabel 1.

configuratie mode	aantal frequentiepunten per correlatieprodukt	aantal correlatie produkten			
		1 x	2 x	1 x	4 x
1	8	320 (160)	--	--	--
2	16	160 (80)	80 (40)	--	--
3	32	80 (40)	40 (20)	1x40 (20)+2x20 (10)	20 (10)
4	64	40 (20)	20 (10)	1x20 (10)+2x10 (5)	10 (5)
5	128	20 (10)	10 (5)	--	--
6	256	10 (5)	--	--	--
7	512	5 (-)	--	--	--
8	40	64 (32)	--	--	--
9	80	32 (16)	16 (8)	--	--
10	160	16 (8)	8 (4)	1x8 (4)+2x4 (2)	4 (2)
11	320	8 (4)	4 (2)	1x4 (2)+2x2 (1)	2 (1)
12	640	4 (2)	2 (1)	--	--
13	1280	2 (1)	--	--	--
14	2560	1 (-)	--	--	--

Tabel 2 geeft de frequentie resoluties bij de bandbreedtes waaruit kan worden gekozen en bij de verschillende configuratie modes. De grootste beschikbare bandbreedte is 10 MHz. De grootste fre-

quentie resolutie wordt met configuratie 14 bereikt (niet in de eerste fase) bij een band van 78 kHz:50 Hz.

Tabel 2.

Bandbreedte keuze.

Mode	10 MHz	5 MHz	2,5 MHz	1,25 MHz	625 kHz	313 kHz	156 kHz	78 kHz
2	1000	500	250	125	62	31	16	8
3	500	250	125	62	31	16	8	4
4	250	125	62	31	16	8	4	2
5	125	62	31	16	8	4	2	1
6	62	31	16	8	4	2	1	0,5
7	31	16	8	4	2	1	0,5	0,25
8	400	200	100	50	25	12	6	3
9	200	100	50	25	12	6	3	1,6
10	100	50	25	12	6	3	1,6	0,8
11	50	25	12	6	3	1,6	0,8	0,4
12	25	12	6	3	1,6	0,8	0,4	0,2
13	12	6	3	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1
14	6	3	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05

2.4.6. Ontvangers voor het waarnemen van de Zon.

Met het oog op het onderzoek van type I bursts werden 40 van de 60 kanalen van de spectrograaf versmald. Voor deze kanalen werden de 900 kHz brede filters in de eerste helft van 1976 vervangen door smallere kanalen, nl. 170 kHz breed. De gekozen frequentieverdeling is zodanig dat de smalle kanalen egaal verdeeld liggen over een hoogfrequent band van 13 MHz. Door omschakelen kan de band naar wens tussen 200 en 320 MHz geplaatst worden. De overige 20 kanalen met een 900 kHz bandbreedte liggen tussen 160 en 178 MHz. Na deze ingreep moest het instrument geheel opnieuw afgeregeld worden. Bij de controle van de daarop volgende film registratie werd een hinderlijke vervorming geconstateerd die verklaard kon worden door onregelmatigheden in de schakeltijden bij de scanner. Het effekt kon daarna tot een aanvaardbare waarde worden teruggebracht.

Parallel met de verstemming zijn ook stappen ondernomen om het oversturingsniveau van het frontend te verhogen. Tenslotte kwam met de installatie van de programmeerbare ijkbron een eind aan de lange en moeizame calibratie procedure. Het ontvangersysteem kan nu vanuit de computer automatisch gecalibreerd worden.

Ook het werk aan het verbeteren van de stabiliteit werd voltooid. De, in 1975, aangekondigde maatregelen, het vervangen van alle laagfrequent ingangscircuits, kwamen in de herfst 1976 tot stand. Diagnose metingen hebben aangetoond dat de beoogde ver-

betering inderdaad behaald is. De stabiliteit is daarmee aangepast aan de eisen van digitale registratie.

Bij drie gelegenheden werd getracht ontvangers voor zonwaarnemingen te combineren met andere faciliteiten. In een eerste poging werd gebruik gemaakt van het spectrograaf frontend, op 169 MHz, om daarmee in combinatie met de 256 kanaals autocorrelator recombinatielijn - en storingsmetingen te verrichten. Later werd deze geslaagde operatie op 243 MHz herhaald. Omgekeerd werd in de loop van december een 6 cm frontend aan de spectrograaf gekoppeld om zodoende een verkenning te doen van de tot nu toe bij deze frequentie onbekende supersnel variërende zon-verschijnselen. Het systeem funktioneerde goed; door het ontbreken van activiteitscentra op de zon kan echter helaas nog niets zinnigs gezegd worden over wat in de toekomst op dit terrein kan worden verwacht.

Tegen het eind van 1976 werd gewerkt aan de plannen voor de verstemming van de spectrograaf naar een hogere frequentieband. Een blokschema werd opgesteld waarmee de band 400 - 1000 MHz gedekt kan worden. In de loop van 1977 zal met de bouw van het nieuwe frontend worden begonnen. Aan de hand van een in het genoemde gebied gehouden storingsonderzoek kunnen de zwaar gestoorde frequenties vermeden worden.

Eind april werden de eerste waarnemingen gedaan met de 243 MHz interferometer. Het instrument bestaat uit twee Würzburg antennes (7,5 m diameter) met een onderlinge afstand van 172 m. De sinus en cosinus uitgangen worden op magneetband opgeslagen om in Utrecht gereduceerd te worden. Verdere stappen met dit projekt zullen van de analyse van de gedane registratie afhangen.

Enige tijd is al een fluxmeter voor de bewaking van de zon gepland. Door gebrek aan mankracht zal dit projekt pas in het begin van 1977 voltooid kunnen worden. Twee ontvangers, één voor 3 cm golflengte en één voor 10 cm golflengte staan nu vrijwel gereed. Installatie op de 3,5 m teleskoop zal in het eerste kwartaal van 1977 geschieden. De genoemde 3 cm ontvanger werd eind 1976 geleend en aangepast voor rendementsmetingen aan de nieuwe teleskopen C en D in Westerbork. De ontvangertemperatuur bedraagt ca. 350 K, hetgeen een aanzienlijke verbetering betekende ten opzichte van de metingen van 1972.

2.4.7. Nieuwe frontend ontvangers voor 6 cm.

Ons programma om de gevoeligheid en het frequentiebereik op 6 cm golflengte met de SRT aanzienlijk op te voeren werd in het jaarverslag 1975 uiteengezet. In 1976 werd aan de realisatie daarvan gestaag gewerkt.

In samenwerking met de teleskoopgroep werd een nieuw ontvangerschema in detail uitgewerkt. Een belangrijk onderdeel van het nieuwe systeem is de 21 maal frequentie vermenigvuldiger. Veel

moeite heeft het ons gekost om een fabrikant bereid te vinden om tegen een redelijke prijs, binnen o.a. de nauwe aan de fase-stabiliteit verbonden specificaties, te leveren. Als consequentie van de grotere afstembaarheid is het huidige centrale locale oscillator systeem ontoereikend geworden. Aanpassing aan de nieuwe situatie werd onderzocht en zal in de eerste helft van 1977 gerealiseerd worden.

Een gedeelte van de bestelde AIL, 6 cm parametrische versterkers (ongekoeld) werd in 1976 afgeleverd. Veel tijd en grote zorg werden aan de tests ervan besteed.

De renovatie van onze 6 cm faciliteiten zal in twee fasen geschieden:

a. In de loop van 1977 zullen alle huidige 6 cm frontend ontvangers uit elkaar gehaald worden om met de nieuwe onderdelen uitgerust te worden. Voor deze operatie wordt een periode van 6 à 7 maanden gerekend.
b. In de loop van 1978 zullen de rijdende teleskopen uitgerust kunnen worden met de in aanbouw zijnde gekoelde 6 cm frontend ontvangers.

2.4.8. SRT (40, 1.5).

Met deze titel bedoelen wij het bouwen van de vereiste elektronische apparatuur om met 14 teleskopen (40 interferometers) op een basislijn van 1,5 km te kunnen waarnemen. Het betreft in eerste instantie de bouw van vier nieuwe frontends (2 voor 21 cm en 2 voor 50 cm) welke in het vierde kwartaal van 1976 gereed kwamen. De 6 cm optie zal later bijgebouwd worden. Door een mankement aan de 21 cm Micromega parametrische versterkers moest een zestal bestaande frontends gedemonteerd worden. Dankzij medewerking van de fabrikant kon de onderbreking tot een minimum beperkt blijven (4 maanden).

Het middenfrequent systeem werd ook gemodificeerd om aan de nieuwe configuratie te worden aangepast. Daarvoor werden twee extra delaymodules gebouwd.

Zoals eerder vermeld werd een verbeterd equaliser systeem ontworpen. In het vierde kwartaal 1976 werd de nieuwe equaliserkast geïnstalleerd en snel in bedrijf genomen. De fase en amplitude stabiliteit van dit nieuwe ontvangerdeel is ten opzichte van die van het oude aanzienlijk verhoogd.

2.4.9. Very Long Baseline Interferometrie.

Begin oktober 1976 heeft de Stichting voor het eerst met een VLBI experiment meegedraaid. Voor dit doel werd het 18 cm gekoelde frontend (afgestemd op 1612 MHz) op de Dwingeloo teleskoop gebruikt. De VLBI ontvanger werd verder van twee andere instituten geleend:

de rubidium standaard inclusief de synchronisatie apparatuur kwam uit Kootwijk (Werkgroep satellietgeodesie) en de "terminal" uit Onsala (Onsala Space Observatory, Zweden).

Het aansluiten van de geleende apparatuur op ons systeem verliep moeiteloos. In 1976 werd uit NRAO, waar de magneetbanden uitgewerkt moeten worden, meegedeeld, dat de calibratoren de verwachte "fringes" vertoonden. Het reduceren van de waarnemingen zal in het voorjaar van 1977 op de NRAO processor plaatsvinden. Aan dit experiment hebben behalve Dwingeloo, ook Bonn, Onsala en Fort Davis (Texas) deelgenomen. De zeer lange wachttijd bij de processor zal in de toekomst gereduceerd kunnen worden dankzij de in aanbouw zijnde processors in Bonn en Onsala.

Op europees niveau wordt sinds 1½ jaar aan het opstellen van een VLBI netwerk gewerkt. Het Dwingeloo experiment is een eerste stap om Nederland bij dit netwerk te betrekken. De bijdrage van Nederland in dit netwerk kan van grote betekenis worden: naast de zodoende aanvullende basislijnen, biedt de SRT in een "tied array configuration" een aanzienlijke bijdrage in termen van antenne oppervlakte.

Op de laatse, in Onsala gehouden, europese VLBI vergadering werd een aantal "primaire VLBI frequenties" afgesproken. Van deze zullen alleen 18 cm en 6 cm met Nederlandse teleskopen toegankelijk zijn. De korte VLBI golflengte 1,3 cm is voor ons uitgesloten. Als secondaire frequenties wordt aan 21 cm en 50 cm gedacht.

2.4.10. Breedband correlator.

Eind 1976 kwam een voorstel klaar om de bandbreedte, en dus de gevoeligheid, van de SRT voor continuum waarnemingen te vergroten. Met deze stap wordt de laatste fase bereikt in onze huidige plannen om de SRT gevoeligheid te optimaliseren.

In dit voorstel wordt aan een totale band van 80 MHz gedacht die gesplitst zou moeten worden, vanwege het "delay beam" probleem, in 10 MHz bandjes. Voor waarnemingen op 21 cm golflengte wordt het systeem geschakeld naar een totale band van 40 MHz in 5 MHz bandjes.

Bij de correlator die op de 2 bit mode zal werken hoort een nieuw digitaal delay systeem dat geschikt moet zijn om met een basislijn van 3 km te kunnen waarnemen.

Het totaal aantal kanalen hangt van de vraag af of redundante metingen uitgevoerd moeten worden (voor calibratie doeleinden). Bij een minimum configuratie horen ca. 6000 kanalen. Daarbij hoort bovendien het digitale delaysysteem en een middenfrequent ontvanger. Het laatste zal gezien zijn omvang een belangrijke inspanning vergen.

Om het systeem zo eenvoudig mogelijk te houden wordt aan de toepassing van microcomputers gedacht voor controle- en besturings-

funkties.

In de loop van 1976 werd met een Motorola MC8600 microcomputer uitgebreid geëxperimenteerd. Een klein systeem dat bestaat uit een 2 x 1k RAM geheugen, 3 interface IC's en een ROM geheugen is vrijwel klaar gekomen. Het systeem wordt in de testfase door een teletype bestuurd. Een eenvoudige assembler wordt op de PDP 11/20 ontwikkeld. Het geheel kan goedkoop gehouden worden als men de techniek en de software ontwikkeld heeft. Twee duidelijke toepassingen ervan in het breedband backend zijn:

a. het besturen van het digitale delaysysteem.
b. de kontrole op de clipper-sampler niveaus. De microcomputer leest bv. de niveaus af, verwerkt ze en stuurt instructies om de versterking van de middenfrequent ontvanger binnen vastgestelde grenzen te houden.

2.4.11. Overige werkzaamheden.

De voorspelling van eind 1975 omtrent de 6 cm THT maser kon niet geheel worden waargemaakt. Medio 1976 heeft de maser voor de eerste keer enige tijd gewerkt alhoewel de versterking nog ver beneden de specificatie lag. De opgedane ervaring leidde tot de conclusie dat veel meer aandacht aan de eigenschappen van het kristal geschonken moet worden, hetgeen impliceert dat het projekt uit zal lopen. Grote vertragingen moeten bovendien aan ernstige problemen met de klystron pomp toegewezen worden.

In de loop van 1976 werd de Stichting door de Werkgroep voor heterodyne spectroscopie, Groningen, benaderd om assistentie te verlenen bij het bouwen van een frontend (of gedeelte van een frontend) voor ontvangst tussen 100 GHz en 300 GHz. De eerste trap, een Josephson mixer, wordt ontwikkeld door Groningen. De Stichting zou gezien haar deskundigheid op dit gebied van frontends vanaf de tweede trap (op 6 cm golflengte) kunnen assisteren. Deze ontwikkeling is tot op heden bij een adviserende fase gebleven. Er zal verder met het uitlenen van onderdelen of apparatuur aan Groningen steun worden verleend.

De automatisering van de 25 m teleskoop te Dwingeloo waaraan een groep technici en programmeurs gedurende een lange tijd een flink karwei had, werd in het najaar voltooid. Sinds oktober 1976 draait de teleskoop volautomatisch, dus zonder studentwaarnemers. Enige nazorg en enkele modificaties van lagere prioriteit zullen in 1977 worden uitgevoerd.

Het bekabelen van de nieuwe teleskopen te Westerbork betekende een klein jaar naarstig werk voor een hiervoor samengestelde groep technici van de CTD, versterkt met via de zg. TAP-regeling aangetrokken tijdelijke krachten. Dit werk kwam begin november gereed. De kern van de ploeg blijft nog doorgaan met de laatste afwerking en zal meteen verder gaan met de voorbereiding van de bekabeling voor fase II van de uitbouw SRT (verplaatsing teleskopen C en D).

2.4.12. Tijdverdeling over de projekten.

Laboratorium en Centrale Technische Dienst.

In 1976 bedroeg de totale bemanning dezer afdelingen ca. 55 medewerkers, inclusief gemiddeld 6 praktikanten en ruim 2 TAP-medewerkers.

Afwezigheid wegens verlof of ziekte kostte 11,2 % van de bruto werktijd. Aan de algemene leiding van de afdelingen werd 5 % van de tijd besteed en aan stafvergaderingen, conferenties, literatuur enz. 4 %.

De rechtstreeks aan de projekten en vaste diensten te besteden werktijd bedroeg dus 44 manjaren, ofwel ruim 11.000 mandagen en werd procentueel als volgt verdeeld:

1. Bouw en onderhoud ontvangers.		60,1 %
a. Digitale lijnontvanger	23,9 %	
b. Zonontvangers	10,0	
c. Ontvanger uitbreiding (SRT 40, 1.5)	8,7	
d. Prototype 6 cm gekoeld frontend	6,9	
e. Gekoelde frontends 18 en 21 cm	6,5	
f. Ombouw (retrofit) 6 cm frontends	2,1	
g. VLBI ontvanger; hulpinstrumenten	2,0	
2. Systeem research.		4,1 %
a. Fasecalibratie	1,5	
b. Breedband backend	1,4	
c. Analoge gegevensverwerking	0,8	
d. Adaptief filteren	0,4	
3. Voorzieningen teleskopen.		22,1 %
a. Bekabeling C en D (SRT 40, 1.5)	11,9	
b. Automatiseren RT Dwingeloo	4,5	
c. Onderhoud RT Dwingeloo	3,9	
d. Assistentie Westerbork	1,8	
4. Vaste CTD diensten.		13,7 %
Instrumentatiegroep; magazijn, documentatie, technisch tekenen, fotografie, offset-druk, printerij, contacten publiek, assistentie gebouwbeheer, enz.		

2.4.13. Meetinstrumenten Commissie.

Enkele jaren geleden is door de Werkgroep een commissie ingesteld, waarin medewerkers van de afdelingen Laboratorium, Teleskoopgroep en Centrale Technische Dienst zitting hebben, zes man, onder voorzitterschap van het hoofd van de afdeling CTD, welke commissie, kort omschreven, de taak heeft te zorgen voor een laboratorium instrumentarium dat voldoet aan de eisen die het werk van de Stichting stelt.

In de bijeenkomsten van deze "Meetinstrumenten Commissie", ca. éénmaal per maand belegd, komt aan de orde het afschrijven van niet meer bruikbare, technisch verouderde of versleten instrumenten en het vervangen daarvan op de meest geschikte wijze wat betreft de stand van de techniek en de plannen van de Stichting voor de komende jaren. Verder brengt de commissie zwaar wegende adviezen uit bij het aanschaffen van speciale, in de ontvangersystemen toe te passen, meetinstrumenten. Ook het zoeken van oplossingen voor meetproblemen met het aanwezige instrumentarium, het bestuderen van geavanceerde meetmethodieken, het samenstellen van een instrumenten catalogus en dergelijke zaken hebben regelmatig de volle aandacht.

In 1976 kwam de commissie elf maal bijeen. In de meetinstrumentensector - aanschaffen van nieuwe instrumenten, onderhoudskosten en het zelf bouwen van niet in de handel verkrijgbare instrumenten - werd een bedrag van ca. *f* 300.000,-- besteed. Er konden 25 nieuwe meetinstrumenten worden aangeschaft.

Als zwaartepunt van het verslagjaar kan worden genoemd het invoeren van het zgn. bussysteem. Dit systeem, opgezet volgens internationaal vastgestelde en aanvaarde normen, maakt het mogelijk langdurige en complexe metingen te automatiseren. Naast geheel nieuwe mogelijkheden bv. wat de precisie betreft, kan dankzij dit systeem een aanmerkelijke verhoging van de meetproduktiviteit worden verwacht.

Het kiezen van de besturings- en verwerkingseenheid voor het bussysteem heeft veel aandacht gevraagd; na wikken en wegen werd gekozen voor de calculator van Tektronix.

2.5. Algemene Zaken / Het Bureau.

2.5.1. Algemeen.

Lopende zaken zoals het in gebruik stellen van de nieuwe verrijdbare teleskopen te Westerbork en een plotselinge grote onderhoudsbeurt aan de SRT deden de behoefte aan mankracht tijdelijk sterk toenemen. In een goed samenspel met de Gewestelijke Arbeidsbureaus te Beilen en Hoogeveen konden een aantal technici en een software medewerker op tijdelijke basis onder de T.A.P. regeling worden aangetrokken. Gesteld kan worden dat deze tewerkstelling zowel de betrokkenen als de Stichting goed is bevallen. Het geeft voldoening dat in één geval een onder deze regeling werkende elektronikus in onze permanente dienst kon overgaan.

De groep astronomen in de Stichting is dit jaar op de toegestane sterkte gekomen; de computergroep te Dwingeloo is vanuit Leiden versterkt voor het verrichten van een deel van het reduktiewerk in Drenthe i.p.v. Leiden. Hiermede is het dienstgebouw te Dwingeloo volledig bezet. De verschillende algemene ruimten zoals de kantine en vergaderzaal zijn duidelijk aan de krappe kant. De noodbarak nabij de ingang van het hoofdgebouw is het gehele jaar in gebruik geweest en zal voorlopig - zij het op een andere plaats - zijn dienst moeten blijven bewijzen.

De ontwikkelingen in Westerbork, wat ontvangersysteem, cryogene systeem en het in gebruik komen van de nieuwe teleskopen betreft, maken een uitbreiding van het dienstgebouw daar dringend noodzakelijk. De voorbereidingen hiertoe zijn reeds gaande.

In het vorige verslagjaar moest van bureauzijde veel tijd en inzet gegeven worden aan de bouwwerkzaamheden aan de dienstgebouwen te Dwingeloo en Westerbork. Dit jaar kon de aandacht meer gericht worden op de normale dagelijkse gang van zaken.

2.5.2. Personeelszaken.

Aan het eind van 1975 was door ZWO en Stichting - bestuur, werkgroep en personeelsraad - besloten in 1976 wederom een funktiewaarderingsonderzoek voor het personeel te houden. Begin 1976 werd dit onderzoek gestart, begeleid door de Hr. J. Weggemans, deskundige terzake van de R.U. Groningen. Door ieder personeelslid werd in overleg met het afdelingshoofd een taakomschrijving opgesteld, die door de Hr. Weggemans, als taakanalist, werd gewaardeerd. Daarna vond ten overstaan van een tweetal werkgroep leden de beoordeling plaats. Tenslotte werden in overleg tussen ZWO, de Hr. Weggemans en de werkgroep konklusies bereikt, die aan ieder personeelslid individueel werden medegedeeld. De medewerking van de Hr. J. Weggemans aan dit onderzoek is door allen van de Stichting in dank aanvaard.

Met het aanstellen van een viertal astronomen en een hulpkracht

werd deze groep dit jaar op het toegestane aantal gebracht. Overigens bleef het aantal mutaties binnen onze gelederen uiterst klein.

Het in bedrijf brengen van de nieuwe teleskopen en het vastzetten van het gaas op alle bestaande teleskopen veroorzaakten in Westerbork een piek in het werk. Een tiental mensen kon in het kader van de T.A.P. regeling tewerkgesteld worden ten voordele van ons en de betrokkenen, omdat hun kansen op de arbeidsmarkt werden vergroot en voorzover ons bekend in sommige gevallen met sukses!

Na wat aarzelende wiekslagen heeft het personeelsblad "Telescopium" inmiddels ook "hoogte" gewonnen en is een regelmatig verschijnend blad in de S.R.Z.M. gemeenschap geworden. De Personeelsvereniging organiseerde dit jaar o.m. een gezellige cabaret- en dansavond, geheel door eigen mensen verzorgd.

Vanwege gezondheidsredenen verliet ons dit jaar de Hr. L. de Jonge, die ca. 20 jaar als elektronikus bij de C.T.D. in Dwingeloo heeft gewerkt. Wij hopen, dat hij thans de rust kan vinden om de plaats in zijn gezin op de gewenste wijze te kunnen innemen. Wij allen wensen hem het allerbeste toe!

2.5.3. Financiën.

Gewoon subsidie 1976: Het toegekende subsidie noodzaakte tot een bezuiniging, die omdat de personeelslasten nauwelijks te beïnvloeden zijn, voornamelijk doorgevoerd moest worden in de besteding van het Materiëel Krediet. Door een zorgvuldig afwegen van de bestedingen en een goede budgetbewaking zouden we dit jaar zijn rondgekomen, ware het niet dat wij na de hete zomer van 1975 gekonfronteerd werden met een kalamiteit in de vorm van het losraken van het gaas op de panelen van alle teleskopen in Westerbork. Waar een snel herstel een noodzaak van de eerste orde was, reikte ZWO ons gelukkig de helpende hand. Door een enorme inzet van ons gehele personeel, TAP-pers en astronomen kon de financiële en andere schade toch nog beperkt blijven tot zeer acceptabele proporties.

Gewoon subsidie 1977: Het toegekende bedrag van het Gewoon Subsidie houdt voor de personeelssterkte zonder meer een pas op de plaats in en voor het Materiëel Krediet een achteruitgang in koopkracht in. Door een aantal bezuinigingen in te voeren en de budgetten stringent te bewaken moet het mogelijk zijn de voor 1977 geplande werkzaamheden goeddeels uit te voeren; er dienen zich dan geen onvoorziene uitgaven voor te doen en nu bekende tariefsverhogingen dienen niet te worden overschreden.

Voor verdere gegevens omtrent de subsidiebedragen wordt verwezen naar Appendix C.

2.5.4. Financiële administratie.

Dank zij een ervaren bezetting had de financiële administratie de bewaking van de budgetten zeer goed in de hand. Veel mutaties in de voorgaande jaren bemoeilijkten het soepel funktioneren van dit deel van de administratie wel eens. Een nuttig hulpmiddel is de sinds een aantal jaren in gebruik zijnde numerieke boekhoudmachine.

2.5.5. Beheer.

Na de periode van aan- en verbouw van het dienstgebouw in 1975, werd dit jaar veel aandacht besteed aan de kleinere naijlende karweien. Het terrein werd "schoon" gemaakt, beschadigingen aan de tuin en paden hersteld èn de tuin op de binnenplaats opnieuw aangelegd in eigen beheer.

De dienstgebouwen kregen een hoogst noodzakelijke schilderbeurt aan de buitenzijde. Het dak van de 20 jaar oude vleugel van het gebouw werd hersteld; de konditie hiervan was vorige winter snel achteruitgegaan, resulterend in talloze lekkages.

Mede onder invloed van de veelvuldig voorkomende bos- en heidebranden gedurende een zeer droge en warme periode in 1976, werd veel aandacht besteed aan de brandbestrijding. Er werd een vaste, goed uitgeruste ploeg gevormd en getraind door één onzer medewerkers, die lid is van de Brandweer Dwingeloo. Over wederzijdse hulp zijn afspraken gemaakt met onze buren, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten, zomede met de gemeentelijke brandweer.

Met de desbetreffende autoriteiten werd geregeld dat de bewakingsdienst van de Radiosterrenwacht in Westerbork ook kontrole diensten mag verrichten in de storingsvrije zône rond de Radiosterrenwacht te Dwingeloo.

De Stichtingswoning te Dwingeloo voor gastmedewerkers is vrijwel het gehele jaar verhuurd geweest.

2.5.6. Publiciteit.

In het verslagjaar werd toenemende aandacht besteed aan het verstrekken van informatie over het werk van de Stichting aan de wat diepergaande belangstellenden maar ook aan de toeristen, die de Radiosterrenwachten tot een doel maken op hun wandelingen in de rondom liggende bossen.

Daartoe in staat gesteld door ZWO, werd een aantal vitrines geplaatst nabij de teleskopen in Dwingeloo en Westerbork. Een enthousiast groepje uit ons midden stelt momenteel expositie materiaal samen, waarmede getracht wordt de bezoeker op begrijpelijke wijze iets te vertellen over de radioastronomie en de rol

die de SRZM daarbij speelt. In de zomervakantie staan enkele medewerkers op de woensdagmiddagen de toeristische bezoekers mondeling te woord nabij de vitrines; een leerzame ervaring voor toehoorder èn informant. Deze stimulerende aktiviteit zal in 1977 zeker worden voortgezet.

Beide sterrenwachten verzorgden vele excursies gedurende het gehele jaar voor groepen geïnteresseerden variërende van HAVO scholieren tot fysici en ingenieurs. Ook werden lezingen gehouden voor groepen gedurende de avonduren, waarbij dia's getoond worden.

De redaktie van "Telescopium" gaf een goed verzorgde populaire uitgave uit met informatie over de radioastronomie en de beide Sterrenwachten bestemd voor het ons bezoekende publiek; dit is zeer in de smaak gevallen.

Er werd medewerking verleend aan de voorbereiding van uitzendingen voor Teleac, NOS, de Canadese Broadcasting Corporation en het samenstellen van de film "Sleutel tot het heelal" van de B.B.C.

Met de gedachte wordt gespeeld om een deel van de bouwhal in Westerbork te bestemmen voor het inrichten van een permanente expositie over radioastronomie als onderdeel van het, door Staatsbosbeheer aangelegde, prachtige Melkweg- en Natuurpad in de bossen van Hooghalen.

2.5.7. N.E.R.G.-dag.

Op 29 oktober 1976 is een vergadering van het Nederlands Elektronika en Radio Genootschap gewijd aan het werk van onze Stichting. Medewerkers van de Stichting hebben op deze dag de volgende voordrachten gehouden:

1. Grondbeginselen van de waarneemtechniek - Ir. H.C. Kahlmann
2. Digital Correlation - Dr. J.D. O'Sullivan
3. De 5000 kanaals digitale correlator ontvanger in Westerbork - Ir. A. Bos
4. Instrumentele en atmosferische storingen; hun gevolgen en hun bestrijding - Ir. J.D. Bregman
5. Analoge technieken voor het uitvoeren van twee dimensionale Fourier transformatie - Drs. J.P. Hamaker
6. Solved and unsolved puzzles in today's Radioastronomy - Dr. R.G. Strom and Dr. D.E. Harris.

2.6. Astronomen.

2.6.1. Algemeen.

In de loop van 1976 is de groep astronomen binnen de Stichting in aantal meer dan verdubbeld. Dit is vergezeld gegaan van een verbreding van de astronomische onderwerpen, ofschoon het accent blijft liggen op studies van extra-galactische radiobronnen i.h.b. radiomelkwegstelsels. Het astronomisch onderzoek van alle Stichtingsastronomen, zowel als dat van stafleden van andere afdelingen, is beschreven in hoofdstuk 3.1.

Er is moeite gedaan om de groep als een nieuwe afdeling binnen de Stichting te laten fungeren. Hieronder valt ook het ontwikkelen van methodes om dit optimaal te bewerkstelligen. Een belangrijk voorbeeld hiervan is de reduktie van Westerbork data, waarvan het leeuwendeel noodzakelijkerwijze op de computer in Leiden wordt gedaan. In dit opzicht is de installatie van een APL terminal in Dwingeloo welke direkt verbonden is met de Leidse computer, een belangrijk hulpmiddel; standaard reduktie programma's kunnen nu met grote tijdbesparing direkt gedraaid worden.

2.6.2. Personeel.

Begin 1976 bestond de groep uit twee astronomen nl. D.E. Harris en R.G. Strom. De groep werd in maart uitgebreid met V.K. Kapahi van het Radio Astronomy Centre van het Tata Institute in India. Kapahi's meest recente werk betrof de interpretatie van de hoekmeting van radiobronnen die met de Ooty teleskoop waren gemeten. In mei kwam G.N. Blair van de Universiteit van Texas binnen de astronomengroep van de Stichting. In Texas has hij een aantal studies gemaakt van interstellaire moleculen op golflengtes in het millimeter en infrarood gebied. R.T. Schilizzi kwam midden augustus naar Dwingeloo van Caltech, waar hij zich voornamelijk met de VLBI waarnemingen van extra-galactische radiobronnen had bezig-gehouden. Eind van het jaar waren er dus vijf astronomen binnen de groep; één minder dan de volle bezetting. In juni heeft het Bestuur van de Stichting Dr. Strom verzocht voorlopig als hoofd van de groep te willen fungeren.

2.6.3. Diverse verantwoordelijkheden.

Elke astronoom van de groep heeft enkele verantwoordelijkheden die vaak niet direkt met zijn onderzoek aktiviteiten in verband staan. In dit gedeelte 2.6.3. worden de aktiviteiten op die gebieden gedurende 1976 gerapporteerd.

A. Digitale lijnontvanger.

Twee astronomen zullen de technische staf assisteren gedurende de testfase van de nieuwe digitale lijnontvanger en daarna als liaison tussen astronomen en de technische staf fungeren. Als voornaamste verantwoordelijkheid zal Blair met problemen en ontwikkelingen tot aan het MAKEMAP stadium van de data reduktie te maken krijgen. Aangezien het digitale lijnsysteem begin 1977 operationeel wordt, betrof het werk van dit jaar voornamelijk de planning van testwaarnemingen.

B. Preprints en reprints.

Planning, coördinatie en administratie van het preprint/reprint systeem vallen onder de verantwoordelijkheid van Harris. Van elk wetenschappelijk artikel dat voor publikatie wordt aangeboden, dienen 100 preprints gemaakt te worden. Hiervan worden ongeveer 70 naar astronomische bibliotheken,verspreid over de wereld, gezonden. In 1976 betrof dit 26 preprints met in totaal 710 pagina's.

Eind 1976 werd het systeem van de distributie van reprints gewijzigd. Een lijst van twaalf reprints werd naar enkele honderden geïnteresseerde astronomen over de hele wereld gezonden. Uiteindelijk werden 213 individuele verzoeken voor 680 reprints ontvangen. Verwacht wordt dat ongeveer drie van dergelijke lijsten per jaar zullen worden uitgegeven.

C. Astronomische kontakten met Westerbork.

Kapahi zorgt voor een formeel astronomisch kontakt met de teleskoopgroep in Westerbork. Dit houdt in wekelijkse bezoeken om recente problemen te onderzoeken en te bespreken, het beschikbaar zijn wanneer zich vragen van astronomische aard voordoen en het helpen bij het plannen van toekomstige waarnemingen. Hij zal ook de meest recente waarnemingen onderzoeken op aanwijzingen van fouten en adviseren inzake dagelijkse procedures voorzover zij van invloed zijn op de kwaliteit van de waarnemingen.

D. VLBI waarnemingen.

Schilizzi draagt de verantwoordelijkheid voor de Stichtings inbreng aan de onlangs gestarte VLBI waarnemingen (Very Long Baseline Interferometry), interferometer metingen verricht over dusdanig grote afstanden - groter dan 100 km - dat de elementen niet op de gebruikelijke wijze verbonden zijn door middel van kabels. Dit houdt zowel het verkrijgen van de metingen als de

interpretatie in. Ook is hij verantwoordelijk voor het op de hoogte houden van de Stichting omtrent de ontwikkelingen op dit gebied en vooral omtrent de samenwerking van de Europese waarneemstations. (Hij heeft het VLBI rapport in dit jaarverslag geschreven.)

E. De Stichtingsbibliotheek.

De verantwoordelijkheid voor het algemeen beheer van de bibliotheek berust bij Strom. In 1976 werden meer dan 100 boeken aangeschaft en vijf nieuwe abonnementen op tijdschriften. Ongeveer 130 banden tijdschriften, vele van hen een jaar of twee oud, werden ingebonden en een systeem voor de opslag van oude, niet ingebonden tijdschriften werd vastgesteld. De bibliotheek verkreeg zeer noodzakelijke opslagruimte in een aangrenzende kamer en bovendien nieuwe planken voor het bewaren en uitstallen van niet ingebonden tijdschriften.

F. Diversen.

In een aantal andere taken, die men kleine verantwoordelijkheden zou kunnen noemen, werd meegedaan door de Stichtingsastronomen. Deze omvatten onder meer de nomenclatuur van Westerbork bronnen; Harris zat een commissie voor, die de verschillende mogelijkheden heeft onderzocht. De commissie adviseert een nieuw benamingssysteem, waarin de bronnen van elk onderzoek in volgorde genoemd worden.

Schilizzi en Strom waren lid van een commissie die problemen onderzocht die gerezen zijn bij de 6 cm waarnemingen in de zomer van 1976. In veel gevallen was het mogelijk om de oorzaak van de problemen aan te wijzen en tegen het eind van het jaar kon een rapport worden gemaakt met specifieke adviezen.

Blair heeft informatie verzameld over Europese millimeter teleskoop projekten, in het bijzonder die waar Nederlandse groepen mee te maken hebben en hij heeft gesproken met de betrokken personen. Een verslag, dat in de lente van 1977 klaar zal zijn, zal op dit gebied achtergrond informatie bevatten voor de voortgaande diskussie over astronomie in de tachtiger jaren.

Tenslotte is Harris nog betrokken bij de commisse voor frekwentie-bescherming en Strom adviseert de reduktiegroep bij de correctie van 50 cm waarnemingen voor ionosferische Faraday rotatie.

2.6.4. Contact met astronomen buiten de Stichting.

Een belangrijke taak van de astronomengroep is het onderhouden van contacten tussen de Stichtingsstaf en andere astronomen,

in het bijzonder die aan Nederlandse universiteiten. Dit is geformaliseerd door elke astronoom aan één van de universiteiten toe te delen, Groningen of Leiden, waar de meeste Westerbork gebruikers zijn.

Harris en Kapahi zijn verantwoordelijk voor het kontakt met de astronomen van het Kapteyn Laboratorium in Groningen. De geringe afstand tot Dwingeloo maakt het hen mogelijk Groningen elke week te bezoeken, waarbij zij gewoonlijk de discussies over radioastronomie bij de lunch bijwonen. Zij maken ook veel gebruik van het Groningse reduktiepakket en werken in hun onderzoek samen met een aantal universiteitsastronomen.

Het kontakt met Leiden wordt verzorgd door Blair, Schilizzi en Strom. Zij bezoeken het Huygens Laboratorium een aantal dagen per week, waarbij zij colloquia bijwonen, spreken met hun Leidse collega's en de mogelijkheden tot gegevensverwerking benutten. Het spreekt vanzelf, dat de Stichtingsastronomen ook bezoeken afleggen aan andere universiteiten dan de hen toegewezene.

Deze kontakten werken in twee richtingen, aangezien de universiteitsastronomen regelmatig in Dwingeloo en Westerbork op bezoek komen. In oktober werd een Groningse lunchbijeenkomst in Westerbork gehouden, waarbij de opkomst zeer bevredigend was.

Tijdens het VLBI experiment kwamen de Leidse astronomen, B. Baud en G.K. Miley, hun Stichtingscollega's A. van Ardenne en Schilizzi steunen bij het uitvoeren van de waarnemingen in Dwingeloo.

Tenslotte hebben alle leden van de groep meegewerkt aan een aantal colloquia in Dwingeloo over uiteenlopende onderwerpen.

2.6.5. VLBI waarnemingen.

Bij Nederlandse astronomen bestaat een groeiende belangstelling om strukturen op zeer kleine schaal waar te nemen, m.b.v. VLBI technieken. De eerste concrete stappen om VLBI faciliteiten te krijgen, zijn in januari 1976 ondernomen, toen G.K. Miley, B. Baud en H.J. Habing een voorstel schreven om een "recording terminal" te bouwen, hoofdzakelijk voor gebruik in Europese experimenten. Men verwacht dat deze terminal eind 1977 in gebruik zal worden genomen.

Begin oktober hebben A. van Ardenne en R.T. Schilizzi samen met Baud en Miley een 24-uurs lijn- en continuum experiment gedaan om enige ervaring in de waarneem- en reduktietechnieken m.b.t. VLBI experimenten te krijgen. De waarnemingen zijn op een frequentie van 1612 MHz gedaan met de 25 m Dwingeloo teleskoop samen met de 100 m teleskoop in Effelsberg (W. Dld) en de 25 m teleskoop in Onsala (Zweden). Gedurende de laatste drie uur van dit experiment werd ook door een 26 m teleskoop in Fort Davis (Texas, VS) waargenomen. De recording terminal en de frequentie standaard werden voor dit experiment uitgeleend door resp. Onsala en de

Werkgroep Satelliet Geodesie te Kootwijk.

In het waarneemprogramma waren de volgende twee interessante radiobronnen opgenomen nl. (1) de kerncomponent van het reuze-radiostelsel 3C236 en (2) de emitterende OH maser van de infrarood ster NML Cygnus.

Het bestaan van kleine radiobronnen in de kern zoals in 3C236, is van de meeste uitgebreide radiosterrenstelsels en quasars bekend. Er wordt verondersteld dat ze een belangrijke rol speelden en nog spelen bij de vorming en het onderhouden (van de energiebevoorrading) van deze uitgebreide dubbele strukturen. Deze beide astrofysische problemen zijn van belang voor astronomen die gebruik maken van Westerbork gegevens met een lager oplossend vermogen.

NML Cygnus is één van de sterkste bronnen in emissie op een frequentie van 1612 MHz. Het is bekend dat de oorsprong van de maser emissie gelegen is in kleine gebieden rondom de variabele infrarood ster, maar de gedetailleerde struktuur en het pomp mechnanisme zijn nog niet volledig bekend.

Op het moment dat dit geschreven wordt is bekend dat er van de sterke calibratiebronnen, die in het experiment werden gebruikt, fringes gevonden zijn, zodat we weten dat de apparatuur van de individuele stations gewerkt heeft. De details van de gegevens van 3C236 en NML Cygnus zullen in maart 1977 bekeken worden wanneer de data bij NRAO in Charlottesville worden gecorreleerd.

Eén van de plannen voor de naaste toekomst behelst het gebruik van de 14 Westerbork teleskopen als een "tied-array" total power instrument. Het ontvangend oppervlak van de teleskopen in deze configuratie is ongeveer equivalent met dat van een 90 m teleskoop. Een ander plan betreft waarnemingen met een explorerend karakter op een golflengte van 50 cm met de bedoeling om te kijken of de hete delen in de buitenste lussen van uitgebreide extra-galactische bronnen, enige substruktuur vertonen, gaande naar grotere resoluties vanaf $\sim$ 0",5.

Ook zullen verschillende technieken worden onderzocht om te proberen de "verloren gegane" fase-informatie terug te winnen.

2.7. Personeelsraad.

De Personeelsraad is langzamerhand een vaste plaats in onze organisatie gaan innemen. Zij is vaak officieus maak ook, indien nodig, officiëel betrokken bij het beleid van de Stichting.

In mei werden de jaarlijkse verkiezingen gehouden, waarbij de bemanning (op de voorzitter na) geheel gewijzigd werd (zie voor de samenstelling Appendix A in dit verslag).

Door het vergaderinterval op 14 dagen te stellen werd voortdurend de vinger aan de (Stichtings-) pols gehouden. Dit bevordert een slagvaardig beleid.

Ook het komende jaar zullen we ons inzetten voor behoud en verdere verbetering van de werkomstandigheden en de persoonlijke ontplooiingsmogelijkheden van alle medewerkers.

3. ASTRONOMISCHE VERSLAGEN.

3.1. Radioastronomisch onderzoek van Stichtingsstafleden.

Redaktie: R.G. Strom.

3.1.1. Inleiding.

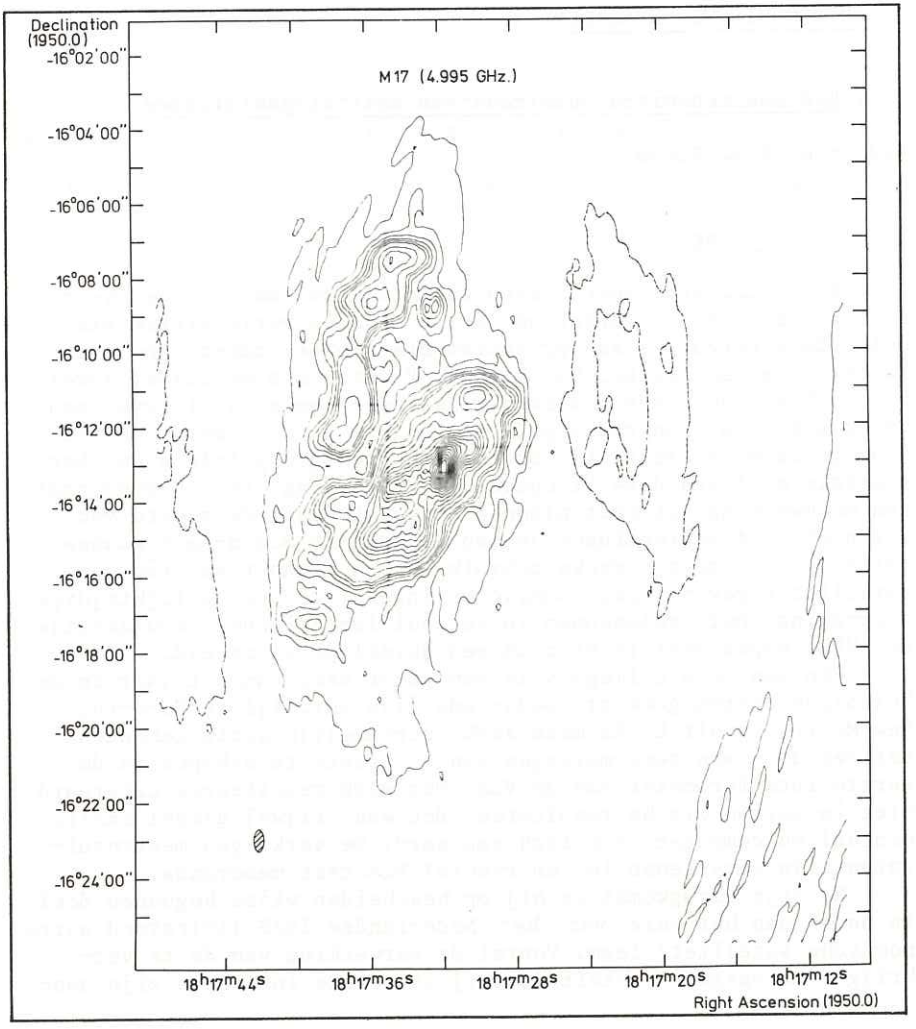
Stichtingsstafleden hebben onderzoek gedaan aan zeer verschillende objekten variërend van de zon tot verre sterrenstelsels. Ze werkten mee aan projekten die gebruik maken van teleskopen in Massachusetts, New Mexico, Puerto Rico en Texas, zowel als in Nederland. Hun onderzoekingen strekken zich uit over een breed spectrum: van radio golflengten via de millimeter en infrarood gebieden en zelfs tot optische en röntgen golflengten. Het grootste deel van deze "frequentie uitbreiding" is het resultaat van medewerking met buitenlandse collega's daar de meeste van ons niet zelf waarnemingen hebben gedaan met Noord-Amerikaanse teleskopen of rechtstreeks gebruik hebben gemaakt van röntgen satelliet gegevens. Bij sommige metingen is echter gelijktijdige waarneming met teleskopen in verschillende landen noodzakelijk. Het VLBI experiment is hiervan een duidelijk voorbeeld.

Eén van onze collega's is een groot deel van het jaar in de Verenigde Staten geweest. Gedurende zijn verblijf in Socorro, New Mexico, heeft E. Raimond zich voornamelijk bezig gehouden met het doen van test metingen van de eerste teleskopen en de eerste interferometer van de VLA. Dit werk resulteerde uiteraard niet in astronomische resultaten. Het was vrijwel geheel instrumentaal en computer technisch van aard. De verkregen meetresultaten zijn verschenen in een tweetal VLA test memoranda.

Na zijn terugkomst is hij op bescheiden wijze begonnen deel te nemen aan het werk van het Nederlandse IRAS (infrarood astronomische satelliet) team. Vooral de verwerking van de te verkrijgen meetgegevens heeft daarbij in eerste instantie zijn aandacht gehad.

3.1.2. Zon onderzoek.

C. Slottje rondde een publikatie af over de statistiek van spectrale eigenschappen van ketens van type I radiostoten. Reeds lang was bekend dat in ruisstormen de type I stoten zowel enkelvoudig als in samenhangende reeksen (ketens of "drifting chains") voor komen. Een onderzoek, reeds enige tijd geleden samen met J. Loonen te Utrecht uitgevoerd, wees uit dat ook tussen 160 en 320 MHz de levensduren van deze ketens negatief exponentieël verdeeld zijn. Dit betekent dat het voortbestaan van een keten be-



Figuur 3.1.1.

Een SRT radiokaart van het object M17 gemaakt op een frekwentie van 5 GHz. De oorsprong van de radioemissie ligt hoofdzakelijk in een optisch verduisterd gebied, dat ook een hoop van O en B sterren bevat waarvan de straling grotendeels is geabsorbeerd. M17 heeft een intrinsieke helderheid groter dan die van de Orion nevel, en ligt in een groot complex van interstellaire wolken met veel moleculen (uit een onderzoek project van H.E. Matthews, R.H. Harten en W.M. Goss).

heerst wordt door een vaste kans die elke elementaire stoot heeft op een opvolger. Tevens kon worden aangetoond dat er geen wezenlijk verschil bestaat tussen enkelvoudige stoten en elementaire stoten in een keten: de enkelvoudige zijn diegenen waarvoor de kans op een opvolger niet is verwerkelijkt. Dit resultaat legt een belangrijke voorwaarde op aan de theorie over het type I verschijnsel: elke theorie zal essentieël ook van ketens rekenschap moeten geven. Overigens zette Slottje zijn werk voort aan het onderzoek van de fenomenologie van fijnstructuren in radiovlam spectra en de Atlas van fijnstructuren van type II en type IV radio uitbarstingen.

3.1.3. Galactisch onderzoek.

Het onderzoek van ons eigen melkwegstelsel is ruwweg te splitsen in twee categorieën. Onderzoek van gas in het stelsel (H I en H II gebieden, stofwolken, enz.) en het onderzoek naar de eigenschappen van magneetvelden.

3.1.3.1. Interstellaire materie.

Een onderzoek naar de neutrale waterstofverdeling in de buurt van het galactische vlak in de richting loodrecht op die naar het centrum van het melkwegstelsel is dit jaar door H.W. van Someren Gréve afgerond. De metingen hiervoor werden in 1966 begonnen met de radioteleskoop te Dwingeloo, en een publikatie hierover samen met S.C. Simonson (Maryland) is dit jaar verschenen. Het blijkt dat dit gebied, op kleine schaal bijzonder gecompliceerde structuren vertoond, welke veel correlatie vertonen met associaties van pas gevormde sterren, H II gebieden en stof. De H I metingen laten o.a. een expanderende wolk zien om de associatie CEP. OB3, deze expansie zou veroorzaakt kunnen worden door de hitte van pas gevormde sterren in het centrum van de wolk.

R.H. Harten zette zijn onderzoek aan verschillende H II gebieden voort. Samen met F.P. Israel (Leiden) heeft hij, in het complex W75, een rij van objekten ontdekt, waaronder DR21 en DR23, wat impliceert een chronologische zowel als ruimtelijke volgorde. Zij hebben ook ontdekt dat het objekt DR17 een supernova-rest bevat, met duidelijke schilstructuur.

Harten heeft het onderzoek aan het gebied W1, samen met H.E. Matthews (MPI-Bonn/München) en Israel, ook voortgezet. Zij hebben een ionisatierug en een complex van uitgebreide en compacte structuren ontdekt. Volgens hun metingen op golflengtes van 50 en 21 cm valt de ionisatierug samen met Hα (optische) emissie. Om het complexe gebied in meer detail te bestuderen voeren zij metingen op 6 cm uit.

Harten heeft zijn studie van M17, samen met Matthews en W.M. Goss (CSIRO, Australië) bijna voltooid (zie fig. 3.1.1.).

Andere projekten zijn een 6 cm studie van ongeveer 100 Sharpless objekten met M. Felli (Florence) en Israel, waarnemingen van S132 en S155 met Felli en Tofani en werk aan W51. Hij heeft ook deelgenomen aan het recombinatielijn-onderzoek van W51 en W3. In laatstgenoemd objekt is vermoedelijke Hβ emissie ontdekt.

Samen met Israel en N. Evans (Texas) heeft G.N. Blair complete molecuul-lijn, radio-continuum en infrarood gegevens verkregen van een groep redelijk eenvoudige dichtbij gelegen molecuul wolken. Ze hebben een analysetechniek ontwikkeld om de physische karakteristieken en energieverhouding tussen gas en stof in de wolken te verklaren en dit met succes toegepast op de gebieden S255 en S140. De belangrijkste resultaten zijn:

a) De primaire energiestroom ligt in het infrarood, t.g.v. emissie door stof.
b) De stof koelt sneller af dan het gas.
c) Warmtebronnen zijn hoofdzakelijk nabije sterren, maar een infrarood bron binnen het gebied is verantwoordelijk voor tenminste plaatselijke verwarming.
d) Een grote ver-infrarood flux (10^3Jy) wordt voorspeld.
e) Er is een sterk toenemende molecuuldichtheid, zowel als temperatuur, om de infrarood bron heen.

Er wordt verder met de groep van Lenâ (Meudon, Frankrijk) gewerkt, om ver-infrarood gegevens van deze gebieden te verkrijgen.

Blair werkt ook mee aan een survey van infrarood sterren en molecuul wolken (met D.F. Dickinson, SAO, U.S.A.), waarin nieuwe SiO- en H_2O maser-emissie is ontdekt. Verder heeft hij onderzoek aan andere molecuul wolken en H II gebieden met enkele collega's verricht.

3.1.3.2. Galactische magneetvelden.

T.A.Th. Spoelstra en W.N. Brouw hebben hun werk aan het magneetveld van ons eigen melkwegstelsel afgesloten met het klaarmaken van een interpretatie artikel. Met behulp van polarisatie informatie van galactische radio emissie, extra-galactische radiobronnen, pulsars en sterlicht, schatten zij de schaal en structuur van het plaatselijk magneetveld om ons heen. Hun belangrijkste conclusies zijn:

a) Dichtbij de zon (binnen 600 pc) loopt het veld in de richting van $\ell = 45^o$, maar op afstanden groter dan enkele kpc is dit $\ell = 90^o$ geworden.
b) In het algemeen loopt het veld langs de spiraalarmen.
c) Het veld heeft een onregelmatige zowel als een regelmatige component, beide met sterktes van ongeveer 2 à 4 μG.

3.1.4. Extra-galactisch onderzoek.

Onderzoek naar de eigenschappen van extra-galactische objekten - sterrenstelsels, zgn. radiostelsels, clusters van sterrenstelsels - is de grootste component van het astronomisch werk van Stichtingsstafleden gebleven.

3.1.4.1. Sterrenstelsels en radiostelsels.

Harten heeft zijn werk aan continuum emissie van het nabije spiraalstelsel IC342 bijna voltooid. De 6, 21 en 50 cm kaarten zijn geheel gereduceerd, en een artikel is vrijwel klaar. Er zijn systematische variaties in het radiospectrum, met het spectrum in de centra van spirale armen minder steil dan elders. Het feit dat de waterstof een zeer uitgestrekte component heeft maakt de lijnmetingen, gedaan samen met K.J. Wellington (CSIRO, Australië) moeilijk te reduceren. Metingen zijn ook gedaan samen met Gavazzi (Leiden) aan een gamma-stralingsbron die mogelijk met een nabij stelsel geassocieërd is. Op 50 cm is er geen emissie ontdekt.

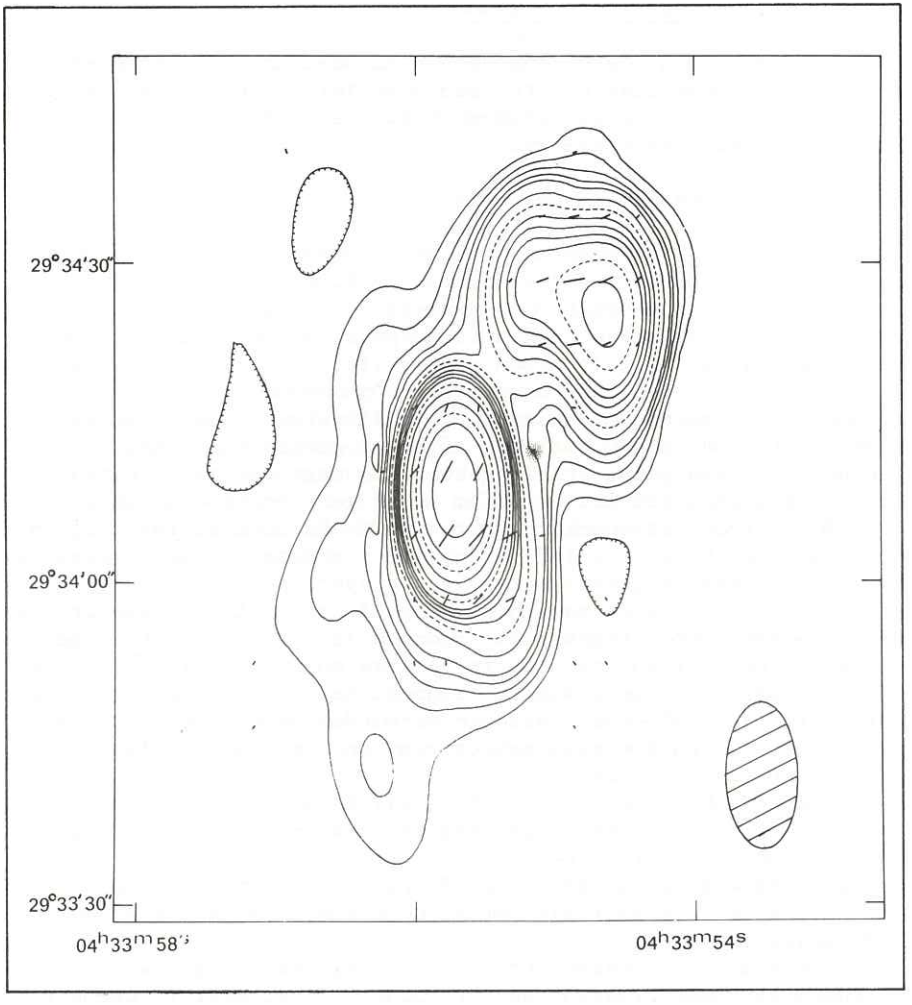
Het zuiver astronomische werk van E. Raimond betrof hetgeen hij samen met K. Weiler (MPI-Bonn) heeft gedaan aan de verwerking en voor publikatie gereed maken van de synthese waarnemingen van circulaire polarisatie van zowel compacte als uitgestrekte bronnen. Bij de onderzochte uitgestrekte bronnen zijn zij er niet in geslaagd circulaire polarisatie te detecteren hoewel dit wel lukte bij een aantal van de compacte bronnen. Men kan hieruit concluderen dat gebrek aan oplossend vermogen vermoedelijk niet de oorzaak is van het tot nu toe niet detecteren van circulaire polarisatie in uitgestrekte bronnen.

V.K. Kapahi houdt zich hoofdzakelijk bezig met de cosmologische implicaties van de gemeten grootte van extra-galactische radiobronnen. De verhouding tussen hoekgrootte en flux dichtheid is sterk afhankelijk van evolutie-effekten met cosmologische epoche. Tot nu toe zijn de metingen met de Ooty Radio Telescope en de WSRT gedaan.

Samen met R.D. Ekers (Groningen) werkt Kapahi aan WSRT metingen van twee groepen van radiobronnen. Eén betreft bronnen uit een lage frequentie catalogus, de andere van een catalogus gemaakt op een hoge frequentie.

R.T. Schilizzi heeft, samen met A. van Ardenne, B. Baud en G.K. Miley (laatste twee Leiden), VLBI metingen aan enkele bronnen gedaan, waaronder de kern van het stelsel 3C236. Zij hopen daarmee de kleine schaal-structuur in het centrum van dit reuze radiostelsel te bepalen.

R.G. Strom en P.P. Kronberg (Toronto en Bonn) hebben hun onderzoek aan de twee verre radiostelsels 3C123 en 3C427.1 voltooid (zie fig.3.1.2.). Hun werk aan 3C303, een dubbel radiobron waarin elke component een mogelijk optische identifikatie heeft, is ook bijna afgesloten.



Figuur 3.1.2.
Het verre radiostelsel 3C123, gemeten op een golflengte van 6 cm met behulp van de SRT. Het radio object heeft een ingewikkelde dubbele structuur en is gepolariseerd (streepjes). Het optische sterrenstelsel (stippeltjes) heeft een roodverschuiving z=0.637 (uit een onderzoekproject van P.P. Kronberg en R.G. Strom).

Het werk van Strom en A.G. Willis (Leiden) aan de reuze radiostelsels 3C236, 3C326, DA240 en NGC315 wordt vermeld in onderdeel 3.3., bij het verlag van het astronomisch onderzoek in Leiden. Strom en Willis hebben, samen met hun noord-amerikaanse collega's A.H. Bridle, M.M. Davis, D.A. Meloy en E.B. Fomalont, preliminair werk aan NGC315 gepubliceerd.

3.1.4.2. Clusters van sterrenstelsels.

D.E. Harris heeft zich voornamelijk bezig gehouden met het onderzoek naar de relatie tussen radiostraling en röntgenstraling van extra-galactische bronnen, hoofdzakelijk bronnen in sterrenstelsel-clusters. Volgens de conventionele interpretatie is heet gas in het centrum van de cluster, de bron van röntgen emissie en ook de oorzaak van vervorming van radiobronnen, die leidt tot de zgn. kop-staart stelsels. Maar er blijven nog enkele onopgeloste problemen bv. de aanwezigheid van een zwakke, zeer uitgestrekte radiocomponent in het centrum van veel clusters; het feit dat niet alle rijke clusters (d.w.z. clusters bestaande uit een groot aantal stelsels) kop-staart bronnen hebben en enkele kop-staart bronnen in minder rijke clusters gevonden zijn; het voorkomen van uitgebreide radio bronnen die niet met een optisch objekt geïdentificeerd kunnen worden.

Harris heeft een uitgebreid programma van radio onderzoek gedaan, waarvan het werk met N. Bahcall (Princeton) en Strom vrijwel afgesloten is. Van de vijf gemeten röntgen bronnen, is er één, een cluster, die ook radio emissie uitstraalt. Over dit onderwerp is een artikel gepubliceerd en een tweede ligt bij de uitgever. Het werk van Harris en Miley wordt vermeld in onderdeel 3.3.

Kapahi is samen met Ekers en Miley bezig om WSRT metingen op 6 cm golflengte te reduceren. Zij hebben een speciale waarneem- en calibratietechniek gebruikt, waarmee zij een groter dynamisch bereik hopen te verkrijgen. Kapahi, Harris en Strom hebben ook werk gedaan aan het objekt 3C66, dat waarschijnlijk eveneens in een cluster ligt.

R.T. Schilizzi zoekt een oplossing voor calibratie problemen in een meting van het kop-staart stelsel PKS2247+11. Aan dit projekt werkt hij samen met Ekers en Harris.

3.2. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Groningen.

Redaktie: P.C. van der Kruit.

3.2.1. Inleiding en samenvatting.

Op vele fronten boekte de Groningse groep in 1976 belangrijke resultaten: in de analyse van waterstofwaarnemingen in sterrenstelsels, in continuumstudies van spiraalnevels en van radiostelsels, in de vergelijking van radio- en optische waarnemingen en in het onderzoek van kompakte HII gebieden.

Structuur en dynamica van spiraalstelsels zijn minder eenvoudige problemen dan men enige jaren geleden nog meende. De waarnemingen en modellen tonen overtuigend aan, dat de standaard aannamen van dunne, vlakke gaslaag, rotatie in cirkelbanen en axiale symmetrie meestal niet opgaan. Zowel in stelsels op hun kant als in stelsels die meer van boven gezien worden zijn ernstige afbuigingen van de gaslaag in de buitendelen gevonden, terwijl in sommige stelsels het gas in sterk elliptische banen beweegt. Ernstige asymmetrieën in de gasverdeling komen veelvuldig voor. Daarnaast zijn er gevallen van sterke interactie; de HI-brug tussen M81 en NGC 3077 kan zo verklaard worden uit een passage op zo'n 25 kpc onderlinge afstand $\approx 6 \times 10^8$ jaar geleden.

Een belangrijk facet is ook de vergelijking van de radiogegevens met optische informatie geweest, met name diepe oppervlakte fotometrie (voor de vergelijking met HI- en totale massaverdelingen uit de Westerbork gegevens) en spectroscopie van de binnendelen (ter aanvulling van de HI-snelheidsvelden). In dit kader is door van der Kruit en Bosma materiaal verkregen met de telescopen van de Hale Observatories (Palomar Mountain, California) en is veelvuldig en vruchtbaar gebruik gemaakt van de aanwezigheid in Groningen van de optische en theoretische astronomen S.M. Simkin en K.C. Freeman gedurende het grootste gedeelte van het verslagjaar, terwijl dit tevens een aantal samenwerkingsprojecten heeft opgeleverd. Van Woerden en Allen brachten het grootste gedeelte van 1976 in het buitenland door (resp. aan het C.S.I.R.O.-Australië en de universiteit van Berkeley, California) en verrichtten o.a. waarnemingen met de radiotelescopen te Parkes (Australië) en Hat Creek (California). Beiden deden ook vergelijkend optisch onderzoek.

Het radio continuum onderzoek van de spiraalnevels op hun kant vond een voorlopige afsluiting wat betreft NGC 891 en 4631 in publikaties. De algemene bevinding is dat het continuum zich tot grotere afstanden van het vlak uitstrekt dan de waterstof en dat de radiospectra steiler worden met deze afstand. In de radiële richting strekt de waterstof zich verder uit. In spiraalstelsels blijkt de karakteristiek te gelden, dat de spectra steiler worden bij grotere afstand tot het centrum; de mogelijkheid dat dit komt door een afnemende thermische bijdrage van HII-gebieden lijkt nog steeds de beste.

De 21 cm absorptie in Perseus A (NGC 1275) blijkt uit een gebiedje kleiner dan 6" te komen. De bovenlimiet van 9 x 10^9 $M_\odot$ HI in emissie op deze snelheid van 8000 km s^{-1} is niet in staat de mogelijkheid van absorptie in een voorgrondstelsel uit te sluiten. De metingen van HI in NGC 7320 (deel van "Stephan's Quintet") zijn in overeenstemming met een toevallige projectie van dit stelsel op de hoge roodverschuivings leden van het quintet.

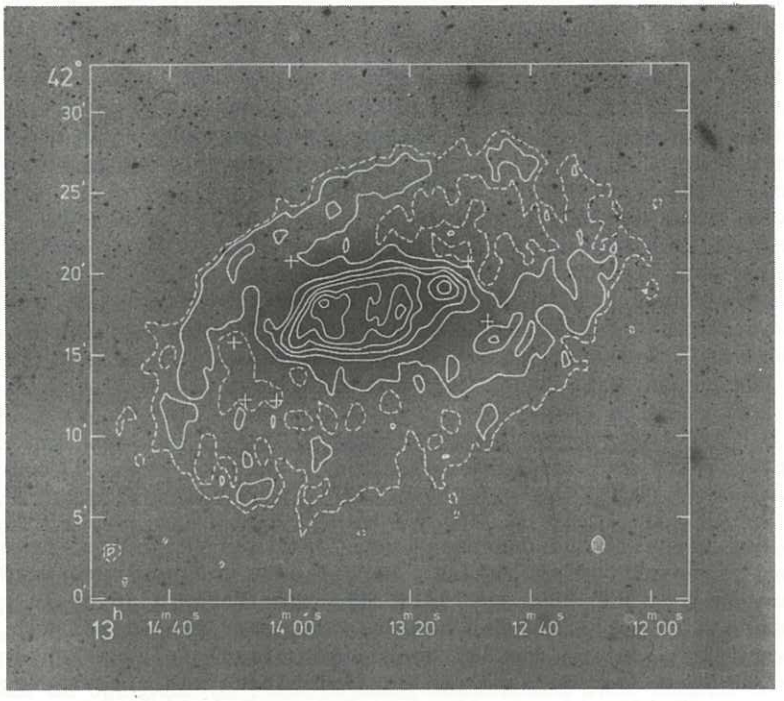
Het werk aan de helderheidsfunktie van elliptische stelsels toont o.a. aan dat de kans op radiostraling van de optische helderheid afhangt tot de macht 1,5. De funktie lijkt hetzelfde binnen en buiten clusters. Twee "kop-staart" stelsels komen voor in Zwicky clusters en hebben geen hoge snelheid t.o.v. het gemiddelde van de cluster. De intergalactische gasdichtheid kan dus hoger zijn dan verwacht, hetgeen belangrijk is voor kosmologische studies. In M87 is een zwakke, uitgebreide radiobron gedetecteerd op 50 cm, die wellicht een "kop-staart" morfologie heeft.

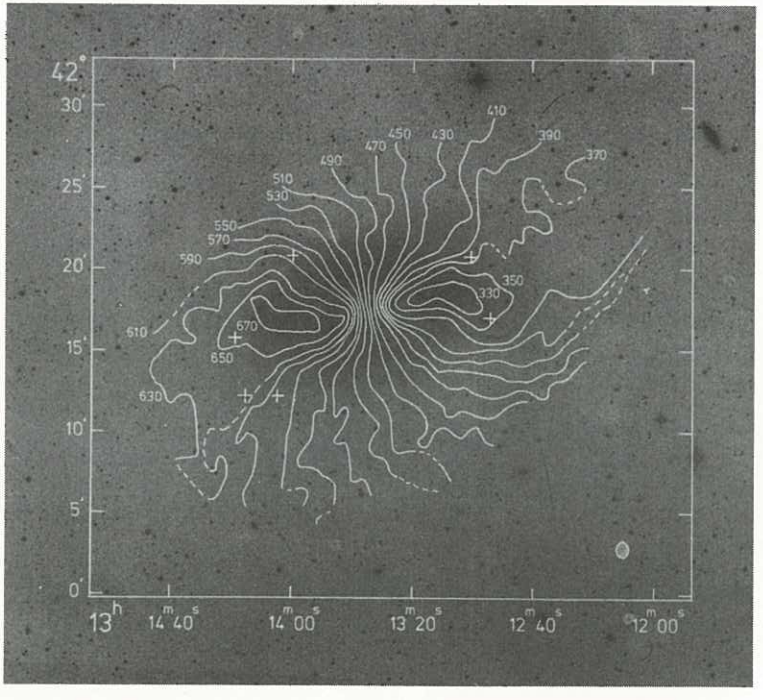
De reduktie van de waarnemingen van de H109-α recombinatielijn zijn - na in het begin veel problemen te hebben opgeleverd - nu goed op gang. Detectie is nu definitief in K3-50 en DR21. De eerder gemelde rotatie in DR21 blijkt op een instrumenteel effect te berusten. De lijn H166-α, versterkt door het sterke continuum, is ontdekt in het extragalactische stelsel M82.

3.2.2. Structuur en dynamica van spiraalstelsels.

3.2.2.1. 21 cm HI studies van spiraal- en onregelmatige stelsels.

Het vergelijkend onderzoek van Bosma aan een aantal nevels nadert zijn voltooiing. Nieuwe, aanvullende waarnemingen werden verkregen voor NGC 2841 en 7331; alle resultaten zijn nu in publiceerbare vorm gebracht. Een hanteerbare, maar niet noodzakelijkerwijs unieke opdeling van het waarneemmateriaal is te maken door te onderscheiden naar de aard van de afwijkingen van cirkelbewegingen in het snelheidsveld. Er zijn dan vier groepen stelsels:
a. normale stelsels met kleine afwijkingen, zoals NGC 3198,
b. balk- en ovale systemen zoals NGC 4736, 4151, 4258,
c. "warps" als in NGC 5033, 5055 (zie fig.3.2.1),2841 en 7331,
d. onregelmatige snelheidsvelden als in NGC 2805, M101, etc.
Voor de groepen b en c zijn modellen gemaakt, die een groot deel van de waarnemingen kunnen representeren. Voor NGC 4736 en NGC 4151 zijn publikaties voorbereid door resp. Bosma, van der Hulst en Sullivan en door Bosma, Ekers en Lequeux (Meudon). De modellen voor groep c gelden ook voor de waargenomen warps in de stelsels op hun kant. Sancisi heeft nu vier voorbeelden daarvan, nl. NGC 5907, 4565, 4244 en 4631, waarover hij een publikatie heeft geschreven. Shostak vindt een warp in NGC 3556, maar NGC 7640 lijkt vlak. NGC 891 (Sancisi en Allen) heeft ook geen warps in de HI. De modellen die voor de warps geconstrueerd zijn bestaan uit een patroon van ringen en het blijkt dat deze bij ruwe benadering een goede beschrijving


42°
30'
25'
20'
15'
10'
5'
0'
13h
14m40s
14m00s
13m20s
12m40s
12m00s



Figuur 3.2.1.

De waargenomen verdeling van neutrale waterstof en het snelheidsveld van NGC 5055, gesuperponeerd op een diepe opname op 127-04 emulsie (≈ 5800-6800A) met de 48 inch Schmidt teleskoop te Palomar door van der Kruit en Bosma. Het oplossend vermogen van de Westerbork waarnemingen is ongeveer 1 boogminuut. De laagste contour van oppervlaktedichtheid is $1{,}3 \times 10^{20}$ atomen per cm^2. De waterstof wordt tot op een tweemaal zo grote afstand van het centrum gedetekteerd als het optisch licht. De hoofdas van het snelheidsveld verandert van positiehoek met straal, hetgeen geïnterpreteerd kan worden als een afwijking van een plat vlak. (Onderzoek van Bosma)

opleveren. Bij de groep van warps en van onregelmatige snelheidsvelden is het soms, maar niet altijd, mogelijk een begeleider aan te wijzen, die door interactie het snelheidsveld verstoord kan hebben. De indeling in drie groepen voor de grote afwijkingen is niet uniek; een stelsel als b.v. M83 kan in alle drie categorieën worden ondergebracht.

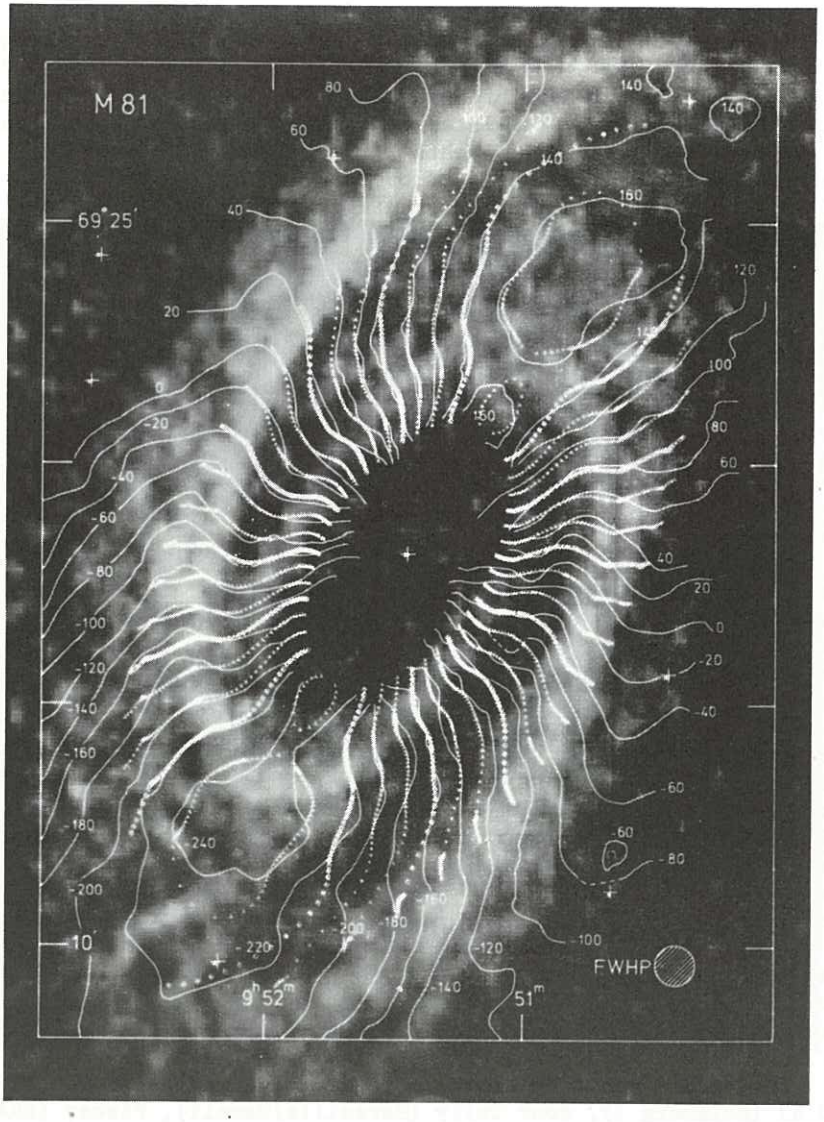
De radiogegevens van de stelsels worden aangevuld met optische waarnemingen, nl. oppervlakte fotometrie in de buitendelen ter vergelijking met de waterstof- en totale massaverdelingen en spectroscopie van de binnendelen om de rotatiekrommen aan te vullen. Van der Kruit en Bosma namen daartoe diepe platen op van o.a. NGC 5055, 2841, 4565, 4244 en 5907 met de 48 inch Schmidt telescoop te Palomar en deden spectroscopische waarnemingen van o.a. NGC 5055 en 5033 met de 200 inch telescoop als gastwaarnemers bij de Hale Observatories. Dit leverde goede rotatiekrommen en oriëntatieparameters voor de binnendelen van de laatste twee op. De parallelstudie van HI (Bosma, van der Hulst en Sullivan) en optische snelheden (van der Kruit) in NGC 4736 bleek vruchtbaar voor de bestudering van de bewegingen in de binnenring van HII-gebieden. De combinatie van gegevens toonde dat de afwijkende radiocontinuum structuur waarschijnlijk geassocieerd is met niet-cirkulaire bewegingen. De diepe platen worden gedigitaliseerd met de Astroscan te Leiden. Allen deed met Spinrad(Berkeley)een soortgelijk project aan NGC 891.

De waarnemingen van de balkspiraal NGC 5383 door Sancisi tonen afwijkingen van cirkelsnelheid. Sancisi vergelijkt deze met modellen van R.H. Sanders(Pittsburgh) voor ovale balkverstoringen, gemaakt toen Sanders enige weken in Groningen was (zomer '76).

Schwarz heeft zeven vroeg-type stelsels waargenomen en er drie gedetecteerd. In NGC 3718 zijn de profielen dubbel met een scheiding tot 150 km s^{-1} en er wordt getracht de twee componenten te scheiden en afzonderlijke intensiteits- en snelheidsverdelingen te construeren. De reduktie van NGC 6340 is bemoeilijkt door een verkeerde waarde voor de systeemsnelheid in de literatuur. NGC 7013 heeft een veel uitgebreidere waterstofverdeling dan het optisch beeld.

Het werk aan de nevel M81 nadert ook zijn afsluiting. Visser bracht de definitieve vervolmakingen aan zijn model toe (zie fig. 3.2.2).De rotatiekromme van Rots en Shane, gecorrigeerd voor stromingen in de verdichtingsgolf, blijkt een massamodel op te leveren, waarvan de schijfcomponent een exponentiële schijf is met dezelfde schaallengte als het optisch licht (dus M/L is constant). De gemeten snelheden, de vorm van het spiraalpatroon en de door Schweizer uit fotometrie afgeleide amplitude van de golf leiden tot een model met een patroonsnelheid van 18 km s^{-1} kpc^{-1}. Door de veelvuldige terugkoppeling op de waarnemingen is het aantal vrije parameters nu erg beperkt en het blijft toch mogelijk een volledig consistent model op basis van de dichtheidsgolventheorie te construeren.

De brug tussen M81 en NGC 3077 (van der Hulst) is verder bestudeerd door de 0 en 18 meter basislijn aan de synthese metingen



Figuur 3.2.2.

Model voor verdichtingsgolven in M81. Het onderliggende beeld is dat van de verdeling van neutrale waterstof en de dunne lijnen de gemeten snelheden. Het oplossend vermogen van de waarnemingen is ongeveer 1 boogminuut. De onderbroken lijnen, die geconstrueerd zijn uit symbolen, geven het voorspelde snelheidsveld aan, dat volgt uit het model. (Onderzoek van Visser)

toe te voegen uit waarnemingen met de 100 m Effelsberg (Duitsland) radiotelescoop (door Harten, Shane en Mebold). Berekening van de gevolgen van een nabije ontmoeting tussen M81 en NGC 3077 is gedaan met een "Toomre-procedure" en deze bevestigen, dat de brug door de gepostuleerde interactie kan zijn veroorzaakt, hoewel de massa van NGC 3077 slechts 1/10 van die van M81 is. De waargenomen snelheden komen goed overeen met die in het model. NGC 3077 beschrijft volgens berekeningen een parabolische baan met perigalacticon 25 kpc en passeerde dat ongeveer 6 x 10^8 jaar geleden. De overeenstemming versterkt het idee dat verschijnselen, die in termen van afmeting, waargenomen kolomdichtheid en snelheidsgedrag vergelijkbaar zijn (b.v. de Magelhaense stroom; NGC 4631/56) eveneens het gevolg zijn van getijdenwerking. De studie van NGC 4631 en de nabijliggende NGC 4656/57 door Sancisi, Weliachew en Guélin (laatsten Meudon) heeft de detectie van HI-bruggen en staarten bij deze stelsels opgeleverd (zie fig. 3.2.3).

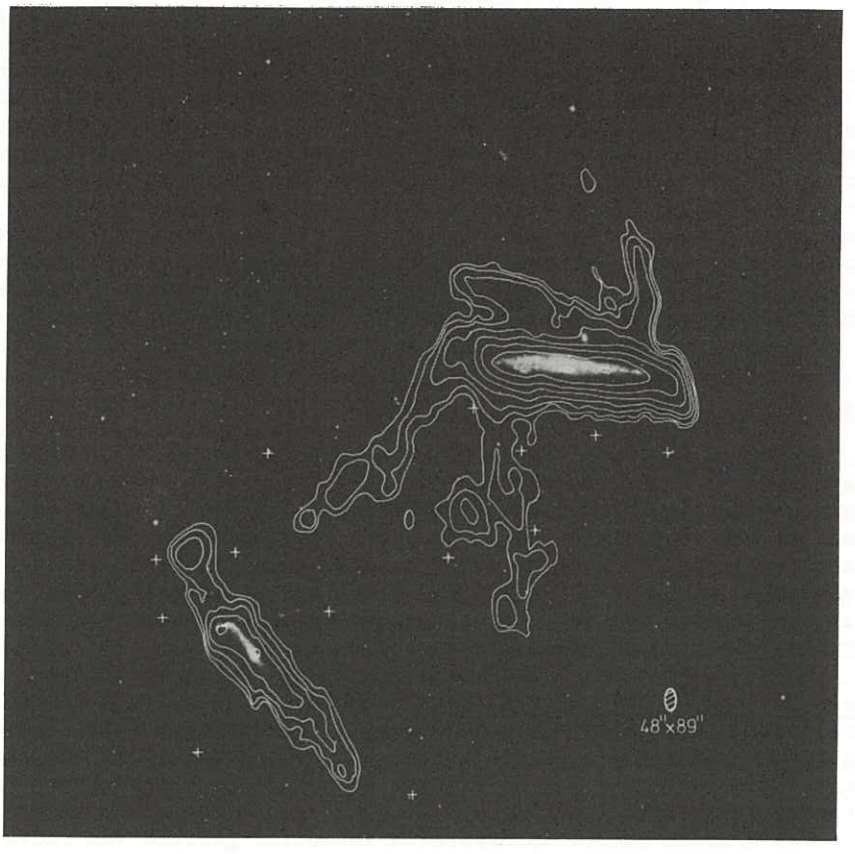
De HI-metingen van de Antenne's (NGC 4038/39) zijn door Van der Hulst naar een grotere bundel en filterbreedte geconvolueerd om de signaalruisverhouding te verbeteren. Ongeveer 40% van de waterstof bevindt zich in de optische staarten. Het ontbreken van HI vooral in het midden van de zuidelijke staart blijkt grotendeels een gevolg te zijn van het onvolledige uurhoekbereik in de waarnemingen (declinatie = -18^o). Het effect is geschat m.b.v. computersimulaties. Het snelheidsverloop langs de staarten is in goede overeenstemming met Toomre's modelberekeningen.

De verstoorde nevel NGC 3310 werd waargenomen door Shostak en van der Kruit. Het snelheidsveld is sterk verstoord en wordt vergeleken met van der Kruit's optische studie van het snelheidsveld in de binnendelen. Shostak deed in samenwerking met groepen aan M.I.T. en in Leiden verder waarnemingen van het Scd-stelsel NGC 6503, dat op 5 boogminuten ligt van een pas ontdekt BL Lac-achtig object. De waarnemingen kunnen wellicht als test fungeren voor een mogelijke associatie van sterrenstelsels en quasars/Lacertiden.

Van der Hulst en Huchtmeier (Hamburg) werkten aan metingen van de verstoorde begeleider NGC 5474 van M101. De HI-verdeling is symmetrisch en weinig verstoord. De positiehoek van de hoofdas van het snelheidsveld verandert met de afstand tot het centrum, wat wellicht op een verstoring van het vlak kan wijzen.

Een studie van twee kleine onregelmatige stelsels, DDO 125 en DDO 63 (Holmberg I), door Tully (Marseille/Hawaii), Fisher (NRAO), Bottinelli en Gouguenheim (Meudon), Sancisi en van Woerden werd gereedgemaakt voor publikatie. Beide stelsels roteren als een vast lichaam tot dicht bij de grens van het optisch zichtbare gedeelte; het waterstofgas strekt zich niet veel verder uit. In beide stelsels zijn de ongeordende bewegingen in het gas van dezelfde orde als de rotatie-snelheid; de drukterm in de bewegingsvergelijkingen is dus niet verwaarloosbaar. De massa's zijn van de orde van $5x10^8$ zonsmassa's.

De waarnemingen van Stephan's Quintet (Allen en Sullivan



Figuur 3.2.3.

Contourkaart van de waargenomen verdeling van neutrale waterstof in NGC 4631 (rechtsboven) en NGC 4656. De onderliggende foto is een diepe opname door Arp met de 48 inch Schmidt teleskoop te Palomar. De contouren behoren bij oppervlakte-dichtheden van 4, 8, 16, 32, 64, enz. x 10^{19} atomen per cm^2. (Onderzoek van Weliachew, Sancisi en Guélin)

(Seattle)) toonden aan, dat op de hoge snelheid (∿6500 km s^{-1}) de HI niet duidelijk is geassocieerd met de stelsels, maar verdeeld is over grote stukken ruimte erbuiten. Dit duidt op effecten van sterke interactie van de 4 stelsels op de hoge snelheid. Op de lage snelheid (~800 km s^{-1}) is de HI ordelijk verdeeld in NGC 7320 en vertoont het snelheidsveld geen aanwijzingen voor verstoring. Dit steunt de aanname, dat NGC 7320 slechts toevallig in dezelfde richting wordt gezien als de andere vier.

Van der Hulst, Bosma, Shostak en Kerstholt namen 69 stelsels waar met de Dwingeloo telescoop. De ruistemperatuur bleek helaas sterk frequentie afhankelijk. Van de 69 stelsels werden 36 niet gedetecteerd op een flux-limiet van ~80 mJy. Deze profielen en die van de Effelsberg 100 m telescoop zijn niet altijd in goede overeenstemming met die uit SRT metingen. De enkelvoudige telescoop metingen blijken niet altijd betrouwbaar. Het oplossen van het korte basislijnprobleem via CLEAN is daarom een goede methode en zeker net zo betrouwbaar als het gebruik van metingen met enkelvoudige telescopen. De resultaten van de Dwingeloo metingen dienen ook ter aanvulling van de N.R.A.O. metingen (U.S.A.) van Shostak van 150 late-type stelsels. Dit project behelst de bepaling van de verhouding waterstof tot optische schaallengte.

3.2.2.2. Overige extragalactische HI-studies.

De 21 cm absorptie op +8000 km s^{-1} in Perseus A (NGC 1275) is waargenomen door Ekers, van der Hulst en Miley (Leiden). De geabsorbeerde continuum component is niet opgelost (<6") en correspondeert met de positie van de kompakte continuumbron. Er is geen absorptie in de 30"-continuum-componenten en de 5'-halo. Er is een bovenlimiet van 9 x 10^9 $M_\odot$ aan HI in emissie op deze snelheid, maar deze limiet is niet laag genoeg om de mogelijkheid van absorptie in een voorgrond-stelsel uit te sluiten.

Shostak, Freeman en Huchtmeier (Hamburg) namen het "ringstelsel" Arp 143 (NGC 2444-5) waar en vonden zowel HI als continuum straling. De lijnemissie komt voornamelijk (maar niet uitsluitend) van het gebied met sterke ionisatie. Er wordt gewerkt aan een interpretatie in termen van de diverse bestaande hypothesen over het ontstaan van ringstelsels.

Van Woerden maakte in Australië intensief gebruik van radio- en optische telescopen voor onderzoek naar de globale eigenschappen van zuidelijke sterrenstelsels. Tezamen met Mebold, Goss en Mrs. Siegman ondernam hij een survey van neutraal waterstofgas in (vrijwel) alle niet-elliptische sterrenstelsels ten zuiden van -18° declinatie in De Vaucouleurs' Reference Catalogue. In 44 dagen waarnemen met de 64 meter telescoop te Parkes werd compleet materiaal verkregen voor ongeveer 360 stelsels, waarvan ongeveer 250 werden gedetecteerd. De waarnemingen leveren voor elk stelsel: systeemsnelheid, waterstofgasmassa M_H en totale massa M_t (uit profielbreedte en inclinatie); combinatie met optische gegevens (afmeting, helderheid L) levert fundamentele verhoudingsgetallen als M_H/L,

M_H/M_t en M_t/L. Kartering van het gas geeft voor stelsels met grotere hoekafmetingen de waterstofdiameter en rotatie as. De gevonden globale parameters zullen worden gecorreleerd met morphologisch type, lidmaatschap van groepen of clusters en dergelijke. Materiaal van deze omvang was tot voor 1975 zelfs op het noordelijk halfrond niet beschikbaar; te Parkes waren eerder slechts een tiental stelsels gemeten.

De bewerking van deze survey maakt snelle voortgang. Een verrassing was het voorkomen van grote hoeveelheden gas in lensvormige (ofwel: SO) stelsels, het overgangstype tussen elliptische en spiraalstelsels. Deze gasrijkdom blijkt ook bij onderzoek op platen, verkregen met de nieuwe Schmidt-telescoop op Siding Spring Mountain (Hawarden), niet gecorreleerd met morfologisch type. Naar andere verbanden wordt gezocht. Van Woerden hield voor de I.A.U. een overzichtsvoordracht over gas in elliptische en lensvormige stelsels: ook elders heeft men gas ontdekt in stelsels van deze typen.

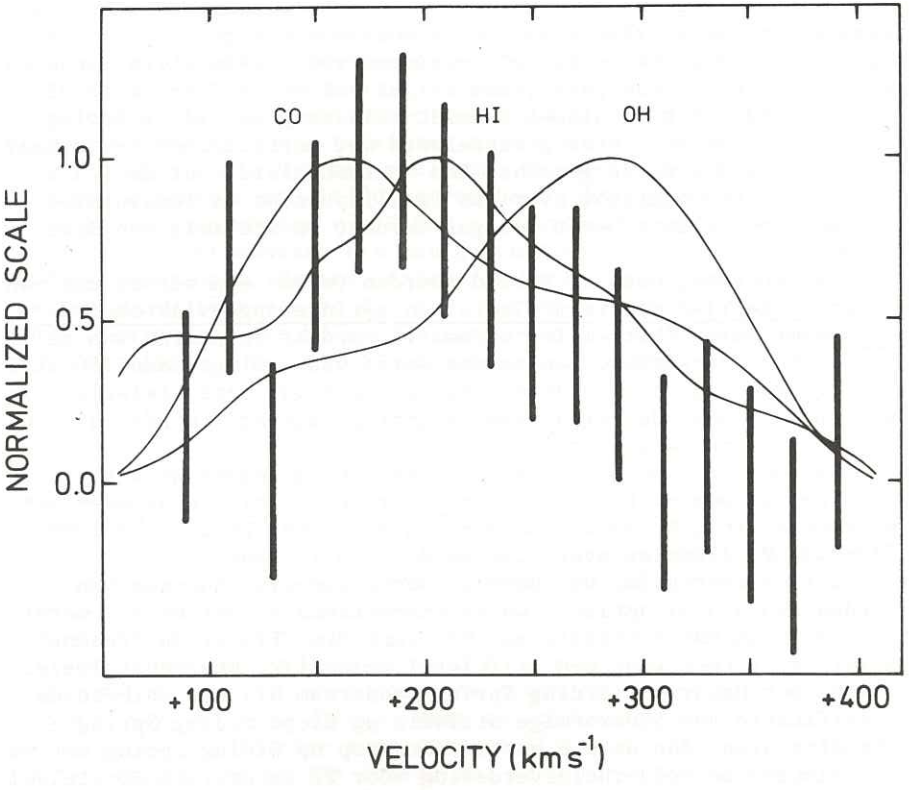
Van Woerden, Goss en Mebold voerden tevens een survey uit van gas in zuidelijke sterrenstelsels van geringe oppervlaktehelderheid, door Tully (Marseille en Hawaii) ontdekt op platen van de ESO (B) Schmidt-survey. Een eerste serie waarnemingen aan 160 stelsels leverde ongeveer 50 detecties op. Vele van deze stelsels zijn dwergen; ze bevinden zich vaak op geringe afstand (minder dan 40 Mpc) van ons melkwegstelsel.

Van Woerden, Goss en Mebold onderzochten tevens de waterstofstraling van een aantal bijzondere sterrenstelsels, waaronder dat in Circinus (bij 4^o galactische breedte) en het radiostelsel PKS 1718-649. Publikaties over deze beide zijn in druk.

Ter ondersteuning van bovengenoemde surveys ondernam Van Woerden een aantal optische waarneemprogramma's. Met de 1,9 meter telescoop van Mount Stromlo mat hij (met Mrs. Fisher en Freeman) radiële snelheden voor een vijftigtal zuidelijke sterrenstelsels. Tezamen met Hawarden (Siding Spring) ondernam hij een verbeterde classificatie van lensvormige stelsels op diepe Siding Spring Schmidt-platen. Aan de 0,6 meter telescoop op Siding Spring mat hij in 3 kleuren de helderheidsverdeling voor 22 zuidelijke SO-stelsels en (tezamen met Freeman en Da Costa) de helderheidsverdeling loodrecht op het equatorvlak in het grote onregelmatige stelsel NGC 55.

3.2.2.3. Recombinatielijnen.

Shaver heeft in samenwerking met Churchwell (Bonn) gezocht naar recombinatielijnen in M82. Waarnemingen met de WSRT hebben een detectie opgeleverd van de lijn H166α nabij 21 cm (zie fig. 3.2.4), de eerste detectie van een extragalactische radio-recombinatielijn. Dit wordt mogelijk gemaakt doordat de straling gestimuleerde emissie (versterking van de niet-thermische achtergrond) is; deze ontstaat waarschijnlijk in de reuzen HII-gebieden, die voor de kern liggen. Het profiel lijkt op dat van de CO-emissie en de HI-absorptie.



Figuur 3.2.4.

Het profiel van de waargenomen emissie in de recombinatielijn H166α van waterstof in het extragalactische stelsel M82. De vertikale lijnen geven de 2σ-grenzen aan van deze emissie. De profielen van CO in emissie en van HI en OH in absorptie genormaliseerd naar dezelfde piek zijn als dunne lijnen getrokken. (Onderzoek van Shaver, Churchwell en Rots)

3.2.2.4. Radio-continuumstraling van spiraalstelsels.

Een belangrijk deel van dit onderzoek concentreert zich op de verticale verdeling van het radio continuum in op hun kant waargenomen stelsels. De metingen van NGC 891 op de drie beschikbare frequenties (Allen, Baldwin (Cambridge) en Sancisi) zijn geanalyseerd en een publikatie voorbereid. De radiostraling is niet-thermisch en is te onderscheiden in twee componenten: een sterk afgeplatte schijf in het vlak van het stelsel en een "dikke schijf" met asverhouding 3,5/1. Op λ21 cm strekt de straling zich uit tot op z = 8 kpc boven het vlak. De spectraal index α is -0,65 in het vlak tot op 10 kpc van het centrum en blijft ongeveer -0,6 tot z ~ 2,5 kpc, waarna deze steiler wordt tot ongeveer -1 op z ≈ 4kpc. De metingen suggereren een magneetveld (equipartitie) van 10^{-5} Gauss in het vlak; als daar ook de electronen ontstaan, die dan energie via synchrotronstraling verliezen als ze naar grotere z stromen, volgt uit de verandering van spectraal index dat de electronen 4 x 10^7 jaar doorbrengen tussen z = 0 en z = 6 kpc en in de z-richting stromen met een snelheid van ongeveer 150 km s^{-1}.

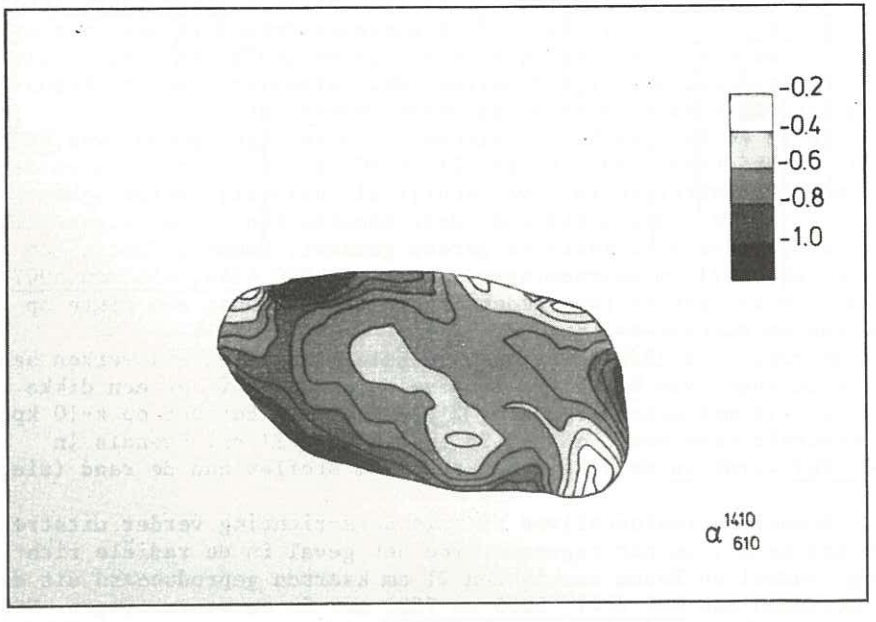
Allen heeft met Spinrad (Berkeley) optische oppervlakte fotometrie van NGC 891 verkregen. De kleurindex verandert niet tot op 4 kpc en de dikte van de optische schijf en de "dikke schijf" uit de radiowaarnemingen zijn dezelfde. Het belang voor de ontstaansplaatsen van kosmische straling wordt onderzocht.

Ekers en Sancisi hebben nieuwe 21 cm metingen gedaan van NGC 4631. De spectraal index tussen 21 en 50 cm neemt toe met z en de volume emissiviteiten in zowel schijf als halo zijn vergelijkbaar met die, zoals voorgesteld voor deze componenten in ons eigen melkwegstelsel. Een publikatie is gereed gemaakt. Hummel, Sancisi en Ekers hebben 21 cm waarnemingen gedaan van NGC 4244, 4565 en 5907 en alleen de laatste twee gedetecteerd. Deze hebben een dikte op 50% van de piekintensiteit van ~2 kpc.

Hummel en de Bruyn (Leiden, nu Hale Observatories) werken aan 21 cm metingen van NGC 3556. Behalve de kernbron is er een dikke radioschijf met assenverhouding 2 : 1 (laagste contour op z~10 kpc). De centrale bron heeft α = -0,25 tussen 6 en 21 cm. Evenals in NGC 5907 wordt in de schijf het spectrum steiler aan de rand (zie fig.3.2.5).

Hoewel de radioschijven zich in de z-richting verder uitstrekken dan de HI, is het tegengestelde het geval in de radiële richting. Hummel en Bosma combineren 21 cm kaarten geproduceerd uit de HI-metingen van NGC 2841, 5055 en 7331 met 50 cm waarnemingen. NGC 2841 heeft binnen de foutengrenzen op beide golflengten een exponentiële radioschijf met dezelfde schaalhoogte (dus α is constant), maar in NGC 7331 wordt het spectrum steiler met afstand van het centrum. In het centrale gebied van NGC 7331 is α ~ -0,4. Betere 50 cm waarnemingen worden gereduceerd.

Het naar buiten toe steiler worden van het spectrum in NGC 6946 (van der Kruit, Allen en Rots) is verklaard door een afnemende thermische bijdrage; de radiostraling correleert dan goed met het



Figuur 3.2.5.
Verdeling van spectrale index tussen 610 en 1410 MHz van NGC 3556. De grens van de kaart is die van de 5-mJy-per-bundel contour in de kaart op 1410 MHz nadat deze geconvolueerd is naar het oplossend vermogen van die op 610 MHz (ongeveer 1 boogminuut). (Onderzoek van Hummel en de Bruyn)

optisch licht. Dit suggereert, dat de bronnen van kosmische straling niet uitsluitend tot populatie I behoren. Een publikatie is gereed gekomen. Van der Kruit toonde aan, dat de metingen van Segalovitz (Leiden) van M51 tot dezelfde conclusies leiden als die van NGC 6946.

Schwarz vond in NGC 3718 behalve een centrale puntbron ook een uitgebreide component (op 21 cm), die niet correleert met het optisch beeld en met de verdeling van HI. Verder zijn NGC 3729 en één lid van VV 150 gedetecteerd.

Van der Kruit begon een programma op 6 cm om ongewoon heldere schijven te vinden en nam enkele van de stelsels waar, die Sramek in N.R.A.O. detecteerde en die kennelijk een hoge oppervlakte-helderheid hebben. Van de 4 waargenomen stelsels hebben twee heldere schijven (IC 750 met T_b ~ 1,1 K en NGC 6824 met ongeveer 0,3 K).

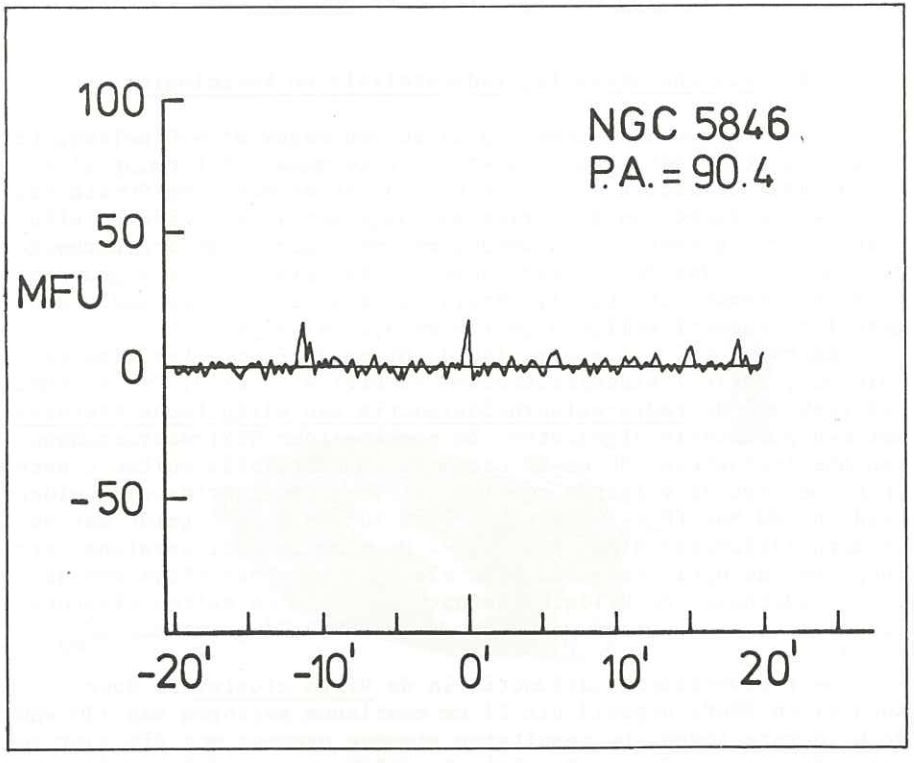
3.2.3. Elliptische stelsels, radiostelsels en kosmologie.

Hummel begon een survey op 21 cm van ongeveer 450 melkwegstelsels door korte metingen in Westerbork te maken. Dit omvat alle typen, maar de redukties van 1976 bevatten alleen E en SO-stelsels. De detectielimiet van de survey zal ongeveer 10 mJy zijn en elke detectie zal gecontroleerd worden met metingen in andere uurhoeken (zie fig. 3.2.6.). Van de 33 waargenomen E-stelsels zijn er 9 gedetecteerd (3 nieuwe detecties), terwijl voor SO en SO/a stelsels deze getallen respectievelijk 51,8 (5) en 9,5 (4) zijn.

Ekers, Perola, Auriemma (beide Milaan), Fanti, Lari (beide Bologna), Jaffe (Leiden/Princeton) en Ulrich (Austin, Texas) hebben het werk aan de radio-helderheidsfunctie van elliptische stelsels met een publikatie afgesloten. Ze combineerden WSRT-waarnemingen van Abell-clusters, 3C en B2 catalogi en E-stelsels buiten clusters en kwamen tot de volgende conclusies: Voor een intrinsieke helderheid op 408 MHz (P_{408}) tussen 10^{25} en $10^{26,5}$ W Hz^{-1} geldt dat de helderheidsfunctie $N(P_{408}) \propto P^{-1,3}$. De kans op radiostraling verloopt met de optische helderheid als $L_{opt}^{1,5}$, onafhankelijk van de radiohelderheid. De helderheidsfunctie binnen en buiten clusters is dezelfde en uitsluitend voor $P_{408} > 10^{25}$ W Hz^{-1} geldt dat $\langle M_{pg} \rangle = -20,3$.

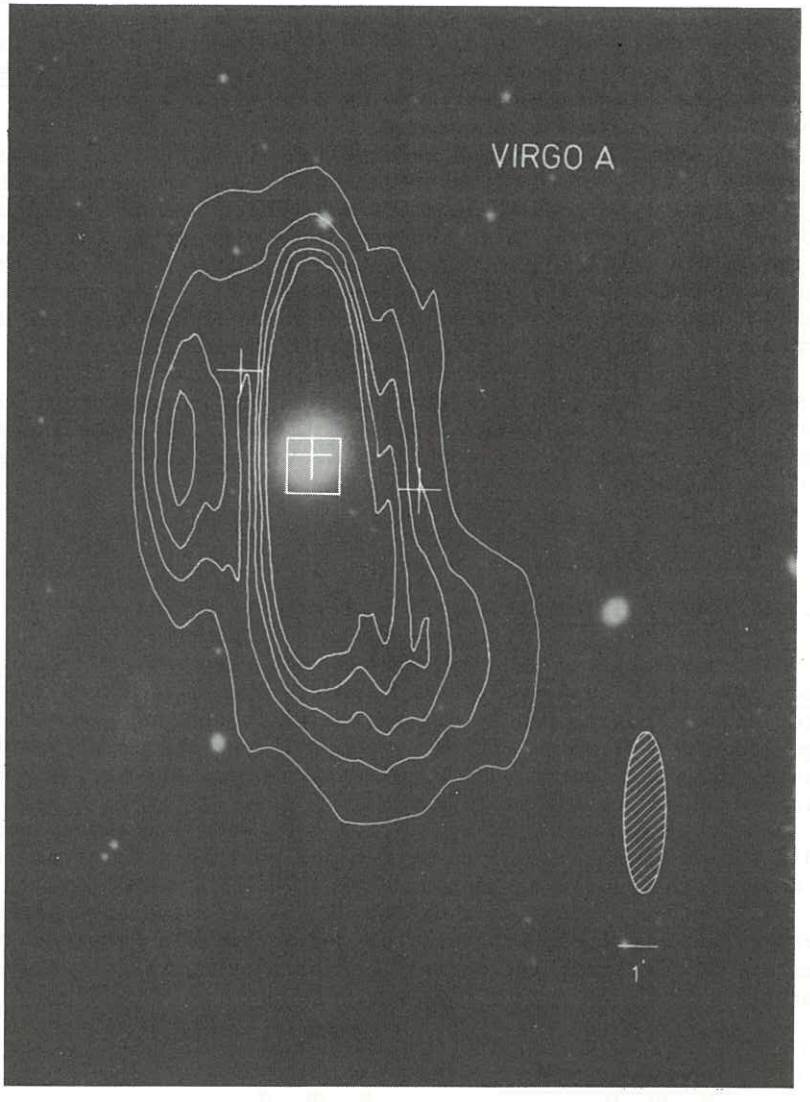
De radio-helderheidsfunctie in de Virgo cluster is door Kotanyi en Ekers bepaald uit 21 cm continuum metingen van 130 van de helderste leden. De resultaten stemmen overeen met die voor andere clusters (Jaffe en Perola), hoewel er een aanduiding is dat - in tegenstelling met hun conclusie - de spiraalnevels in de Coma cluster normaal zijn en die in de Hercules cluster te zwak.

Kotanyi en Miley vonden in Virgo A (M87), dat de zwakke halo-component op 50 cm in twee componenten oplost en doet denken aan de uitgebreide bron in Centaurus A. Het verschil is, dat het centrum van M87 (en de kompakte radiobron) niet op de lijn tussen de twee buitenste componenten ligt. Er kan sprake zijn van een staartbron met grote openingshoek of sterk verkort door projectie-effecten



Figuur 3.2.6.

Voorbeeld van een stripscan uit de survey van melkwegstelsels op 1415 MHz. De figuur toont de verdeling in positiehoek 90^{o} van het elliptische stelsel NGC 5846 in het centrum. Merk op, dat intensiteiten tot 5-10 mJy gedetekteerd kunnen worden en dat de survey aanmerkelijk dieper zal gaan dan de tot op heden beschikbare. (Onderzoek van Hummel)



Figuur 3.2.7.

De radiohalo van M87 (Virgo A) op 610 MHz is hier weergegeven op een reproduktie van de Palomar Sky Survey. De contour-stap is ,25 mJy per bundel vanaf 0,25 mJy per bundel met de binnen-contouren weggelaten. Het vierkant in het centrum geeft het gebied aan, dat door Turland met de 5 km teleskoop in Cambridge is bestudeerd op 2,7 en 5 GHz (Mon. Not. 170, 281, 1975). (Onderzoek van Kotanyi en Ekers)

(zie fig.3.2.7).

Ekers, Fanti, Lari, Parma (Groningen/Bologna) hebben nu kaarten op één of meer frequenties van 10 lage-helderheids radiostelsels, voornamelijk geselecteerd uit de B2-survey. De verdeling van de polarisatie wordt bestudeerd.

Ekers, Fanti, Lari (beide Bologna) en Ulrich (Texas) hebben een gedetailleerde studie gemaakt van twee staartbronnen in Zwicky clusters (zie fig. 3.2.8). Twee aspecten maken deze bronnen nogal belangrijk: (1) ze behoren niet tot een grote cluster en (2) ze blijken geen grote snelheid t.o.v. de cluster te hebben. Dit kan belangrijke condities opleggen aan de modellen en als de staarten inderdaad door omringend gas bijeengehouden worden suggereren deze waarnemingen hogere gasdichtheden zelfs in kleine clusters.

De variabiliteit in galactische kernen en quasars (Ekers, Miley (Leiden), Fanti en Lari (Bologna)) is nu onderzocht in 32 objecten (1 QSO, 10 radiostelsels, 13 E-stelsels, 2 spiraalnevels) en op 6 tijdstippen sinds december 1974. Variabiliteit is vastgesteld in 6 objecten.

3.2.4. Galactische studies.

3.2.4.1. 21 cm HI studies.

Het resultaat van de studie van de verdeling van HI-absorptie in het galactisch centrum is door Schwarz, Shaver en Ekers gepubliceerd. Na beschouwing van de diverse modellen voor de geometrie van de gebieden met HI en moleculen kiezen zij voor een model waarin materie, die in de buurt van de galactische kern stroomt, wordt geioniseerd op de positie van Sgr A West.

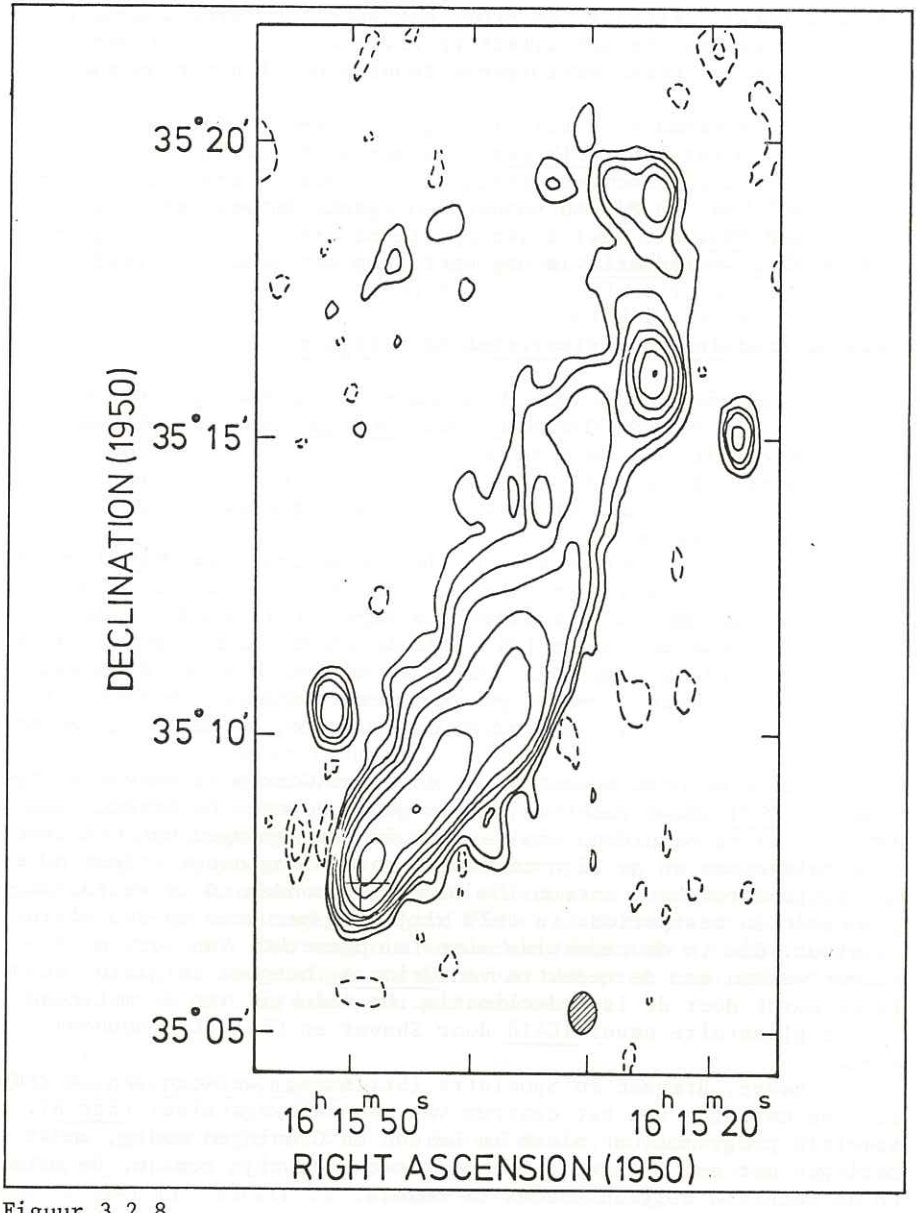
Sancisi begon met Goss (C.S.I.R.O.) en Winnberg (Bonn) een HI-studie van de globule L 134 en ze maakten gebruik van waarnemingen van de radiotelescopen te Bonn en Parkes.

Van Woerden schreef voor de IAU een overzichtsartikel over de interstellaire neutrale waterstof en redigeerde als President van Commissie 34 (Interstellar Matter) het driejarenverslag van die commissie.

3.2.4.2. Continuum studies.

Shaver en Weiler (Bologna/Bonn) sloten het onderzoek aan vier supernovaresten af met een publikatie. Alle vier bronnen hebben een schil-achtige structuur en steile spectra en lijken dus niet op de Krabnevel. Het probleem van de interpretatie van waarnemingen van schilbronnen met een elliptische bundel is reeds in het vorig jaarverslag vermeld. Van de mogelijk Krab-achtige Supernovarest G74.9+12 worden metingen op drie frequenties gereduceerd.

Het zoeken naar mogelijke variabiliteit in het centrum van ons melkwegstelsel (Sgr A) is voortgezet op een tijdschaal van ca. drie



Figuur 3.2.8.

Helderheidsverdeling bij 1,4 GHz van het staartstelsel B2 1615+35. Het kruis in de "kop" geeft de positie aan van het optische stelsel NGC 6109, dat gelegen is in een tamelijk arme Zwicky cluster van melkwegstelsels. De staart is ongeveer 770 kpc lang. (Onderzoek van Ekers, Fanti, Lari en Ulrich)

maanden, terwijl Ekers en de Bruyn een speciale serie waarnemingen hebben gedaan voor variabiliteit op korte tijdschaal (minder dan ongeveer 1 uur). Geen overtuigende resultaten zijn tot nu toe gevonden.

Ekers, Freeman en Harris (Dwingeloo) hebben waarnemingen gedaan op 21 cm van tien bolhopen, die met uitbarstingen in het Röntgen-gebied geassocieerd schijnen. Zij detecteerden de planetaire nevel K648 in M15 en vonden een zwakke dubbelbron in het centrum van M92, die veel lijkt op die behorend bij de Röntgenbron Sco-X1. De reduktie is nog niet compleet voor vijf velden.

3.2.4.3. Studies aan radio-recombinatielijnen.

De reduktie van de eind 1975 uitgevoerde metingen van de H109-α lijn in verschillende kompakte HII gebieden is na enkele moeilijkheden in het begin nu goed op gang. De emissielijn is slechts 3 tot 4% van het continuum en de reduktie is daardoor verre van triviaal en zelfs zeer kleine instrumentele fouten kunnen een grote invloed hebben.

Van Gorkom en Shaver reduceerden de metingen van K3-50 in het uitgebreide complex W58 en vonden de recombinatielijn in alle vier continuum componenten die Israel in zijn studie vond. In de helderste continuum component (A) is de lijn-continuum verhouding het laagst. De snelheid van component C is nu ook bepaald; deze komt overeen met die van de met C geassocieerde OH-maser en verschilt derhalve 10 km s^{-1} van de verdere moleculaire, atomaire en recombinatielijnen.

De lijn en continuumstraling door van Gorkom en Shaver waargenomen in DR21 komen ruimtelijk zeer goed overeen. De breedte van het profiel is beduidend smaller dan in waarnemingen met enkelvoudige telescopen en de lijn-continuum verhouding neemt enigszins toe met afstand tot het centrum. De rotatie gevonden in de waarnemingen gedurende de testperiode in 1973 blijkt te berusten op een kleine fasefout, die in de redukties niet is opgemerkt. Van Gorkom en Shaver werken aan de reduktie van Orion A, hetgeen enigszins bemoeilijkt wordt door de lage declinatie. De reduktie van de metingen van de planetaire nevel IC418 door Shaver en Césarsky (Meudon) vordert.

Schwarz, Bregman en Spoelstra (Stichting) werkten aan de reduktie van metingen van het centrum van ons melkwegstelsel (Sgr A). Speciale programmatuur bleek in Leiden en Groningen nodig, omdat de metingen met een frequentie-schakel techniek zijn gedaan. De methode en de reduktie blijken succes te hebben.

In het kader van Shaver's onderzoek naar de interstellaire ionisatiegraad deed hij met Pedlar en Davies (Manchester) waarnemingen in Jodrell Bank van de H352-α lijn en vond dat het lage-dichtheidsgas een hoge temperatuur moest hebben. Shaver zette zijn theoretisch onderzoek aan de interstellaire ionisatiegraad voort.

Shaver gebruikte de radiotelescoop te Parkes (Australië) om de

recombinatielijnen van koolstof en zwavel bij 6 en 21 cm in donkere wolken te vinden. Dit project heeft o.a. tot een gedetailleerde studie van de Ophiuchus-wolk geleid en zal in samenwerking met van Gorkom, Danks en Goss met 2-20μ infrarood waarnemingen worden aangevuld.

3.2.5. Overige waarnemingen.

Op grond van de vergelijking van de calibraties op 21 cm van 3C147 en 3C309.1 werd vermoed, dat er een HI-wolk van kleine afmeting bij lage snelheden in het veld van 3C147 te vinden is. Metingen door Schwarz laten inderdaad zien, dat zo'n wolk bestaat met een piek-intensiteit van 3,6 K. De bandbreedte (van 27 km s^{-1}) kan het profiel echter aanzienlijk versmeerd hebben. Het dynamisch bereik van de metingen bleek overigens ongeveer 30 db te zijn.

3.2.6. Overige onderwerpen.

3.2.6.1. Software ontwikkeling.

Het PDP-pakket voor reduktie kan door de beperkte omvang van core en schijf niet verder worden uitgebreid. Het CDC-pakket is uitgebreid met enkele plot- en analyseroutines en de mogelijkheid om banden vanuit Leiden rechtstreeks in de CDC te lezen is geïmplementeerd. Verder is er eenheid geschapen in de grote verscheidenheid van bestaande programma's.

Een nieuw pakket voor toekomstige reduktie is door Terlouw en Ekers gedefinieerd en de basisstructuur werkt nu op de CDC, zij het zonder enige display-mogelijkheden. Aan de astronomische programma's wordt nog gewerkt. De reduktieroutine voor één-dimensionale kaarten en de Fourier transformatie daarvoor zijn reeds in het nieuwe STER-pakket ingepast door Hummel en Kotanyi en worden op grote schaal gebruikt voor de verwerking van korte waarnemingen. Bij al deze ontwikkelingen is hulp van een part-time kracht op kosten van de Stichting goed van pas gekomen.

3.2.6.2. Display-systemen.

Allen heeft in de V.S. 13 bezoeken aan 5 instituten en 5 maatschappijen, die electronische apparatuur leveren, gemaakt om informatie over de laatste technieken en ontwikkelingen te verzamelen. Deze informatie moet nu bekeken worden om tot een optimale definitie van hardware te komen voor een systeem voor reduktie en analyse van radio- en optische gegevens.

Tevens heeft Allen een geavanceerd systeem van de Engineering en Computer Sciences department in Berkeley gebruikt voor interactive image-processing. HI structuren in de Westerbork M101-metingen

zijn in de zwakke buitendelen zichtbaar gemaakt door constructie van een "televisie-filmpje". Deze methode lijkt veelbelovend, ook voor het simpele vastleggen op fotografische wijze van de kanaalkaarten.

Een aanvraag voor een geavanceerd display systeem (beeldverwerkings terminal) is inmiddels gedaan bij de universiteit te Groningen.

3.2.6.3. Theoretisch onderzoek aan de CLEAN methode.

Schwarz rondde dit onderzoek af met het voltooien van twee manuscripten voor publikatie. Hij beschrijft de eerder vermelde aanpassingen van de methoden zoals de zgn. "window-clean" en clean met een infinitesimaal kleine "loop gain" (POLISH). CLEAN is een kleinste-kwadraten fit van sinus-functies aan de visibility-functie. Een criterium voor de correcte keuze van clean-bundels is nu gegeven.

3.3. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Leiden.

Redaktie: H. van der Laan.

3.3.1. Inleiding.

Vrijwel alle onderzoek op de Sterrewacht te Leiden wordt uiteindelijk verantwoord in de internationale vakliteratuur. Tegelijkertijd verschijnt een flinke fractie van de onderzoeksresultaten ook in proefschriftvorm. Het voordeel daarvan is dat meerdere manjaren werk samenhangend, en ook uitvoeriger dan de tijdschriftregels toelaten, worden gepresenteerd. In dit verslagjaar werd een drietal grote onderzoekprogramma's te Leiden bekroond met de doctorstitel op grond van de volgende dissertaties:
"Radio investigations of active spiral and Seyfert galaxies" door A.G. de Bruyn verdedigd op 24 maart 1976;
"Investigations of normal spirals: M 51 and M 82" door A. Segalovitz verdedigd op 22 september 1976;
"Radio investigations of galactic and extragalactic H II regions" door F.P. Israel verdedigd op 29 september 1976.

Tesamen vormen deze werkstukken een belangrijk deel van de astronomische vooruitgang die tot dusver met de Westerbork SRT geboekt is. Over deze inspanning wordt in dit verslag gedeelte uiteraard zeer summier gerapporteerd. De proefschriften zijn voor belangstellenden ter inzage beschikbaar. Inmiddels werkt Dr. de Bruyn als Carnegie Fellow aan de Hale Observatories in California, is Dr. Segalovitz als post-doctoral fellow aangesteld bij de Kitt Peak National Observatory te Tucson, Arizona en begon Dr. Israel een soortgelijke functie aan het California Institute of Technology te Pasadena.

Veel van het Leidse werk heeft nu het stadium bereikt dat de capaciteiten van de *uitgebouwde* SRT vergt om verder te komen. Dit geldt zowel voor het waterstoflijnwerk dat na de exploratie met het voorlopige ontvangersysteem nu schreeuwt om met de 5120 kanalenontvanger echt goed te worden aangepakt, als ook voor het continuüm onderzoek dat dringend verlegen zit om de grotere λ 6 cm gevoeligheid die in de tweede helft van 1977 zal worden verkregen.

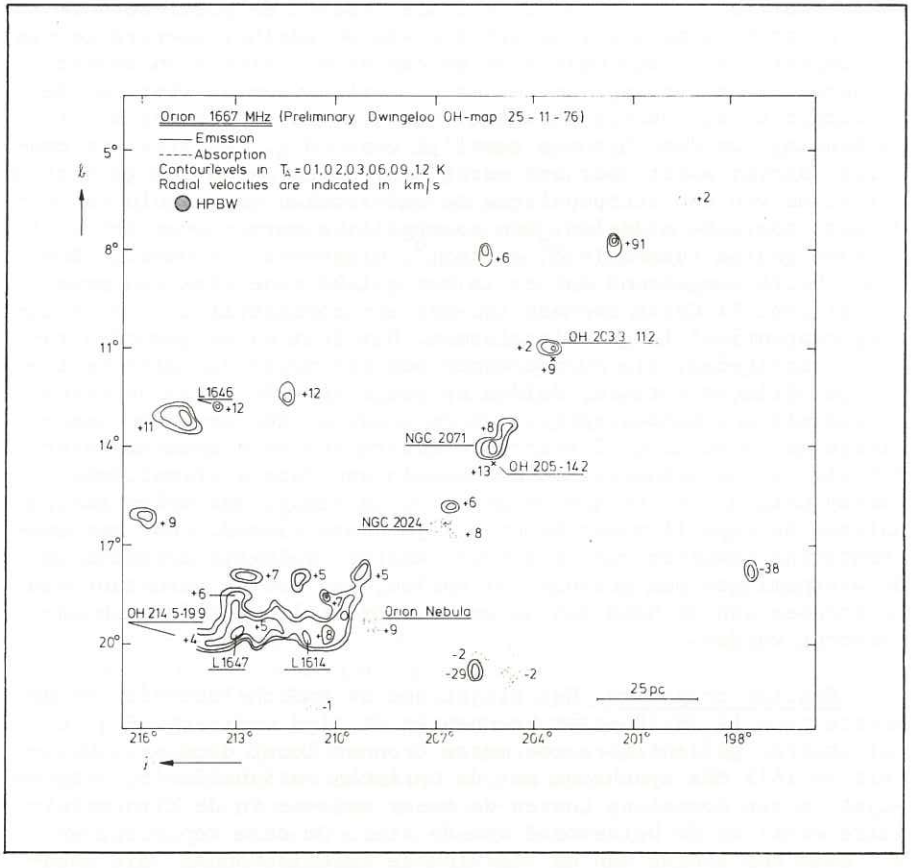
Ik dank de fotografen en vele wetenschappelijk medewerkers voor hun bijdrage aan dit verslag.

3.3.2. Onderzoek te Leiden met de Dwingeloo radioteleskoop in 1976.

1665/1667 MHz piloot-survey.

Deze piloot-survey, die in oktober van 1975 was gestart door Baud en Habing (Leiden), Winnberg (Bonn) en Matthews (München) werd in februari stopgezet. De belangrijkste ontdekking was het bestaan van grote OH wolken in Orion en het Perseus gebied. Deze molekulaire wolken, waarin sterren gevormd kunnen worden, zijn geassocieerd met HII gebieden en blijken zich uit te strekken over zeer grote afstanden. De OH wolk in Orion (zie figuur 1) is zeer langgerekt, met een lengte van minstens 50 pc, terwijl het geassocieerde HII gebied een diameter van ongeveer 10 pc heeft. Naburige OH wolken wijzen op een stervormingsproces, dat zich over 100 pc uitstrekt. Deze grote OH wolk is niet geassocieerd met duidelijk zichtbare extinktie. OH emissie op veel kleinere schaal was reeds eerder gedetekteerd op sommige plaatsen in de wolk in de richting van kleine donkere wolken. De kartering van het gebied op grote schaal heeft echter aangetoond dat deze donkere wolken verdichtingen zijn in een veel grotere molekulaire wolk. Molekulaire wolken werden tot voor kort voornamelijk bestudeerd aan de hand van CO emissie op mm golflengten. De zeer kleine bundel (~3') van de meeste mm telescopen maakte een studie van grote molekulaire wolken onmogelijk,zodat men zich vooral concentreerde op emissie rondom H II gebieden op eenschaal van ongeveer 10 pc. Hierdoor bleef het bestaan van grotere molekulaire wolken onbekend. De 1665/1667 MHz piloot-survey heeft aangetoond, dat de DRT met haar veel grotere bundel (30') zeer geschikt is voor het ontdekken van nabije, grote molekulaire wolken en dat het stervormingsproces dat geassocieerd is met deze wolken, op een schaal van 50 pc tot 100 pc bestudeerd kan worden.

1612 MHz survey. In juli werd door Baud en Habing (Leiden), Winnberg(Bonn) en Matthews (München) begonnen met een survey op 1612 MHz langs het galactische vlak tussen galactische lengte 10^{o} en 90^{o} en tussen galaktische breedte $-4^{o}.2$ en $+4^{o}.2$. De nadruk ligt op de detektie van type II OH/IR bronnen. Dit zijn OH lijnemissie bronnen, die geassocieerd zijn met M type reuzen, supereuzen en Mira variabelen, veelal oudere (populatie II) objekten. De sterkte van de lijnemissie, en de geringe afmetingen van de bronnen zijn een aanwijzing voor maser emissie. Deze maser emissie ontstaat in de circumstellaire schil, die een afmeting van $\sim 10^{17}$ cm heeft, ongeveer 100 x de diameter van de geassocieerde ster. Het profiel van de lijnemissie heeft een dubbele struktuur met een snelheidsseparatie van de beide komponenten van 20-40 km/s. Deze dubbele structuur duidt op expansie van de circumstellaire schil in radiële richting van de ster, waarbij de geometrie



Figuur 1.

Een kant van het gebied rondom de Orionnevel in de 1667 MHz OH lijn, waargenomen in de winter 1975/76 met de Dwingeloo telescoop. De begrenzing van het waargenomen gebied ligt net buiten het kader, behalve bij de positie van OH 214.5-19.9 waar de afgebroken contouren de begrenzing aanduiden. De gebieden, die van een naam zijn voorzien, waren reeds eerder bekend. De meeste OH straling ontstaat in molekulaire wolken, die vaak de geboorteplaatsen van jonge, massieve sterren zijn. De Orionnevel zelf is hiervan een goed voorbeeld. Duidelijk is te zien, dat reeds eerder bekende donkere molekulaire wolken zoals L 1647 en L 1614 slechts verdichtingen zijn in een tot nu toe onbekend gebleven groot wolkencomplex, dat zich evenwijdig aan het galaktische vlak uitstrekt van de Orionnevel tot voorbij de grens van het waargenomen gebied.

en de radiële snelheid van de emissie tesamen de precieze vorm van het profiel bepalen. De grootte van de snelheidsseparatie van de komponenten is een maat voor de expansie snelheid en levert zodoende een schatting van het massa verlies van de ster op. De karakteristieke dubbele struktuur van het emissieprofiel maakt herkenning van deze bronnen tamelijk eenvoudig. Met deze systematische survey wordt voor het eerst een poging gedaan om galaktische struktuur van een sterpopulatie te onderzoeken met behulp van radioastronomische middelen. Een soortgelijke survey over een veel kleiner gebied tussen $l=18^{o}$ en $l=51^{o}$, uitgevoerd in Onsala (Zweden), heeft aangetoond dat er in het galaktische vlak een groot aantal type II OH/IR bronnen is, met een concentratie in de richting tangentieel langs spiraalarmen. Dit feit en de gevonden radiële snelheden, die overeenkomen met het model van differentiële galaktische rotatie, duiden op jonge (populatie I) objekten. De radiële snelheidsdispersie en de reeds eerder gevonden associatie met populatie II sterren ondersteunen deze gedachte niet. Het ligt in de bedoeling om met behulp van deze systematische survey uitsluitsel te kunnen geven op de vraag, met welke sterpopulatie de type II maser bronnen zijn geassocieerd. Door het systematische karakter van de survey, waarbij selektie effekten in de waarnemingen een geringe rol spelen, kan ook de struktuur van de bronnen aan de hand van de emissie-profielen statistisch onderzocht worden.

Monitor programma. Het blijkt dat de radiohelderheid van de meeste type II OH/IR maser bronnen in de tijd varieert. Bij de met sterren geïdentificeerde maser bronnen loopt deze variabiliteit op 1612 MHz synchroon met de optische variabiliteit, hetgeen wijst op een koppeling tussen de maser emissie in de circumstellaire schil en de helderheid van de ster. Om deze koppeling en met name het gedrag van de individuele emissiebronnen, die gezamenlijk het profiel vormen, nader te bestuderen, is door bovengenoemde personen een begin gemaakt met een monitor programma op 1612 MHz. De helderheid van 12 type II OH/IR masers wordt iedere 50 dagen gemeten met een groot oplossend vermogen (~0.2 km/s). Het is de bedoeling dat deze metingen volgend jaar zullen worden aangevuld met IR metingen, in samenwerking met Pel (Heidelberg) en Schultz (Bonn). Hiermede kan men meer te weten komen over het maser mechanisme en de rol die het stof in de circumstellaire schil hierbij speelt.

3.3.3. Galaktisch onderzoek met de Westerbork SRT.

H II gebieden.

Israel besloot zijn grote karteringsprogramma van H II gebieden en vatte de resultaten samen in zijn proefschrift getiteld "Radio Investigations of Galactic and Extragalactic H II regions".

Enkele hoofdstukken,betreffende 6 en 21 cm waarnemingen van H II gebieden in de richting van het galaktisch anticentrum, 6 cm waarnemingen van het reeds eerder op 21 cm waargenomen Perseusgebied en waarnemingen van enkele geïsoleerde H II gebieden zullen in de loop van 1977 gepubliceerd worden. Zijn uitgebreid onderzoek aan W 58 op 50, 21 en 6 cm wordt dit jaar gepubliceerd. Het karteringsprogramma wordt door Blair (Dwingeloo) en Van den Bout (Texas, te gast in Leiden) voortgezet.

W 58 is een sterke radiobron en blijkt een gebied te zijn, dat H II gebieden in verschillende stadia van hun evolutie bevat. De waarnemingen tonen zowel diffuse als zeer kompakte strukturen aan en alle gradaties daar tussenin. Het onderzoek op 6 en 21 cm in de richting van het anticentrum was gekoncentreerd op de Sharpless gebieden S254, S258, S266, S269, S271 en S272. Dit zijn kleine, zichtbare H II gebieden, waarvan de radiostruktuur vaak een veel grotere gelijkenis vertoont met de optische struktuur dan bij de reusachtige H II gebieden. Deze laatste zijn veelal gedeeltelijk verduisterd door geassocieerde donkere wolken. Uit deze waarnemingen bleek, dat de massa van de exciterende ster in ieder gebied minstens een faktor 10 groter is dan die van het geioniseerde gas eromheen. In drie gebieden, S256, S266 en S271, blijkt de centrale exciterende ster zich te bevinden in een gebied van relatief lage radiohelderheid.

De 6 cm waarnemingen van het Perseus gebied rondom l= 111° bleken eerdere waarnemingen op 21 cm te bevestigen; de gebieden S156, S157, S158 en S159 bevatten inderdaad kompakte komponenten met zeer grote dichtheid. De gebieden S156 en S158 lijken in struktuur waarschijnlijk sterk op de Orion nevel. Naar aanleiding van deze resultaten kreeg Israel van Thaddeus (New York) de gelegenheid om CO waarnemingen te verrichten aan enkele van de bovenstaande H II gebieden m.b.v. de mm teleskoop in Texas. CO is zeer abundant in donkere wolken, waarin het gas vnl. in molekulaire vorm aanwezig is. Stervormingsgebieden zijn meestal geassocieerd met deze wolken van koude materie, waaruit zich weer nieuwe sterren kunnen vormen. Alle onderzochte H II gebieden blijken geassocieerd te zijn met veel grotere CO wolken en bevinden zich veelal aan de rand hiervan. De fysische struktuur en geometrie van H II gebieden ten opzichte van de geassocieerde wolken lijken het best te kunnen worden beschreven als "brandblaren" op de huid van deze donkere molekulaire wolken. De brandblaren ontstaan door inwerking van de ultraviolette straling van hete sterren, welke aan de rand van deze wolken gevormd zijn, op die wolken. In de loop van de tijd wordt de aangetaste plek (het ionisatiefront) steeds groter, baant zich steeds dieper een weg in de wolk, en stroomt steeds meer materie van de wolk in nu geioniseerde toestand de ruimte in. Dit proces eindigt slechts, wanneer de exciterende ster aan het eind van zijn leven zijn kracht verliest of wanneer de molekulaire wolk geheel verteerd is. Het werk van Harten aan grote H II complexen wordt vermeld in onderdeel 3.1 bij het verslag van astronomisch onderzoek door de stichtingsstaf.

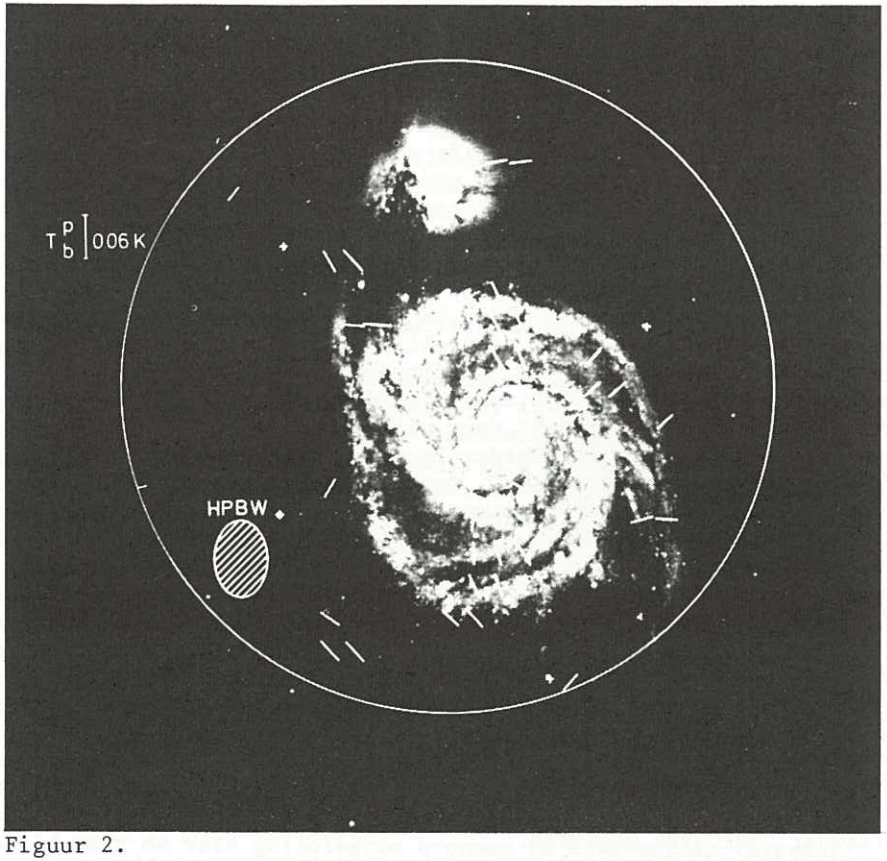
Planetaire nevels in de buurt van het Melkwegcentrum.

Met het doel de ruimtelijke verdeling van planetaire nevels in de buurt van het Melkwegcentrum te bestuderen, is door Wouterloot (samen met de Bruyn, Dekker, Habing en Oort) op 21 cm een aantal velden waargenomen met afstanden 0,7, 1,5, 3,9 en 5,8 graden tot het centrum. Het idee was om te kijken of de oppervlaktedichtheid van puntbronnen (waarschijnlijk planetaire nevels) toeneemt. Uit deze eventuele toename zou tenslotte informatie over de massaverdeling in de buurt van het centrum gehaald kunnen worden. De velden werden ook zo gekozen dat ze een groot aantal (26) optisch bekende planetaire nevels bevatten . De flux dichtheidsverdeling van deze planetaire nevels kan dan vergeleken worden met een theoretische verdeling, aangenomen dat al deze nevels in de buurt van het Melkwegcentrum staan. Er blijkt een toename van de oppervlakte dichtheid van puntbronnen naar het centrum toe te bestaan, maar niet zo sterk als uit berekeningen van Oort volgt. Dit zou kunnen komen doordat de snelheidsdispersie van planetaire nevels groter is dan tot nu toe aangenomen werd. Van de 26 optisch bekende planetaire nevels in de waargenomen gebieden werden er 14 gedetekteerd. Om er zeker van te zijn, dat de gedetekteerde bronnen geen niet-thermische achtergrond bronnen zijn, werden ook enkele velden op 6 cm waargenomen. Deze velden tonen veel komplexe gebieden, zodat weinig informatie over de puntbronnen kan worden verkregen. In twee van de velden werden uitgestrekte bronnen, die eerder op 3 cm in Bonn waargenomen waren, opgelost in vele kleine bronnen. Aan de interpretatie van een en ander wordt gewerkt.

Röntgensterren. L.L.E. Braes en G.K. Miley verrichtten nieuwe 21 cm continuum waarnemingen van de röntgensterren Sco X-1 en Cyg X-1. Een eerste, in Nature gepubliceerd resultaat van deze metingen is, dat Cyg X-1 in 1976 voor het eerst sinds zijn detectie met de WSRT in 1971, weer een plotselinge toename van radiostraling vertoonde, gepaard gaande met een afname van röntgenstraling. Het belang van deze metingen ligt in het feit dat Cyg X-1 waarschijnlijk een zwart gat herbergt en er grote behoefte bestaat aan informatie omtrent de omgevingsprocessen over een groot spectraal bereik.

Radiostraling van AGK2 sterren. Israel en De Ruiter gaan na of er AGK2 sterren zijn, die detecteerbare radiostraling vertonen. De positie van AGK2 sterren is nauwkeurig bekend, zodat statistiek van de ruis op die plaatsen een aanwijzing kan geven over het al dan niet aanwezig zijn van radio-sterren. Het aantal bestaande, op 21 cm waargenomen, Westerbork velden is nu zo groot dat enige duizenden AGK2 sterren voor dit onderzoek kunnen worden gebruikt.

Nova Cygni. In september 1975 werd optisch een nova ontdekt in het sterrebeeld Cygnus. Nova's zijn sterren in een laat stadium van evolutie en vertonen explosieve verschijnselen. Bij zo'n explosie wordt een gedeelte van de buitenste lagen van de steratmosfeer afgestoten, wat gepaard gaat met een sterke helderheidstoename van het objekt. De hete gasschil expandeert in de ruimte en zal na enige tijd ook zichtbaar zijn als radiobron. Waarnemingen van Israel aan de Nova Cygni toonden inderdaad zwakke radiostraling aan op 6 cm, enkele weken na de uitbarsting. Het verloop van de radiohelderheid in de tijd is een aanduiding van de fysische parameters van de hete gasschil en de kracht van de explosie. De nova wordt voorlopig maandelijks waargenomen. De resultaten worden uitgewerkt door Spoelstra.



Figuur 2.

Polarisatie van de 6-cm continuumstraling in M51. De streepjes geven de polarisatie-temperatuur (T_b^P) en de richting van de E vector aan, op alle plaatsen waar het waargenomen polarisatie signaal minstens 2.5 maal de ruis bedraagt, Het effectieve oplossend vermogen wordt door de ellips (HPBW) aangegeven.

3.3.4. Continuumonderzoek aan nabije melkwegstelsels.

Dit jaar is een aantal projecten op dit gebied afgesloten. De resultaten van deze projecten zijn gepubliceerd in de proefschriften van A.G. de Bruyn, A. Segalovitz en F.P. Israel, en deels ook in Astronomy and Astrophysics.

In het proefschrift van A.G. de Bruyn wordt verslag gedaan van zijn onderzoekingen aan een vrij groot aantal actieve melkwegstelsels. Voor de gedetailleerde analyse wordt de lezer daarnaar verwezen.

a) NGC 4736 (M94) is een betrekkelijk nabij gelegen melkwegstelsel waarin een ring van heldere H II gebieden opvalt. Het stelsel is op 6, 21 en 49 cm met de WSRT bestudeerd. In de hele schijf wordt sterke emissie gevonden, geconcentreerd naar het centrum. Verder zijn er twee pieken die op de ring van H II gebieden liggen.

b) NGC 4631 en NGC 3556. Beide stelsels worden ongeveer "van opzij" gezien. Waarnemingen zijn gedaan op 6 cm golflengte. Zij laten in beide stelsels in de centrale delen tamelijk sterke radio-emissie zien. De radio-emissie in deze beide stelsels en in NGC 4736 kan het gevolg zijn van activiteit in de kern, maar deze verklaring is niet strikt noodzakelijk.

c) NGC 4258 (M106), NGC 2146, NGC 3079. Deze drie stelsels tonen verschijnselen die waarschijnlijk duiden op een eruptieve kern. In NGC 2146 en NGC 3079 uit dit zich in een zeer sterke continuümbron in de kern met tamelijk korte vleugels die waarschijnlijk worden veroorzaakt door uitgestoten gas. NGC 4258 is op 6 en 49 cm waargenomen. Verder is gebruik gemaakt van de oude 21 cm continuümgegevens van P.C. van der Kruit. Aan NGC 4258 zijn nieuwe 21 cm continuümwaarnemingen gedaan door G.D. van Albada. Hierdoor is nu totaal 4 x 12 uur met het nieuwe systeem aan deze metingen besteed. De vrij zwakke polarisatie -intensiteit aan het einde van de anomale armen is hiermee bevestigd. Gezien de geringe helderheid van de armen op deze positie duidt dit op een hoge polarisatiegraad en dus een sterk geordend magneetveld. De normale buitenarmen van het stelsel blijven onzichtbaar, wat het door A.G. de Bruyn gevonden zeer steile spectrum voor die armen bevestigt. NGC 2146 werd op 6 en 21 cm waargenomen evenals NGC 3079. Voor alle drie de stelsels zijn o.a. spectrale indices bepaald. Hieruit kon een schatting van de ouderdom van de activiteit worden gehaald die in redelijke overeenstemming lijkt met andere, weliswaar indirecte, gegevens.

d) Kernen van NGC 3031 en NGC 4594 (M 81 resp. M 104). Deze beide stelsels hebben vrij heldere, uiterst compacte radiobronnen in de kern. Beide stelsels zijn met een aantal telescopen op verschillende dagen en verschillende frequenties waargenomen. Hier-

uit zijn gegevens verkregen over spectrum en variabiliteit. Een model voor het stralingsmechanisme is opgesteld. Dit onderzoek werd gedaan in samenwerking met P.L. Crane, R.M. Price (M.I.T.) en J.B. Carbon (Maryland).

Verder bevat het proefschrift resultaten van een survey aan Seyfert melkwegstelsels, een vergelijkend onderzoek naar de activiteit van de kernen van een aantal spiraalnevels en een modelberekening voor de spectra van inhomogene, geabsorbeerde continuümbronnen. Het werk aan Seyfert stelsels van de Bruyn en Wilson wordt voortgezet door Meurs. Er wordt een aantal nieuwe waarnemingen gedaan.

Het proefschrift van A. Segalovitz bevat uitgebreide continuümmetingen aan NGC 5194 (M 51) en NGC 3031 (M 81).

a) M 51. Dit stelsel is op 6,21 en 50 cm waargenomen. Verschillende modellen voor de diffusie van relativistische electronen en het gedrag van het magneetveld in het stelsel zijn opgesteld om te trachten de spectrale-index verdeling te verklaren. Hieruit kan een inzicht worden verkregen in de bijdrage die in de verschillende delen van het stelsel wordt geleverd aan de productie van relativistische electronen. Segalovitz, Shane en de Bruyn (Nature 264, 222, 1976) hebben voor het eerst betrouwbare metingen gedaan van gepolariseerde radio continuüm straling in de nabije spiraalnevels. In M 51 is een gemiddelde polarisatie graad van 12 % gemeten. Dit impliceert dat 14 % van het magneetveld een voorkeursrichting vertoont, parallel aan de spiraalarmen (zie figuur 2).

b) M 81 is op 21 en 50 cm waargenomen. In M 81 is een ondergrens van 7 % polarisatie bepaald. Er is een vergelijking gemaakt tussen M 81 en M 51 waaruit de conclusie wordt getrokken dat de geringere helderheid van de schijf in M 81 waarschijnlijk samenhangt met een tragere sterformatie, waardoor minder supernovae en daardoor minder relativistische electronen worden geproduceerd. Dit lijkt in overeenstemming met de optische en de H I gegevens.

c) M 31. Dit stelsel is op 49 cm golflengte geheel met de WSRT waargenomen (Israel en de Bruyn). Een aantal voorlopige resultaten betreffende de polarisatie zijn reeds gepubliceerd (Segalovitz, Shane en de Bruyn). Er wordt hard gewerkt aan de productie van kaarten van de totale en van de gepolariseerde intensiteit (Roegholt, Bystedt). Twee velden in M 31 zijn door Shane op 21 cm continuüm waargenomen. Deze waarnemingen zijn ondertussen ook vrijwel geheel gereduceerd. In één veld blijkt de emissie sterk geconcentreerd te zijn in de buurt van het optisch helderste deel van een spiraalarm. Een nader onderzoek wordt ook ingesteld naar de vele geïsoleerde bronnen in deze velden (Bystedt).

In november 1976 is in Leiden een bijeenkomst gehouden van astronomen uit Leiden, Stockholm, Bonn en Jodrell Bank om toekomstig onderzoek in lijn en continuüm aan M 31 te coördineren.

Het proefschrift van F.P. Israel handelt vnl. over galactische doch ook over extragalactische H II gebieden. Hierin wordt een beschrijving gegeven van de H II gebieden in M 33 en M 101. Deze worden verder vergeleken met de H II gebieden in ons eigen melkwegstelsel en in de Maghelaanse wolken. Het blijkt dat de H II gebieden in M 33 goed vergelijkbaar zijn met die in de grote Maghelaanse wolk, terwijl in M 101 een groot aantal extreem grote en heldere H II gebieden voorkomen. Dit werk is gedaan in samenwerking met P.C. van der Kruit, W.N. Goss en R.J. Allen (Groningen).

3.3.5. Extragalaktisch onderzoek in de H I lijn.

Zoals in vorige jaren ligt de nadruk van dit onderzoek enerzijds bij vraagstukken over de dynamica en evolutie van spiraalnevels, waaronder ook de gevolgen van mogelijke explosies, anderzijds bij vraagstukken over het gedrag van het interstellaire medium onder de gegeven dynamische krachten en de processen van sterformatie. Belangrijke theoretische ontwikkelingen, mogelijk gemaakt door het toepassen van gasdynamica op problemen van spiraalstructuur, hebben vragen opgeworpen welke voor een deel beantwoord kunnen worden door middel van waarnemingen zoals deze. Het versterken van de theoretische groep in Leiden is hierbij een extra stimulans geweest. Op hun beurt hebben radiowaarnemingen van spiraalnevels nieuwe problemen aan de orde gesteld die aanleiding zijn geweest tot het entameren van een programma van oppervlaktefotometrie van spiraalnevels.

Gezien de begin 1977 te verwachten ingebruikneming van de nieuwe 5120 kanaals lijnontvanger op de WSRT, zijn in deze verslagperiode vrijwel geen nieuwe waarnemingen gedaan. Eerder is een poging gedaan om voor zover mogelijk de reductie en analyse van bestaande waarnemingen te voltooien. Het gereedkomen van nieuwe rekenprogramma's heeft de mogelijkheid hiertoe verruimd, zodat een nieuwe inspectie van oudere waarnemingen (b.v. van M 31 en NGC 1300) vruchtbaar is geweest.

M 81 groep. De definitieve resultaten van de metingen van M 81 zijn door Rots (Groningen) en Shane gepubliceerd. De analyse (uitgevoerd door Rots) heeft bewezen dat een verdichtingsgolfmodel in staat is om de meeste kinematische eigenschappen te verklaren. Opmerkelijk is het bestaan van spiraalarmen in neutrale waterstof tot op zeer grote afstand van het centrum. In het buitenste gedeelte zijn belangrijke afwijkingen van cirkelrotatie geconstateerd, terwijl de binnenarmen ook onverwachte asymmetrieën vertonen. Om deze en andere onverklaarde verschijnselen nader te bestuderen zijn waarnemingen met hogere gevoeligheid vereist.

De reductie van de metingen van NGC 3077 is voltooid door Shane en van der Hulst(Groningen). De analyse hiervan wordt door van der Hulst voortgezet. Een zeer opvallend resultaat is het be-

staan van een ononderbroken spoor van H I tussen NGC 3077 en M 81.

De metingen van M 82 (Rots en Shane), welke gedaan waren op een, wat instrumentele kwaliteit betreft, enigszins ongunstig tijdstip, schijnen van onvoldoende dynamisch bereik te zijn om als basis voor nadere sterrenkundige analyse te dienen. Zij hebben echter mede bijgedragen tot het vestigen van de aandacht op dit probleem bij het ontwikkelen van nieuwe ontvangers en waarneemprocedures.

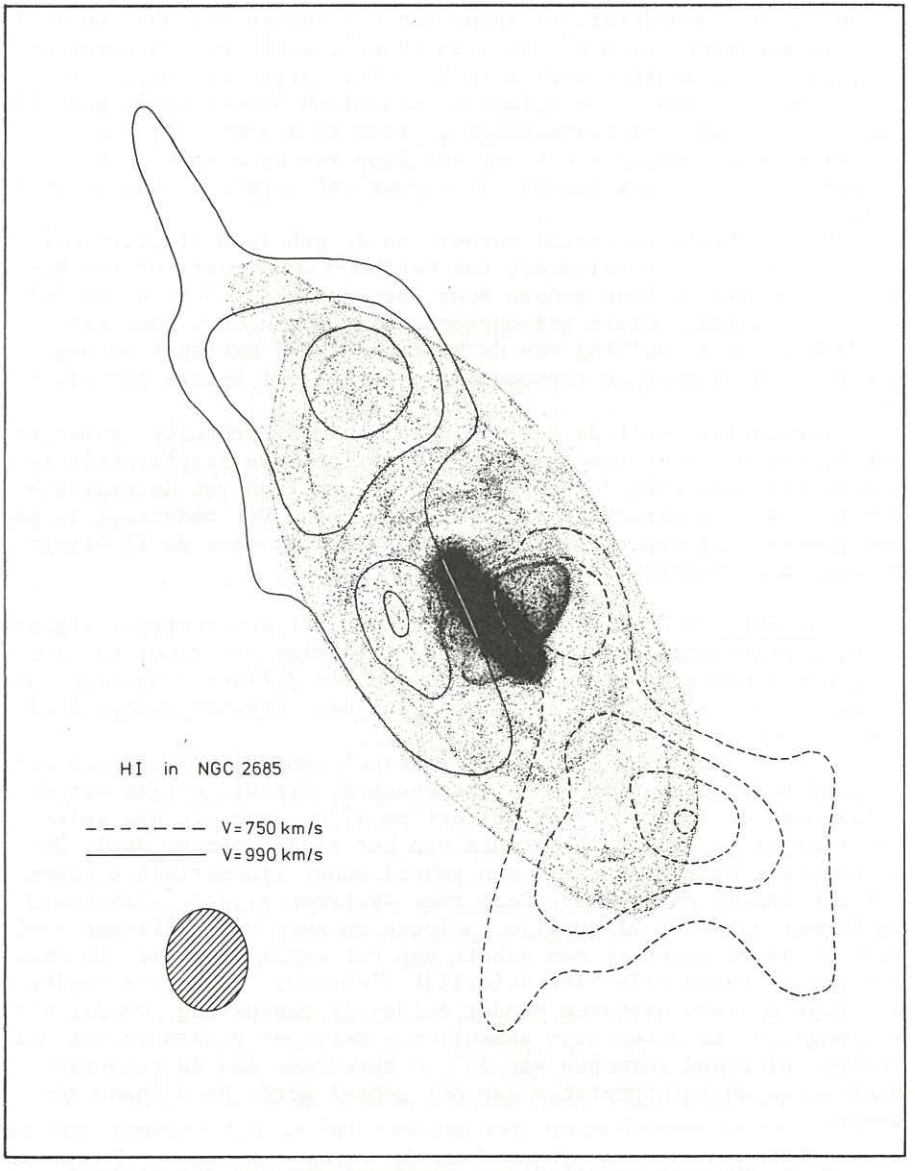
Een neutrale waterstof survey van de gehele M 81 groep met behulp van de 100 m telescoop van het Max-Planck-Institut für Radio Astronomie te Bonn gedaan door Harten (SRZM), Mebold (MPIfR) en Shane is grotendeels gereduceerd. Deze metingen vormen een noodzakelijke aanvulling van de bestaande WSRT metingen en nog sterker, van mogelijke toekomstige metingen met betere gevoeligheid.

Segalovitz heeft de H I metingen van M 81 gebruikt, samen met gepubliceerde UBV fotometrie, om het verloop van sterformatie te bestuderen gedurende de evolutie van de nevel en van de migratie van sterren ten opzichte van de spiraalarmen. Dit onderzoek is aanzet geweest tot een uitgebreid nader onderzoek naar de lichtverdeling in spiraalnevels.

NGC 2685. Dit unieke stelsel bestaat uit een centraal sigaarvormige sterrenconcentratie, een helix-vormige structuur van gas en jonge sterren eromheen en daarbuiten een diffuse ringstructuur. Optische metingen hebben aangetoond dat het sigaar-vormige deel roteert om zijn symmetrie-as.

De WSRT metingen (gedaan op voorstel van Bajaja) met een oplossend vermogen van 50" zijn gereduceerd. Hieruit blijkt dat de helix-vormige structuur ook roteert om zijn symmetrie-as, welke waarschijnlijk samenvalt met die van het sigaarvormige deel. De buitenste ring echter vormt een geheel ander kinematisch systeem met een andere rotatie-as. Deze twee systemen zijn geïllustreerd in figuur 3 , waar 21 cm lijn isofoten op twee verschillende snelheden zijn getekend op een schets van het optische beeld. De twee rotatie systemen zijn hier duidelijk zichtbaar. Op andere snelheden zijn de twee systemen minder duidelijk gescheiden. Om dit alsnog mogelijk te maken zijn aanvullende metingen gedaan om het volledige oplossend vermogen van 25" te bereiken. Aan de reductie hiervan en de interpretatie van het geheel wordt door Shane gewerkt.

M 31. De zeer onvolledige proefmetingen van dit stelsel, welke door Bajaja en Shane al geruime tijd geleden gedaan en gereduceerd zijn, hebben, bij het toepassen van nieuwe technieken voor het op verschillende wijze toonbaar maken van de waarnemingen, tot opmerkelijke nieuwe resultaten geleid. Hoewel al vroeg door Bajaja geconstateerd kon worden dat er opvallende afwijkingen van cirkelrotatie voorkwamen, is het pas nu mogelijk geworden om de aard van deze afwijkingen vast te stellen. Het zeer ingewikkelde patroon



Figuur 3.

Contouren van gelijke helderheids-temperatuur in de 21 cm lijn op twee verschillende snelheden (120 km sec^{-1} aan weerskanten van de systeemsnelheid) zijn hier gesuperponeerd op een schets van het optische beeld. Het contourinterval is ca. 1 K. De rotatie-eigenschappen van de helix- en ring-vormige systemen zijn duidelijk te onderscheiden.

van snelheid heeft zijn oorzaak in het samenlopen van twee verschillende verschijnselen:

1) De binnenste spiraalarmen vertonen (alleen aan de noordwest kant van het stelsel) grote radiale bewegingen, tot 50 km/s of meer. Deze zijn geïllustreerd in figuren 4a en b. Ze vertonen een sterke analogie met de zg. "3kpc arm" in het melkwegstelsel. Mocht men deze afwijkingen van cirkel-rotatie willen toeschrijven aan een explosie in de kern, dan zou dit circa 30 miljoen jaar geleden plaats gevonden moeten hebben.

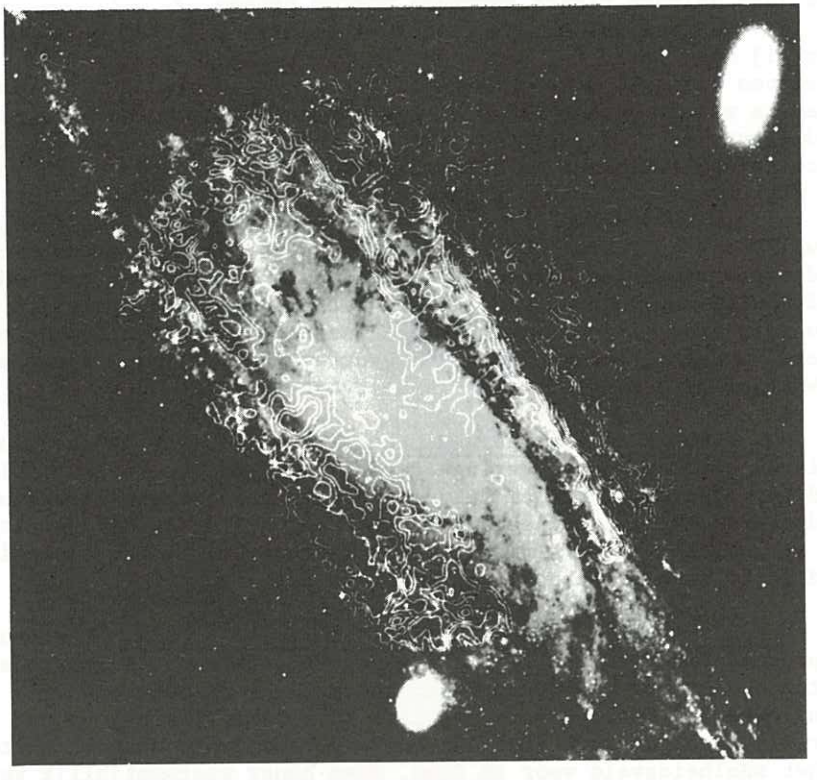
2) Over vrijwel de hele noordwestelijke helft van de nevel zien wij een tweede H I component gesuperponeerd op de schijf. Dit schrijven wij toe, mede vanwege zijn kinematica, aan een buitengedeelte van de schijf, 20 à 25 kpc van het centrum, welke gezien wordt langs dezelfde gezichtslijn als het binnengedeelte. Dit impliceert een afwijking in het buitengedeelte van circa 5 kpc van het vlak zoals dit in het binnengedeelte bepaald is.

Bajaja bereidt waarnemingsresultaten voor publikatie voor, terwijl Oort en Shane de interpretatie voltooien. In november 1976 werd een vergadering belegd in Leiden tussen astronomen uit Nederland, Duitsland, Zweden en Engeland met als doel het opstellen van gecoördineerde plannen voor verdere waarnemingen. Deze houden onder andere in een volledige 21 cm lijn survey van M 31 met behulp van de WSRT uitgerust met de 5120 kanaals ontvanger.

NGC 2146 21 cm lijnwaarnemingen. De vorig jaar gedane waarnemingen blijken een te geringe gevoeligheid en een te laag oplossend vermogen te hebben om duidelijke gegevens omtrent structuur en dynamica van dit stelsel op te leveren. Wel is duidelijk dat het stelsel een zeer asymmetrische structuur heeft. Het snelheidsveld lijkt niet erg abnormaal (van Albada).

NGC 4258 21 cm lijnwaarnemingen door Van Albada. De reductie en presentatie van alle 21 cm lijn gegevens tesamen is grotendeels voltooid. Analyse van de nu beschikbare gegevens met lage ruis toont allerlei interessante details. Zo blijkt vlak bij en ter weerszijde van de kern zich een buitengewoon grote discontinuïteit in het snelheidsveld voor te doen. Deze houdt waarschijnlijk verband met de anomale radio-continuümarmen. Er bestaat nog geen compleet inzicht in de consequenties voor de theoretische probleemstelling. Verder blijkt het stelsel als geheel niet te beschrijven te zijn als een differentiëel roterende platte schijf, ook niet buiten het gebied van de anomale armen. De afwijkingen van zuivere rotatie zijn niet erg groot in snelheid (ca. 20-25 km/s) maar lijken meer naar binnen toe sterk toe te nemen. Hierdoor wordt het moeilijker de effecten van de anomale armen te scheiden van dynamica van de niet door een explosie gestoorde schijf. Het theoretische onderzoek wordt voortgezet.

NGC 4236. Dit stelsel is de schijnbaar grootste balk-spiraal aan de noordelijke hemel. De eerste helft van de metingen is gere-



Figuur 4a en b.

De contouren van gelijke helderheidstemperatuur zijn gesuperponeerd op een optische foto. De te verwachten snelheid op elk punt op het beeld is berekend uit een cirkel-rotatie model. De gemeten helderheidstemperatuur is bepaald op deze snelheid min 60 km/s (4a)

en plus 60 km/s (4b). De contouren komen overeen met helderheids-temperaturen van ca. 1,2,3,4,6,8,10,...K. De sterke buitenwaardse-beweging van de hoofd-arm en de even sterke binnenwaardse beweging van de verder naar binnen gelegen donkere arm zijn duidelijk zichtbaar respectievelijk op fig. 4a en b.

duceerd en laat een zeer hoge concentratie van H I in de balk en in de binnenste spiraalarmen zien. De rotatiesnelheid in de balk benadert die van een vast lichaam. In tegenstelling tot verwachtingen uit sommige theorieën is er weinig afwijking van cirkelrotatie te zien. Een tweede stel metingen, gedaan om de ontbrekende snelheden aan te vullen, wordt nog gereduceerd (Shane).

NGC 1300. Vroegere, al gepubliceerde, WSRT metingen van dit prototype balk-spiraal zijn opnieuw bekeken door Shane en Yuan (gast-onderzoeker, City College, New York). Door gebruik van nieuwe analyse-technieken is gebleken dat deze metingen, in tegenstelling tot de verwachtingen, geschikt zijn voor nadere dynamische analyse. Dit wordt nu uitgevoerd en een tweede artikel wordt voorbereid.

M 51. Op grond van de 21 cm metingen van M 51 heeft Segalovitz (dissertatie) een dynamisch model opgebouwd, gebruik makend van de niet-lineaire verdichtingsgolftheorie. Hoewel redelijke overeenkomst bereikt werd, waarmee enkele fysische parameters (zoals de mate van verdichting van gas in de armen) bepaald konden worden, was de kwaliteit van de waarnemingen niet voldoende om tot een kritische beproeving van het model te komen. Hiervoor zijn waarnemingen met hogere gevoeligheid en beter oplossend vermogen in snelheid vereist.

NGC 6503. Willis, de Ruyter en Shostak (Groningen) bestuderen de verdeling en de kinematica van de neutrale waterstof in deze spiraalnevel om te beoordelen of deze beïnvloed zijn door het sterke BL Lac object (S(1415) = 1,2 Jy) welke 5 min van de kern waargenomen is.

NGC 3992. De reductie van de metingen is voltooid, nadat bijzondere aandacht besteed was aan het verwijderen uit de kaarten van omliggende continuüm bronnen. Deze waren, wegens het beperkte dynamisch bereik, van zeer storende invloed.

Op het eerste gezicht lijkt het stelsel geen grote afwijking te vertonen van de cirkel-rotatie. De piek in de rotatiekromme ligt vrij ver naar buiten, zoals vaak voorkomt in balk-spiralen, maar in tegenstelling tot veel andere stelsels, vinden wij hier geen neutrale waterstof in het centrale gedeelte.

Opmerkelijk is de aanwezigheid van drie kleine begeleiders, allen met vrijwel dezelfde radiële snelheid als NGC 3992.

De analyse wordt voortgezet door Shane en Sancisi (Groningen).

3.3.6. Clusters van sterrestelsels.

In het algemeen was het Leidse onderzoek van clusters gericht op drie onderwerpen:

i) De relatie tussen de radio- en röntgenemissie van clusters

ii) De morfologie van kop-staartstelsels en de fysische implicaties daarvan.

iii) De radio helderheidsfunctie van sterrestelsels in clusters.

Miley en Perola (Milaan) vervolgden samen met Gisler hun onderzoek naar de morfologie van de radiobronnen in de Perseus cluster. Ze startten een gedetailleerde vergelijking tussen de 0,6 GHz WSRT waarnemingen (resolutie ~ 1'x1.5') en de beste beschikbare röntgen gegevens (resolutie ~ 3'). Voorts werd de radiobron Perseus A door Ekers (Groningen), Kapahi (Dwingeloo) en Miley op 5 GHz waargenomen.

Harris (Dwingeloo) en Miley vervolgden hun werk aan de 0,6 GHz waarnemingen van vijf clusters: Abell 376, 407, 1035, 1904 en 2319. Iedere cluster is tenminste gedurende 1x12 uur waargenomen, zodat enkele honderden radiobronnen werden gedetecteerd. Vervolgens werd een optisch identificatie programma uitgevoerd.

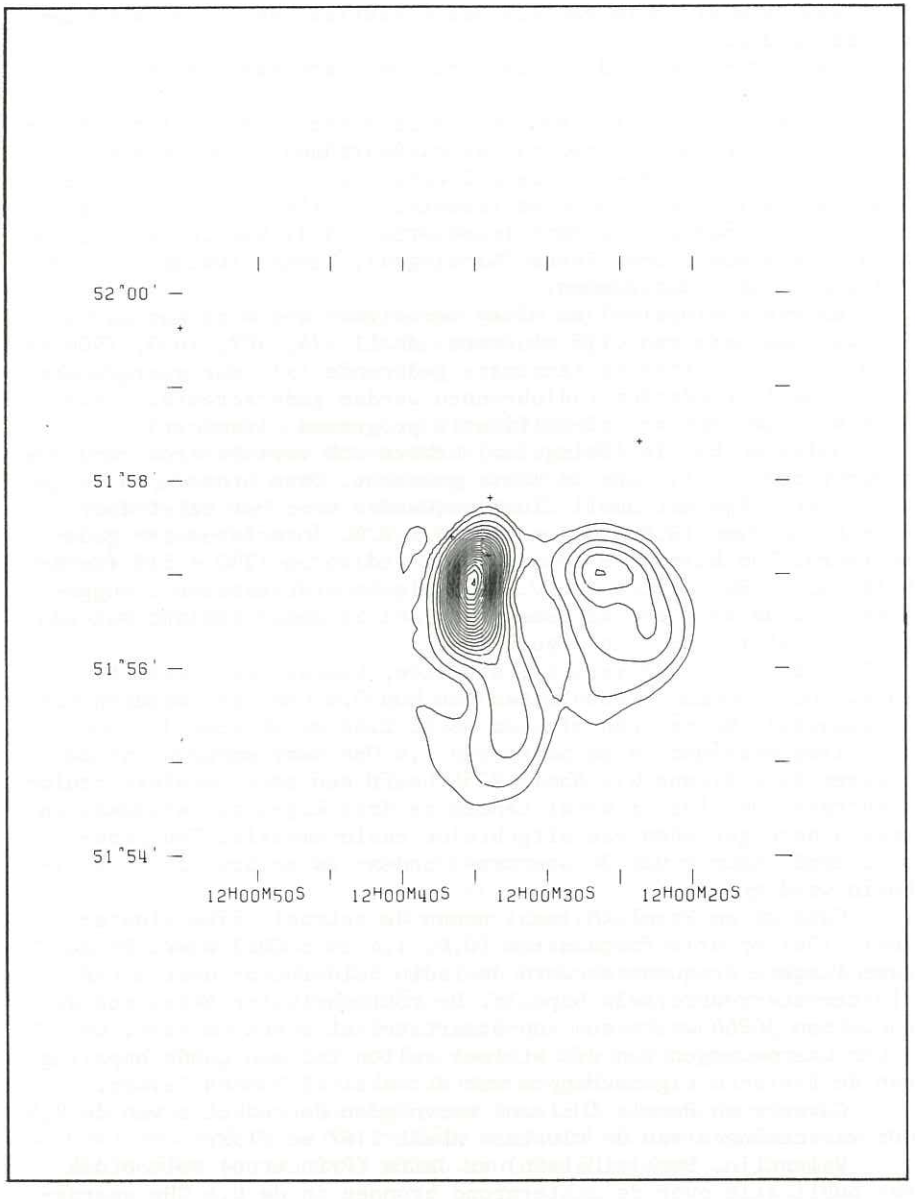
Miley en Harris (Dwingeloo) hebben ook verscheidene complexe radiobronnen op 1,4 GHz in kaart gebracht. Deze bronnen, welke geassocieerd zijn met Abell clusters, werden voor het eerst door Rudnick en Owen (N.R.A.O.) met de N.R.A.O. interferometer gedetecteerd. Van bijzonder belang is de radiobron 1200 + 519 (in Abell 1452). De positie t.o.v. de optische sterrestelsels suggereert dat de bron een kop-staartstelsel is onder invloed van een intra-cluster wind (zie figuur 5).

Bridle(Queen's University, Kingston, Canada) en Fomalont (N.R.A.O.) hebben de resultaten van hun 0,6 GHz waarnemingen van de opmerkelijke röntgen cluster Abell 2256 gepubliceerd. Samen met Miley verrichtten ze bovendien 1,4 GHz waarnemingen van de cluster (zie figuur 6). Abell 2256 heeft een zeer complexe radiostructuur. De cluster bevat tenminste drie kop-staartstelsels en twee andere gebieden van uitgebreide radio-emissie. Een gedetailleerde studie van de spectraal index- en polarisatie distributie werd gestart.

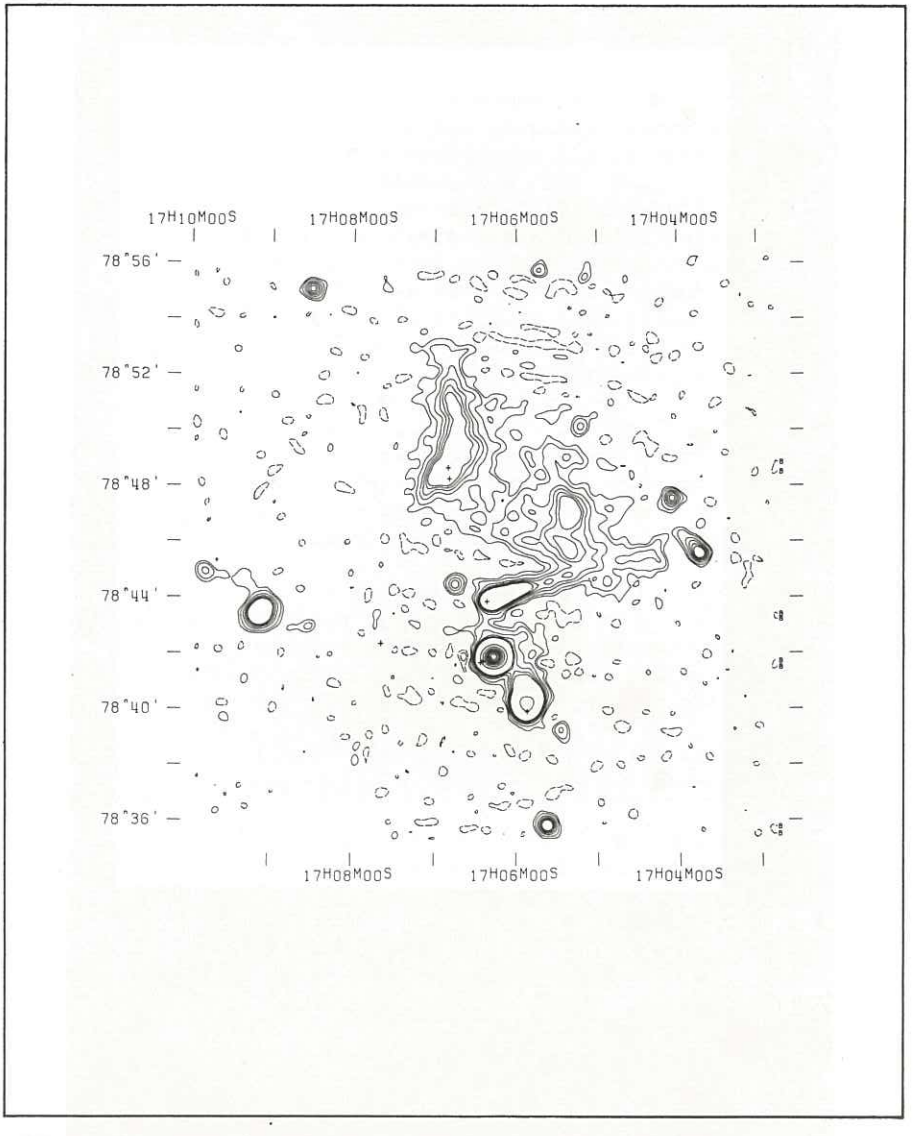
Gavazzi en Perola(Milaan) namen de spiraal rijke cluster Abell 1367 op drie frequenties (0,6, 1,4 en 5 GHz) waar. Op de twee laagste frequenties werd de radio helderheidsfunctie van cluster sterrenstelsels bepaald. De röntgencluster bevat ook de radiobron 3C264 welke een kop-staartstelsel bleek te zijn. De 5 GHz waarnemingen van dit stelsel zullen tot een goede bepaling van de fysische eigenschappen van dit stelsel kunnen leiden.

Gavazzi en Perola (Milaan) vervolgden de reductie van de 0,6 GHz waarnemingen van de clusters Abell 2197 en 2199.

Valentijn, Perola(Milaan) en Jaffe (Princeton) voltooiden een publicatie over de achtergrond bronnen in de 0,6 GHz waarnemingen van de Coma cluster. Van 150 bronnen werden de radiogegevens en de eventuele optische identificaties gegeven.
Als vervolg op de 0,6 GHz waarnemingen van Coma werden op deze frequentie door Valentijn nieuwe waarnemingen van de cluster ondernomen. Dit onderzoek heeft speciaal tot doel om de structuur

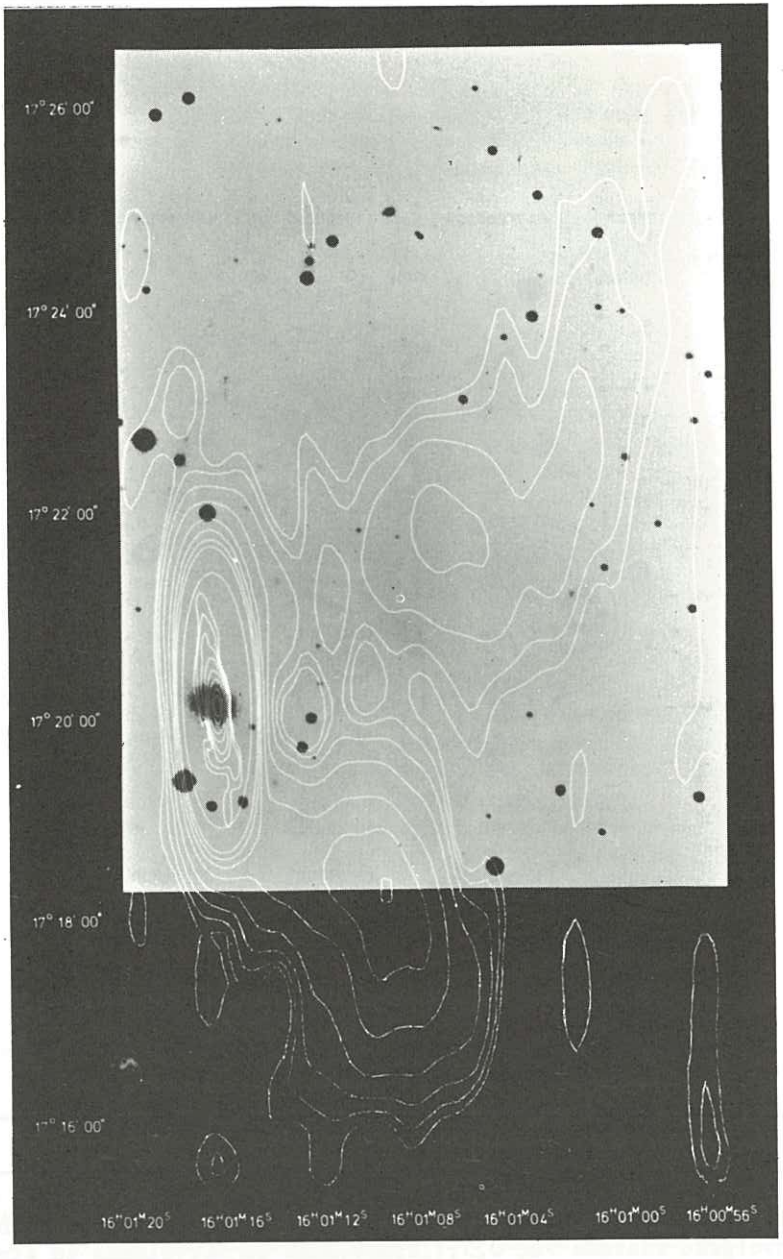


Figuur 5.
De 1,4 GHz structuur van 1200 + 519 in de Abell cluster 1452. Contour niveaus zijn 4,8,16 en vervolgens in stappen van 8, tot 160 mJy per bundel. Optisch waargenomen sterrenstelsels in het veld zijn met kruisjes aangeduid.



Figuur 6.

De 1,4 GHz radiostructuur van de röntgen cluster A 2256, naar Bridle, Fomalont en Miley (1977). Ononderbroken contouren hebben opeenvolgend waarden van 0,5,1,2,3,4,5,30 en vervolgens in stappen van 25 tot 605 mJy per bundel. De gestippelde contour stelt het -,5 mJy/bundel niveau voor. Optisch waargenomen sterrenstelsels zijn met kruisjes aangeduid.



Figuur 7.

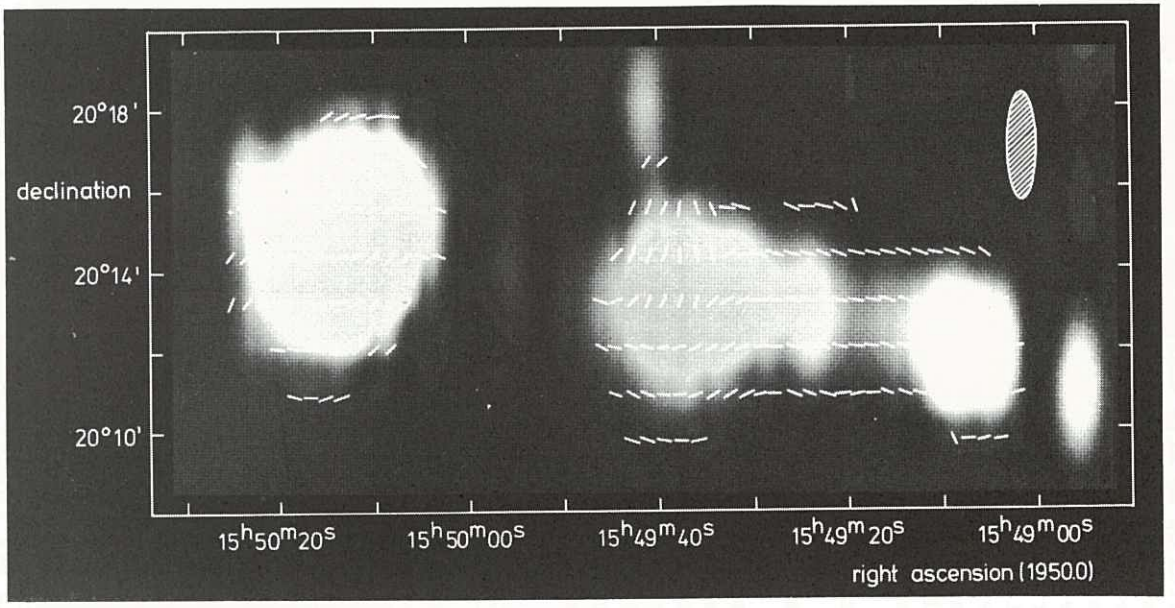
Een montage van het staartstelsel NGC 6034 in de Hercules cluster naar Valentijn en Perola. Samenvallend met het optische sterrenstelsel is de 5 GHz radiostructuur ingetekend terwijl daarom heen de 1,4 GHz radiostaart is gemonteerd.

en eventuele polarisatie van de uitgebreide diffuse bron Coma C te bepalen. Valentijn en Perola (Milaan) bereidden een publicatie voor over het kop-staartstelsel NGC 6034 in de Hercules cluster. De radio kaarten op de drie waargenomen frequenties toonden een zeer interessante structuur, welke geïnterpreteerd werd als het gevolg van het uitstoten van een plasma uit de kern van het optische sterrenstelsel. Dit plasma zou tot 4 maal de straal van het sterrestelsel langs de oorspronkelijke uitstotingsrichting bewegen, waarna de invloed van de intra kluster materie waardoorheen het stelsel beweegt, de baan van het plasma ombuigt tot twee lange staarten achter het sterrestelsel (zie figuur 7). Verder vervolgden Valentijn en Perola (Milaan) hun onderzoek naar de radiohelderheidsfunctie van de spiraalstelsels in de Hercules en A 2147 clusters door middel van nieuwe waarnemingen met hogere gevoeligheid op 0,6 en 1,4 GHz.
Samen met Tarenghi (Milaan) startten Perola en Valentijn een onderzoek naar de radio helderheidsfunctie van sterrestelsels in de Cancer cluster. Deze cluster welke een hoog percentage spiraalstelsels met emissielijnen bevat is zeer geschikt om een mogelijk verband tussen het voorkomen van emissielijnen en radio-emissie te onderzoeken.
Voorts startte Valentijn een onderzoek op 0,6 GHz van 8 Abell clusters waarvan op grond van recente resultaten van het cluster survey (van 130 clusters) van Lari et. al. bekend was, dat ze uitgebreide radiostructuren bezitten. In de cluster A 2022 werd een staartstelsel met een zeer sterk gekromde staart gedetecteerd.

3.3.7. Morfologie van radio-melkwegstelsels en quasars.

Willis zette (in samenwerking met R.G. Strom(Dwingeloo)) het onderzoek aan de uitzonderlijk grote radio-melkwegstelsels 3C326, 3C236, DA 240, en NGC 315 bij verschillende frequenties voort. De verwerking en analyse van de waarnemingen van 3C326 werd afgesloten. De voornaamste resultaten zijn: 1) de reusachtige radiobron 3C326 blijkt een geprojekteerde lineaire afmeting van ~ 1,7 Mpc te hebben (H_o = 75 km $sec^{-1}Mpc^{-1}$), 2) de spektraal index varieert slechts heel weinig en alleen over afstanden van honderden kpcs. Dit betekent waarschijnlijk dat lokale ("in situ") versnelling van relativistische deeltjes moet plaatsvinden in de ver naar buiten gelegen gebieden van de radiobron, 3) het geprojekteerde magneetveld is bijzonder uniform over afstanden van vele honderden kpcs en is grotendeels evenwijdig aan de lengterichting van het radio stelsel (zie figuur 8).

Willis heeft ook enkele uitgebreide radiobronnen op lage deklinaties met de WSRT bij 49 cm golflengte waargenomen; vooral PKS 1331-09 en PKS 2104-25 bleken bijzonder interessant. PKS 1331-09 is ook een reuze stelsel met een intrinsieke afmeting groter dan 1 Mpc, terwijl PKS 2104-25 een uitgebreide, complexe bron is in een cluster van melkwegstelsels.



Figuur 8.

De oriëntatie van het magneetveld in 3C326. Witte strepen geven de veld-oriëntatie gesuperponeerd op een radiofoto van de λ 49 cm intensiteit van dit stelsel, dat met een lineaire geprojecteerde grootte van ~ 1,7 Mpc tot de reuzen behoort.

Van Breugel en Miley bestuderen de radio-melkwegstelsels 3C310 en B 0844 + 31 (beide met een intermediaire helderheid) bij 5, 1,4 en 0,6 GHz. De radio morfologie van deze bronnen is tamelijk "gerelaxeerd", in tegenstelling tot de morfologie van helderder radio-melkwegstelsels (zoals Cygnus A) waarin men scherp gedefinieerde heldere gebieden aantreft. De WSRT waarnemingen bij 5 GHz (zie figuur 9) toonden de aanwezigheid van radio "jets" die uit de centrale radio kernen komen. Deze "jets" worden beschouwd als "tunnels" waarlangs quasi-kontinu energie vanuit de kern van de radio-melkwegstelsels naar de "gerelaxeerde" buitengebieden wordt getransporteerd. De spektrale en polarisatie eigenschappen van deze objekten worden momenteel in detail onderzocht, en men wil ook zoeken naar andere radiobronnen met dergelijke radio-jets.

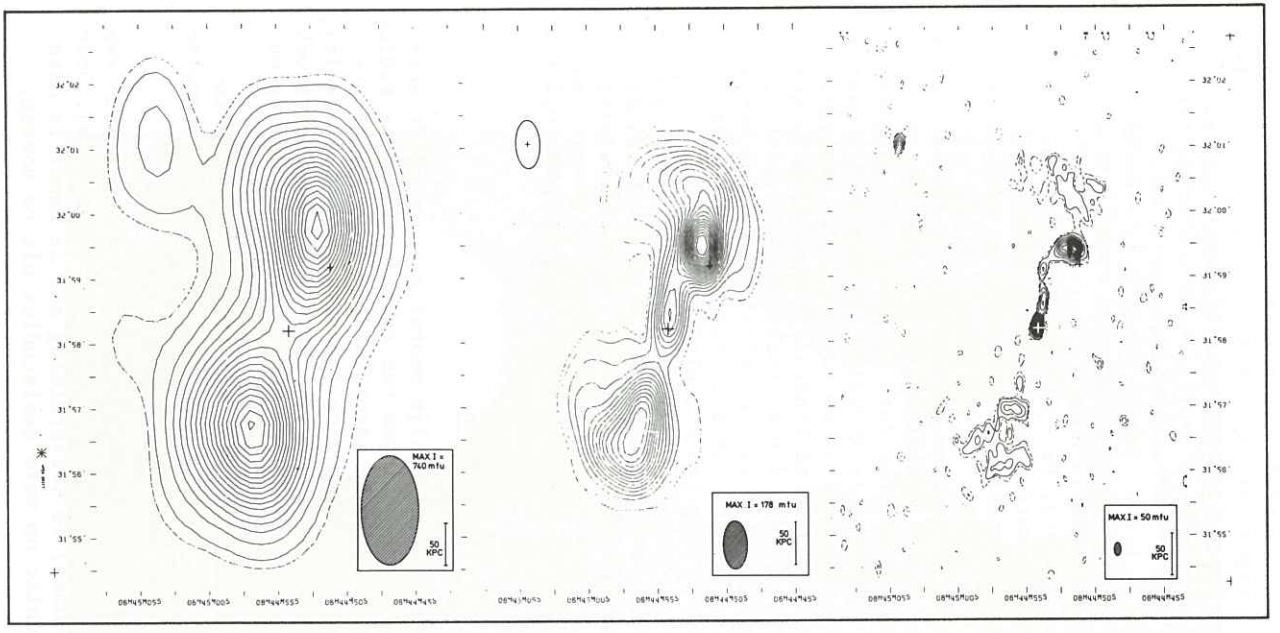
Miley en Hartsuyker zetten hun studie van quasars met bekende roodverschuiving voort. Ze brachten 117 objecten in kaart bij 5 GHz. Voorlopige resultaten tonen dat: 1) centrale componenten worden gedetekteerd in bijna alle gevallen (41 van de 43) waarin het oplossend vermogen voldoende is om een eventuele centrale bron te kunnen onderscheiden. Deze centrale componenten in quasars lijken sterker te zijn dan die in radio-melkwegstelsels, 2) van de 75 bronnen die duidelijk zijn opgelost heeft 85 % een symmetrische struktuur (dubbel (D1) of drievoudig) terwijl slechts 15 % een asymmetrische (D2) struktuur heeft, zoals 3C273, 3) de hoekdiameter-rood verschuiving relatie is niet significant gewijzigd t.o.v. Miley (1972), ook al is het aantal objekten sindsdien bijna verdubbeld. Bronnen uit de 3C, 4C, Parkes en B2 catalogi gedragen zich kennelijk niet verschillend. Er wordt gewerkt aan een meer gedetailleerde analyse van gegevens bij 5, 1,4 en 0,6 GHz.

3.3.8. Statistieken van radio bronnen.

Kosmologische onderzoekingen zijn vooral gericht op de analyse van, liefst grote, verzamelingen van extra-galactische radiobronnen en hun evolutie. Optische identifikatie levert niet alleen een klassifikatie van objekten op (quasars, melkwegstelsels), maar opent bovendien de mogelijkheid tot verder optisch onderzoek dat kan leiden tot, o.a., de bepaling van de roodverschuiving en dus de kosmologische afstand.

Het uiteindelijke doel dat aldus wordt nagestreefd is inzicht te verkrijgen in het ontstaan en de evolutie van de populaties die het heelal bevolken.

Willis, Oosterbaan en De Ruiter voltooiden de kompilatie van een 1415 MHz Catalogus van Achtergrond radio Bronnen (CAB). Door zijn grootte (1075 bronnen) en verspreiding aan de hemel is deze catalogus uiterst geschikt om vele deelstudies uit te voeren.



Figuur 9.

De verdeling van de totale intensiteit bij 0,6, 1,4 en 5 GHz in B 0844 + 31. Gesloten contouren hebben waarden van 5, 10, 15,....100 % van de aangegeven MAX.I. De 3% contour is aangegeven met lange streepjes en de -5% contour met stippellijnen. De gearceerde ellips geeft het half-waarde niveau van de gesynthetiseerde bundel aan, terwijl de kruisjes de positie van het melkwegstelsel (en van een achtergrond quasar) aangegeven. In de 1,4 GHz kaart is een (waarschijnlijk niet tot het stelsel behorende) puntbron afgetrokken.

De Ruiter en Willis zochten naar optische tegenhangers van radiobronnen die in de CAB voorkomen. Gedeeltelijk (voor 52 velden) hadden zij de beschikking over, door H.C. Arp (Hale Observatories) opgenomen platen. Voor de overige velden, voorzover zij een galactische breedte groter dan 10^{o} hebben, werd gebruik gemaakt van de Palomar Sky Survey. Het percentage radiobronnen dat kan worden geassocieerd met een optisch object varieert van 23 % (Palomar Sky Survey) tot 28 % (IIIa-J platen). Blijkbaar is op het karakteristieke flux nivo van de CAB ($\sim$ 50 mJy) het grootste deel van de optische tegenhangers van de radiobronnen te zwak om door een fotografische plaat te worden geregistreerd, althans voor de gebruikte kombinaties van 48 inch teleskoop op Mount Palomar en fotografische platen.

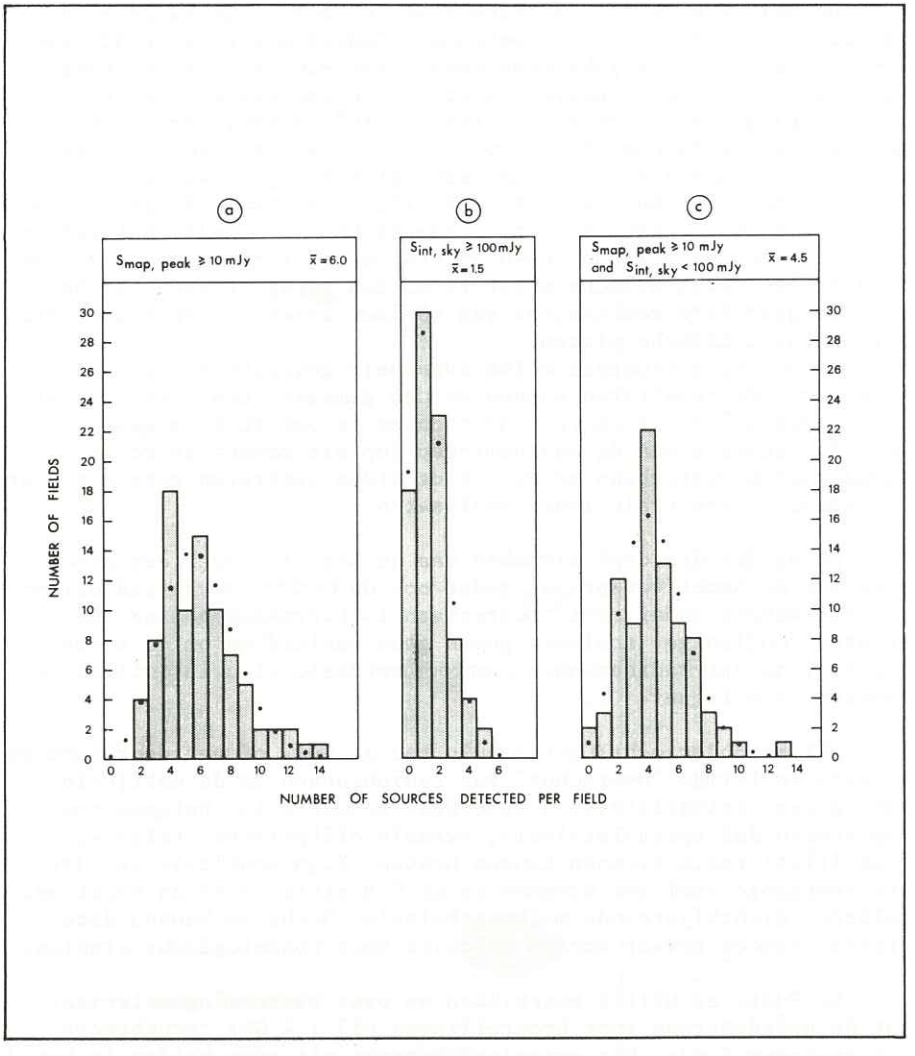
De Ruiter bestudeert welke eventuele gevolgtrekkingen uit bovengenoemde resultaten kunnen worden gemaakt. Een groot aantal als quasar geïdentificeerde CAB bronnen is ook op 6 cm waargenomen. Na reduktie van de waarnemingen (op dit moment in volle gang) zullen Oosterbaan en Willis de aldus verkregen gegevens over struktuur en spectrale index analyseren.

De velden die deel uitmaken van de CAB zijn over een groot deel van de hemel verspreid, zodat ook de isotropie van radiobronnen kan worden onderzocht. Oosterbaan is hiermee begonnen. De eerste, voorlopige, analyses geven geen aanleiding om de veronderstelling dat radiobronnen isotroop verdeeld zijn in twijfel te trekken (zie figuur 10).

Willis onderzocht, met behulp van de CAB, of het door sommige auteurs geclaimde "overschot" van radiobronnen in de nabijheid van heldere spiraalstelsels inderdaad aanwezig is, hetgeen zou impliceren dat spiraalstelsels, evenals elliptische stelsels, 'satelliet' radio bronnen kunnen hebben. Zijn konklusie is, dat het overgrote deel der bronnen in de CAB niets te maken heeft met heldere, dichtbijstaande melkwegstelsels. Derhalve kunnen deze bronnen zonder gevaar worden gebruikt voor kosmologische studies.

Le Poole en Willis beschikken nu over waarnemingsmateriaal dat de benedengrens voor brontellingen bij 1,4 GHz terugbrengt tot ongeveer 1 mJy. Dit materiaal bestaat uit twee velden in het 5C2 gebied, ieder 16 x 12^{h} waargenomen, en een veld rond NGC 4319 dat 8 x 12^{h} is waargenomen maar door de hogere gevoeligheid van de tegenwoordige ontvangers ongeveer even diep gaat. Tesamen met brontellingen van de CAB en P. Katger's survey levert de Westerbork telescoop nu zeer betrouwbare tellingen bij 1,4 GHz van 1mJy tot $\pm$ 500 mJy.

P. Katgert bestudeerde de implikaties van eerder verkregen resultaten betreffende brontellingen, hoekdiameter statistiek en spectrale eigenschappen van zwakke radio bronnen. Deze gegevens zullen pas na uitgebreid optisch onderzoek eenduidig geïnterpre-



Figuur 10.

(a) Aantal bronnen per veld met piek-flux dichtheid, niet gekorrigeerd voor verzwakking door primaire bundel, groter dan 10 mJy. Histogram: waargenomen aantallen; punten: bijbehorende theoretische Poisson verdeling. (b) Totale flux dichtheid, gekorrigeerd voor verzwakking door primaire bundel, groter dan 100 mJy. (c) Ongekorrigeerde piek-flux dichtheid groter dan 10 mJy, en totale, gekorrigeerde, flux dichtheid kleiner dan 100 mJy. In geen der drie gevallen zijn er significante verschillen tussen de waargenomen verdeling en een Poisson verdeling.

teerd kunnen worden, maar de gangbare modellen die de evolutie van radiobronnen als funktie van kosmologische epoche beschrijven zijn niet in konflikt met bovengenoemd materiaal. Eerdere conclusies betreffende ongewoon vlakke spectra van zwakke bronnen lijken veroorzaakt te zijn door onverwacht grote systematische effekten in de 50 cm fluxdichtheden.

Miley en Willis zijn begonnen met het samenstellen van brontellingen bij 5 GHz. Volgens voorlopige schatting kunnen zij daarbij gebruik maken van ongeveer 80 radiobronnen en dat is een voldoende groot aantal om ook bij 5 GHz diepe en redelijk nauwkeurige brontellingen te construeren.

Addendum bij 3.3.4 en 5.

NGC 1569 (Continuum en H I lijn). Er is een artikel in voorbereiding door de Bruyn en Uiterwaal met hoge resolutie waarnemingen op 6, 21 en 50 cm van dit Irr I MWS. Er zijn twee componenten gevonden: 1) Een heldere ellipsoidale bron van 1' x 2' samenvallend met het optische stelsel. Deze straling is gedeeltelijk thermisch en niet-thermisch. 2) Een zwakke halo van 4'. Hij strekt zich verder uit van het MWS dan de Hα-filamenten, die door Hodge gedetecteerd zijn. De geintegreerde emissie van NGC 1569 heeft een spectrale index van -0,4 ($S \propto \nu^{\alpha}$). Er is geen straling gedetecteerd van de twee blauwe stellaire objecten dichtbij het centrum van het MWS.

Voorlopige resultaten in de 21 cm lijn duiden op een zeer grote H I halo met filamentachtige structuur, die soms tot 5' vanaf het MWS uitstraalt. Er wordt gesuggereerd dat deze structuur komt door interactie van deze H I halo en het MWS en niet door een explosie.

3.4. Radioastronomisch onderzoek met Stichtingsinstrumenten te Utrecht.

Redaktie: A.D. Fokker.

In het vorig jaarverslag werd meegedeeld, dat begonnen was aan het zgn. "Type I - projekt", wat tot doel heeft om aan de hand van het met de radiospectrograaf verkregen en nog verder te verzamelen waarnemingsmateriaal meer inzicht te verkrijgen in het mechanisme van de produktie van de zgn. ruisstormen (die bestaan uit een continuum achtergrond met daarop gesuperponeerde stoten). In dat jaarverslag werden ook de achtergronden van het Type I - projekt belicht.

In het huidige verslagjaar is dit projekt goed op gang gekomen, zowel observationeel als theoretisch-interpretatief. Observationeel werd de programmatuur voor de gedetailleerde analyse van type I stoten verder door en onder leiding van A. Kattenberg ontwikkeld. De verwerking van de te Dwingeloo met de radiospectrograaf opgenomen banden ondervond enige vertraging door in hoofdzaak de volgende complicaties:

- een wisseling van formats op de tapes t.a.v. scanfrequentie, versterkingsfactoren e.d.
- onvoldoende continuïteit in de programmering tengevolge van vertrek van één van de programmeurs te Dwingeloo.

Deze tegenslagen konden echter grotendeels worden overwonnen. In Fig. 1. wordt een voorbeeld gegeven van een gedigitiseerde weergave van een dubbele stormstoot. De verschijningsvormen en eigenschappen van de stormstoten kunnen thans zeer precies en gedetailleerd worden vastgelegd.

Op het interpretatieve vlak werd voorbereidend werk gedaan door R. van Hees:

1. Diverse theorieën van het Type I verschijnsel werden kritisch bekeken en getoetst aan de voorhanden waarneemgegevens. Aan iedere theorie bleken bepaalde bezwaren te kleven, in het bijzonder postuleren de meeste auteurs magneetvelden van een onaannemelijk hoge veldsterkte. Meestal blijven de voorgestelde verklaringen in gebreke om van belangrijke kenmerken rekenschap te geven, zoals bijv. de ketenvorming van stoten of de relatie tussen het achtergrondcontinuum en de stoten.
2. Een compilatie werd verricht van alle modelberekeningen die zijn gedaan ten aanzien van de verstrooiïng die de radiostraling, uitgezonden vanuit lokale bronnen, op zijn weg door de corona aan dichtheidsfluctuaties ondergaat. Een voorlopige conclusie is, dat de effekten van verstrooiïng wellicht veel kleiner zijn dan men oorspronkelijk dacht.

Een ondersteunend onderzoek werd gedaan door de student A. van den Berg naar de effekten van breking (zonder verstrooiïng) in macroscopische coronale structuren. De resultaten daarvan zijn

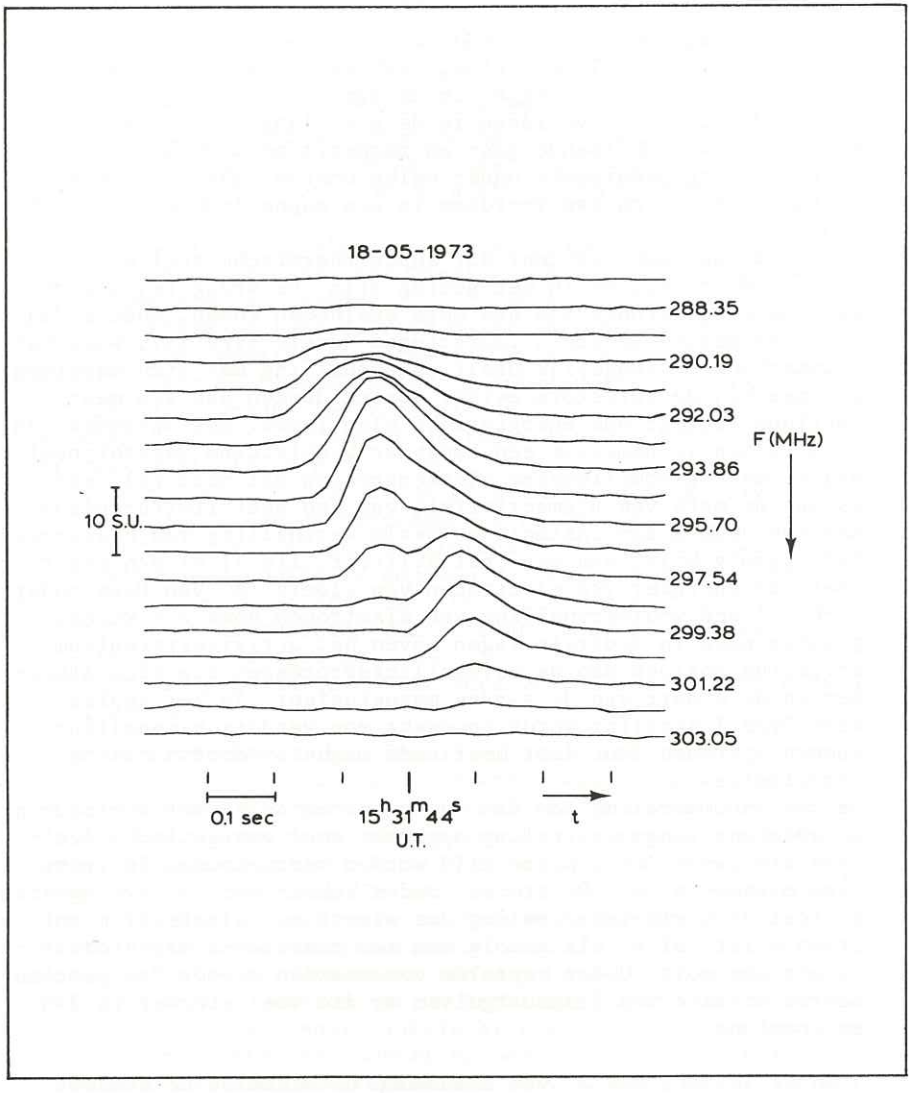
o.a. relevant voor de interpretatie van geconstateerde verschillen in (schijnbare) hoogte van bronnen in het centrum en aan de rand van de zonneschijf.

Theoretisch interpretatieve verkenning van R. van Hees en A. Kattenberg hebben geleid tot enkele tentatieve gezichtspunten:

1. Er zijn weinig mechanismen waarmee een instabiliteit binnen de tijdschaal van een Type I stoot zich kan ontwikkelen, maar een mogelijkheid lijkt te liggen in de zgn. "interchange" instabilitiet die zich kan voordoen in de grenslaag tussen twee gebieden van verschillende gas- en magnetische dichtheid. A. Kattenberg onderzoekt onder welke omstandigheden zulk een instabiliteit zich kan voordoen in een magneto-akoestisch schokfront.
2. Het is zonder meer evident dat super-thermische snelle electronen bij de ruisstorm in het geding zijn. De vraag is, hoe en waar deze electronen aan hun hoge snelheden komen. Anders dan bij vlam-geassocieerde uitbarstingen (zoals type IV), waar het vlammechanisme kennelijk deeltjesversnelling met zich meebrengt, zou men bij de ruisstorm eerder moeten denken aan een meer continue toevoer van energierijke electronen. Het optreden van ruisstormen is namelijk een gangbaar begeleidend verschijnsel bij de meer gecompliceerde vlekkengroepen dat niet geliëerd is aan de mate van vlamactiviteit van een activiteitscentrum. Men kan denken aan instantane lokale versnelling van electronen (als gevolg bijv. van een instabiliteit, zie 1) of aan een toevoer van energierijke electronen van elders. R. van Hees onderzocht of een voorversnelling van electronen soms zou kunnen plaatsvinden in neutrale lagen boven het activiteitscentrum, enigszins analoog aan de versnellingsprocessen die zich afspelen in de staart van de aardse magnetosfeer. In het gebied waar Type I straling wordt opgewekt zou verdere versnelling kunnen optreden door daar heersende magnetohydrodynamische turbulentie.
   De continuumstraling zou dan kunnen samenhangen met voortdurende spontane langmuirstraling opgewekt door energetische deeltjes die gedurende langere tijd worden vastgehouden in lusvormige magneetvelden. De stoten zouden kunnen worden teweeggebracht doordat de snelheidsverdeling der electronen plaatselijk anisotroop wordt, bijv. als gevolg van een passerende magnetohydrodynamische puls. Onder bepaalde voorwaarden treedt dan gestimuleerde emissie van langmuirgolven op die veel sterker is dan de spontane.

Onder leiding van J. van Nieuwkoop ontwikkelde de student A. van Ballegooijen programma's voor de gegevensverwerking van de twee-element interferometrie van ruis-actieve gebieden op de zon die te Dwingeloo met de twee Würzburg spiegels op 243 MHz wordt uitgevoerd. Het is gelukt om de relatieve posities van individuele stoten gedurende een ruisstorm te doen optekenen. Daarnaast werkt

hij mee aan een onderzoek naar de meetnauwkeurigheid en de stabiliteit van deze interferometer.



Figuur 1.
Weergave van een digitaal geregistreerde dubbele stormstoot.

4. UITBOUW SYNTHESE RADIOTELESKOOP.

Zoals vermeld in het vorige jaarverslag kwam het konstruktieve deel van de beide nieuwe, verrijdbare teleskopen in december 1975 gereed. In het voorjaar 1976 werd de laatste hand gelegd aan de elektrische bekabeling, in mei werd de laatste konserveringslaag aangebracht.

Na de nodige voorbereidingen te hebben getroffen kon toen de Stichting beginnen met het operationeel maken van de beide teleskopen. Dit hield een pakket van grotere en kleinere werkzaamheden in, waarvoor een fors deel van de beschikbare mankracht werd ingezet. Deze werkzaamheden bestonden, naast vele kleinere aktiviteiten uit:

- Het aanbrengen van de positie-uitlezers op de assen van de nieuwe teleskopen en de daarbij behorende uitlees- en besturingskabels op de teleskoop.
- Het aanbrengen van referentie- en beveiligingsschakelaars.
- Het aanbrengen van de signaleringskabels en de coaxiale kabels voor het transport van de signalen. Het gasdicht maken van deze kabels en aansluiten op het gassysteem van de gehele SRT. Dit o.m. ter voorkoming van het infiltreren van vocht in deze kabels.
- Het aanbrengen van speciale voorzieningen ("jumpers") om met de kabels de asovergangen te passeren.
- Het aanbrengen van de focusdoos waarin het eerste deel van de ontvanger is geplaatst.
- Het verzorgen van de elektronika op de wagens van de teleskopen.
- Het modificeren van de bestaande aansluitstations.
- Het bevestigen van de verbindingskabels- en pluggen voor het aansluiten van de teleskopen op de aansluitstations.
- Het aanleggen van kabels tussen aansluitstations en centrale gebouw.
- Het uitbreiden van het vertragingslijnsysteem tot 14 teleskopen.
- Het uitmeten en korrigeren van de positie van de teleskopen.
- Het gereedmaken van alle besturings- en verdelingshardware voor 14 teleskopen.
- Het gereedmaken en plaatsen van vier nieuwe ontvangers in de focusdozen.
- Het verdubbelen van het aantal kanalen in het "backend".

De voortgang van deze werkzaamheden verliep naar wens zodat in de eerste week van november j.l. de eerste testmetingen met de nieuwe teleskopen konden worden gedaan; sindsdien worden regelmatig testmetingen verricht. De teleskopen zijn nu gereed om in januari '77 in kombinatie met de nieuwe 5120 kanaals digitale lijnontvanger te worden getest waarna na het voorjaar '77 het (40, 1.5) instrument de waarnemingen zal verzorgen.

Met het gereedkomen van de teleskopen C en D en de nieuwe ontvangapparatuur zal de bestudering van externe melkwegstelsels

in de straling van de 21 cm waterstoflijn in 1977 een centrale plaats innemen. De verwachtingen over de nieuw te verkrijgen inzichten in de struktuur en dynamica van melkwegstelsels zijn hoog gespannen. Na de ingebruikneming van de 6 cm ontvangers met verhoogde gevoeligheid zal in 1978 de studie van polarisatie van radiobronnen nieuwe inzichten verschaffen in de magneetveldstruktuur in vele soorten radiobronnen, waardoor de fysische processen die zich in deze bronnen afspelen duidelijk worden.

Gehoopt wordt dat de in deze jaren verkregen inzichten en theorieën in 1979 en later getoetst kunnen worden aan een aantal stelsels en bronnen dat een grootte orde groter zal zijn door het tweemaal beter scheidend vermogen dat met de volledig uitgebouwde SRT (40,3) bereikbaar zal zijn.

5. ENGLISH SUMMARY.

This chapter summarizes the main topics of this Annual Report for the benefit of our non-Dutch-speaking readers. It can thus serve as a guide to the factual information displayed in figures and tables. If one glances through the actual report and realizes that the technical and astronomical terms used are quite universal, however, one will be surprised by the amount which can be understood without knowing Dutch. The system of numbering the earlier chapters is retained in the subsections of this summary; e.g. Chapter 5.2.1. is a guide to Chapter 2.1. of the Report.

We welcome comments or inquiries about the Annual Report or any other matter relating to the work of the Foundation.

Once every five years, the Netherlands Foundation for Radio Astronomy (NFRA or, in Dutch, SRZM), which is subsidized by the Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (ZWO), extensively reviews its work. The results of the preceding five years are examined and the scientific priorities for the coming half decade decided upon. At the same time, ZWO determines its own general policy towards the NFRA for the same period. As an aid to the review completed in 1976, the Foundation produced a memorandum covering the years 1971-1981 entitled: "The Evolution of Radio Astronomy". Chapter 5.1.2. summarizes the main points of this memorandum which can serve as a useful guide to our work, past, present and future.

5.1.1. Introduction.

The end of 1976 saw the initial tests made on two new dishes, C and D, of the Synthesis Radio Telescope (SRT) in Westerbork. The 14 dishes now available enable us to operate 10 x 4 interferometers over the existing 1.5 km baseline. This SRT (40, 1.5) comes into operation in the first half of 1977. With the then available 2560 simultaneous correlator channels, we will be able to carry out very extensive spectral line observations. It took five years to develop and build the just completed digital correlator which lies at the heart of the system.

Modernization of the Dwingeloo 25 m telescope has been finished. It is now fully automated and observations are regularly carried out without any personnel present. The 60 channel radio spectrograph, which is used on the Dwingeloo telescope for solar observations, has been made much more stable by the use of more up to date components.

The ten year old telescopes in Westerbork required their first major maintenance in 1976 when the surface mesh began to come loose from its supporting structure. However, with the aid of the entire NFRA personnel and many university astronomers the $1\frac{1}{2}$ acres of mesh were refastened in less than three weeks.

The Astronomy Group in the Foundation attained its full complement of six astronomers by the end of 1976. It was started in 1975 when it became apparant that some means for bridging the growing gap between the NFRA technical staff and university astronomers was required. The necessity of the group is already apparent, with its members often explaining technical aspects of our work to university research workers, and communicating the wishes of those same astronomers to the technical staff. Moreover, the astronomical research of the group's members often helps stimulate new projects.

The many astronomical and technical results of 1976 are described in chapters 2 and 3. It is impossible to list all the highlights in this introduction but we call the reader's attention to the first VLBI experiment in which the NFRA participated.

The computer reduction of SRT data went less smoothly in 1976 than in previous years. This was partly caused by the increasing precision desired by users, but many external factors also had an undesirable influence.

The Program Committee plays a very important role in selecting the astronomically most important programs. In 1976 the PC membership was almost completely renewed. Special mention is due Dr. R.D. Ekers, who took over the chairmanship from Dr. H. van Woerden in an outstanding way for almost two years. Dr. D. Downes, of the Max-Planck-Institut für Radioastronomie at Bonn, was replaced by Dr. A. Winnberg also from Bonn. The Board of the NFRA thanks the outgoing members of the PC for the important work they have done to keep scientific standards high, and both welcomes the new members and thanks them for their willingness to spend time to stimulate the scientific work done with Foundation instruments.

5.1.2. The Evolution of Radio Astronomy.

Since its inception in 1949 the NFRA has been a service institute for university astronomical research. The Foundation's ultimate calling, understanding our universe, is therefore stipulated beforehand and from outside. The NFRA develops, builds, and exploits radio telescopes, using them to make observations which have been selected by university astronomers and approved by the Foundation's Program Committee. To carry out these observations the NFRA operates a 25 m dish and several smaller parabolic reflectors at the Radiosterrenwacht Dwingeloo, and the fourteen 25 m diameter dishes of the SRT in Westerbork.

The astronomers of the State Universities in Groningen, Utrecht and Leiden form the largest group of NFRA users. In addition less frequent requests for observing time come from astronomers at the Universities in Amsterdam and Nijmegen. Astronomers at many foreign institutes are also involved in observing with

NFRA instruments. The border line between Foundation and university work is not very sharp. In principle the universities are responsible for the astronomical analysis, interpretation and publication of the observations while the Foundation observes and reduces the data to an astronomically interpretable form. The creation of a small group of astronomers to act as a liaison between the NFRA technical staff and university astronomers has encouraged a more efficient relationship between the Foundation and the universities.

This relationship is unique in the organization of Dutch scientific research. It is clear that while on the one hand university radio astronomical projects cannot function without the Foundation, by the same token the Foundation has no future without good university research. For 25 years this symbiosis has proven fruitful, making the development of radio astronomy in the Netherlands possible. The separation between technique and astronomical interpretation has lead to an efficient use of the astronomical capacity in the Netherlands.

Astronomical Research.

Main themes.

a. Solar radio research mainly concentrates on studies of the structure of short lived phenomena as a function of frequency, time and polarization;

b. Interstellar and circumstellar processes;

c. Evolution of galactic systems, star creation and the maintenance of spiral strucure;

d. Active nuclei and the kinematics of the central parts of spiral systems including Seyfert galaxies and our own Milky Way;

e. The study of radio systems and quasars: the structure and development of active nuclei, the large scale structure and interaction with an intergalactic medium, and the study of radio luminosity functions in and outside clusters;

f. Statistical properties of large source samples, studied with a cosmological aim.

Between these main themes there exist many interconnecting relationships. In addition there are smaller programs, e.g. observations of planets, comets and flare stars.

Astronomical highlights.

Many results of the last five years have excited astronomers and are often rementioned in the national and international press. Some examples are:

- the first map of a radio spiral, the whirlpool nebula Messier 51.
- the radio continuum arms of the galaxy NGC 4258, proof of explosive activity in the nucleus and the most direct evidence of mass expulsion from the central region.
- the structure of radio tails in clusters, from which it could be concluded that they constitute the trails of active galaxies interacting with an intergalactic medium; the studies of 3C129 and NGC 1265 in particular should be mentioned.
- the surprising detection of the enormous systems DA240 and 3C236, which are at present the largest known objects in the universe.
- the detection of linear polarization in four nearby spiral galaxies, and the very pronounced symmetric warps in the outer parts of many spirals; this last result especially has fundamental consequences for the theory of galaxy formation in general, and of spiral galaxies in particular.

Research perspectives for the near future.

The new astronomy.

For 1977 in addition to further observations with the SRT, we along with astronomers everywhere look forward to the building of a number of large optical telescopes, the ever increasing photon efficiency of optical detectors, and more new results from space telescopes like UHURU, Copernicus, ANS, UK5, SAS3 and COS-B. These telescopes have enormously widened the spectrum available to astronomy. Newly planned instruments - like AUI (1977), HEAO-A and B (1977 and 1978), Exosat (1980) and IRAS (1981) - will give astronomers a sensitivity and resolution in both spatial and spectral domains that complement the SRT. Both infrared and X-ray astronomy have important astrophysical relationships with radio astronomy. Cooperation with optical astronomers has been an important part of research for the last 30 years, though the relative scarcity of time on large optical telescopes and limited sensitivity have always been a shortcoming. The new instruments now coming into operation will make many special cooperative projects more feasible.

The program of the SRT (40, 1.5).

The new telescopes C and D double the number of simultaneous interferometers from 20 to 40. In combination with the receiver development this means the sensitivity will have improved by a factor of 20 between 1970 and 1980. This new instrument with its one and a half kilometer baseline will be available for two to three years and thereafter telescopes C and D will be moved

to a station 3 km from their current position, leading to SRT (40, 3) with double the present resolution. In the SRT (40, 1.5) period we especially hope to attack those problems that are sensitivity limited. An example is the measurement of polarization at 6 cm from external galaxies. No instrument presently available or being planned will have the same surface brightness sensitivity as SRT (40, 1.5) before 1980.

SRT (40, 3) and other instruments.

At the end of 1979 the SRT with its 3 km baseline will have a resolution of 10 and 3 arcsec at wavelengths of 21 and 6 cm respectively. For a given linear resolution, this means an eightfold increase in the volume of the universe available for study, largely benefitting statistical work that presently suffers from insufficient numbers of objects to observe. Many individual objects will then be observable with greater resolution. At the same time, improvements in the receivers will keep the surface brightness sensitivity at a constant level. These developments mean that for a long time to come we will maintain our position in the world of radio astronomy, and be able to play an important role in cooperating with new instruments being developed elsewhere.

In the last 25 years Dutch radio astronomy has always stressed the importance of long term planning and emphasised the need for good stability and dynamic range. This has lead to many important discoveries both in Dwingeloo and Westerbork. The planning of the NFRA for the future is aimed at maintaining these desirable characteristics of Dutch radio astronomy.

Very short and very long baselines.

A problem of all existing aperture synthesis telescopes is the "hole" in the centre of the synthesized aperture. For the SRT the shortest baseline is 36 m, and this means that the telescope is insensitive to structures larger than several arcminutes. Moreover, the zero level of many maps is difficult to determine. This information, if essential, must now be obtained by observing with telescopes whose diameter is larger than 36 m, e.g. the 78 m Jodrell Bank telescope or the 100 meter telescope of the Max-Planck-Institut in Bonn. Often, however, this means an extension of the time spent on research, especially since those instruments are also often booked months ahead. It is therefore desirable for the NFRA to be able to obtain these data with its own instruments, and plans are being made for a simple interferometer with small dishes.

A new aspect of radio astronomy is the very high resolution (approaching 0.0005 arcsec) that can be obtained with very long

baseline interferometers. This high resolution is important, because in no other spectral domain can it be obtained, not even with a large satellite borne optical telescope. The only possibility for improving our astrophysical understanding of small scale structures in objects such as galactic X-ray sources and active nuclei of galaxies exists at radio frequencies by means of VLBI observations. Our plans are to couple into an international VLBI network, first with the Dwingeloo dish and later with all 14 SRT dishes.

Technical developments.

Most of the development for the next five years has already been started. Intensive cooperation exists, especially with three other large radio astronomy organisations, the American National Radio Astronomy Observatory, the Australian C.S.I.R.O. Radiophysics Division and the German Max-Planck-Institut für Radioastronomy. These connections are a good check on the quality of our work, which our foreign advisers further help to oversee.

The large and small telescopes in Dwingeloo will be kept in operation.

In 1977 we will start work to extend the Westerbork baseline to 3 km by moving the two new dishes to an outstation. It is foreseen that this work will be finished by the end of 1979. In 1980-1981 we will build several small dishes, as described above.

Receiver developments.

Since 1973 development work in the Foundation has been concentrated on the large 5120 channel digital receiver. Early in 1977 it will be used as the standard receiver for the SRT. In parallel with the development of this backend, the sensitivity of all receiver frontends has been improved. This is a continuing effort which will result in total system temperatures of about 60^{o} at 21 and 75^{o} at 60 cm wavelength.

Computing power.

The calibration and correction of digital correlator data will partly be done in Dwingeloo, so the present PDP11/20 will be replaced by an 11/70. In Westerbork the HP2100 will be replaced by a larger system with more memory at the end of 1978, thereby enabling it to properly monitor the receiver on-line. However these extensions will not change the large fraction of time that has to be spent by university astronomers at their own computer centres. We expect that the computing capacity in the near future

will double once every two years. Nevertheless, in both Leiden and Groningen we hope that over the next five years this will give no problems.

Data reduction.

The NFRA has a large number of computer programs for reducing SRT data. Part of this software system exists in Westerbork and Dwingeloo, while other programs are used on the university computers. A new digital receiver means a completely new software package, since the existing one cannot handle the data stream which will be produced. Part of this new software package has been written already, and the rest will be developed in the coming years.

In the more distant future, analog or quasi-analog methods will be required to reduce and analyze the data.

Beyond 1981.

The plans for large new astronomical instruments in the rest of the world are well known. In the 1970's we will still be at the forefront of radio astronomical observing capabilities. In the 1980's the situation will be different, but the capacity of SRT (40, 3) will remain unexcelled for many observing problems.

The main scientific attractions of the next 10 years will be new, high sensitivity, high resolving power instruments in other spectral domains. Most of the systems cost a great deal more than the SRT. The simple instrument of 1970 has proven to be a flexible one, with many extensions and possibilities for improvement. For at least 20 years it will give the Dutch astronomer the possibility of being a partner in one of the most dynamic areas of current science.

5.2. Departmental reports.

5.2.1. Westerbork telescope group.

The year 1976 will long be known as the year of the "screws". Refastening the 6000 m^2 mesh in Westerbork was spectacular but, though spectacular, it has not been the most important aspect of last year's activities. In 1976 all the preparations necessary to incorporate the new telescopes C and D into the system were completed, in addition to the normal work of observing with and maintaining the existing system.

Table I shows the telescope calendar for 1976. In Table II and Figure 1 the use of the telescope is given as a percentage of total time. Table III lists the observing time for each program, and Table IV for various observing categories. In Tables IV, V and VI other characteristics of the observations are given. Among the non-routine observations, special mention should be made of:

a. Observations of the Sun on four days with the dipoles set parallel for maximum circular polarization sensitivity.
b. Observations of Cygnus made simultaneously with an x-ray satellite to look for bursts at 6 cm.
c. Observation with the SRT in a non-interferometric mode, using the single dishes in series as a total power instrument to observe the polarization of background structures at 21 cm.

Software development has concentrated on the HP2100A-P9202 combination to prepare the whole system for the 40 telescope operation, and for incorporation of the new digital 5120 channel correlator.

The dipole positions in all frontends were recalibrated and are now known and reproducable to within .1 degree. Much time was also spent on the problems produced by the shadowing of individual telescopes by their nearest neighbours. The hot summer influenced the gain and phase-stability of the entire system, and can be partly explained by the large temperature differences between day and night.

The new 6-50 cm receivers will have a wider instantaneous band. Therefore an interference search between 100 and 900 MHz was carried out. Other interference checks have been made, and where necessary this was done in cooperation with other institutions.

Many small changes to the system, the cables, the pointing and steering of the telescopes, and other monitoring equipment have been made.

5.2.2. Dwingeloo telescope group.

In 1976 the 20-year old 25 m telescope was completely converted to fully automatic operation. The use of the telescope is summarized in Table I. From the table we see that 70% of the time was available for observations and system tests.

The solar radio spectrograph has been modified so that the time resolution is now ten milliseconds and the spectral resolution has been narrowed for 40 of the channels to 170 kHz, the other 20 channels remaining at 900 kHz. The narrow channels can be placed anywhere between 200 and 320 MHz, while the broadband channels lie between 160 and 178 MHz. An example of the capability of this instrument is given in Figure 1. The main non-solar observations consisted of a survey of part of the galactic plane at the OH line frequencies of 1665/1667 MHz, and the start of a survey at 1612 MHz.

This last survey was severely hampered by external interference.

A first VLBI experiment at 18 cm with Bonn, Onsala and Fort Davis was successfully carried out.

In 1976 the interferometer consisting of two 7.5 m telescopes used for solar observations came into operation, giving a resolution of about 1 arcmin.

5.2.3. Computer Group.

In 1976 the greatest effort went into four tasks:

a. New on-line SRT software for the 5120 channel correlator.
b. New off-line software for the 5120 channel correlator.
c. New on-line SRT software for the inclusion of telescopes C and D.
d. Standard reduction of SRT data.

Due to lack of manpower the new on-line package in Westerbork was not completely finished in 1976; we hope to be able to make the first observations at the end of January 1977. The new off-line software for the Fourier transformation of digital correlator data became ready in 1976.

The standard reduction required an ever increasing amount of work. This is mainly due to the greater number of short observations as compared to twelve hour observations. In Table I and Figure 1 the use of the IBM370/158 at the Leiden University computer centre for SRT reduction work is shown. The decrease in the second quarter was due to fewer programs being submitted by astronomers, but in the third quarter there were many problems at the computer centre notably a lack of available computing power. However, early in 1977 the capacity of the computer centre will be doubled, hopefully improving the turn around time for the year.

At the end of 1976 the PDP11/20 was replaced by a PDP11/70 in Dwingeloo. The main purpose of this change was to be able to do part of the calibration and correction of SRT data in Dwingeloo rather than in Leiden.

In 1976 an IBM2741 terminal became available in Dwingeloo, linked onto the IBM370/158 in Leiden. This terminal has been used for both Remote/Job/Entry and small numerical programs.

5.2.4. Laboratory and Central Technical Services.

Cryogenic receivers were in use throughout the year on the Dwingeloo telescope. Some problems arose from oil from the compressor getting into the cold-end. Together with CTI experts the origin of this fault was located and it was repaired. The end of 1976 saw a ready prototype of the 6/21 cm cold-front-end for the Dwingeloo telescope. In addition the AIL parametric and FET amplifiers arrived and were extensively tested. Some of them

had to be sent back because they did not meet their specifications and the same was true for the 21/18 cm cooled up-converters.

A start was made in looking for alternatives to the present digital data reduction. Techniques for doing part of the reduction by analogue means are being investigated.

The calibration of the SRT is an ever present problem. In 1976 experience with the 21 cm phase-calibration system showed that many improvements are possible. However, it was concluded that the existing phase-calibration system is not the best procedure. Other ways and means are being investigated, notably the possibility of observing redundant spacings by combining the fixed telescopes.

The 5120 channel digital correlator hardware was finished in 1976, requiring a large percentage of our technical manpower. However, the tests of the correlator show that we can expect a very good system. In Table I possible configurations of the system are given, while in Table II the possible benefits are shown.

In cooperation with the Westerbork telescope group a new receiver scheme for 6 cm was made. It is planned that at the end of 1977 the existing 6 cm frontends will be replaced by new ones, incorporating new uncooled parametric amplifiers in the fixed telescopes. In 1978 the movable telescopes will be equipped with cooled parametric amplifiers.

The incorporation of telescopes C and D in the SRT has necessitated many system changes in Westerbork.

At the end of 1976 a proposal for a new continuum backend was made. This will consist of a digital receiver giving a total bandwidth of 80 MHz, split into eight 10 MHz bands at 6 cm, and eight 5 MHz bands at 21 cm. The receiver will include a digital delay system for the extended SRT. By 1979 this system must be ready.

At the end of the chapter a summary of the use of the available manpower for the different projects is given.

5.2.5. Bureau of the Foundation / General Affairs.

For each personnel member, a review of his function and a work evaluation was carried out in the first half of 1976.

Our sponsor, ZWO, allowed us to expand the group of astronomers in the Foundation at Dwingeloo to six members. By the end of the year one of them had a permanent appointment and the others were on two year contracts.

"Additional" projects at Westerbork urgently required manpower; consequently we were happy to be able to employ ten technicians on a temporary basis in 1976. The extension of the SRT makes it necessary to expand the Westerbork control building. Preparations for this have been made and we hope that this work will be done in 1977.

Considerable attention was paid to furnishing information about radio astronomy and the Foundation not only to members of

the public genuinely interested in our work but also to the numerous tourists visiting the observatories. Among other public media, we gave assistence to several programmes of the Dutch radio and television, a programme of the Canadian Broadcasting Corporation and we contributed to the B.B.C.'s "Key to the Universe".

5.2.6. Astronomy Group.

During 1976, the NFRA astronomy group more than doubled in size. D.E. Harris and R.G. Strom were joined by V.K. Kapahi from India, G.N. Blair from the United States and R.T. Schilizzi from Australia and, latterly, the U.S. This has broadened the group's astronomical interests somewhat, though the accent remains on extragalactic studies. A summary of the research done in 1976 appears in section 5.3.1. At mid-year, the Board of the Foundation asked Strom to act as the group's head.

Each astronomer has responsibility in at least one area which lies outside his normal research interests. These service tasks cover a wide range of activities. Blair will be partly responsible for advising and assisting the technical staff during the test phase of the new digital line receiver. This includes participating in the test observations, advising astronomers about their measurements and acting as a liaison between them and the NFRA staff. In a similar vein, Kapahi acts as a regular contact for the staff in Westerbork, keeping a check on observations and assisting when problems of a more astronomical nature arise.

Administration of the preprint and reprint system is the responsibility of Harris. For each research article submitted for publication, preprints are issued and distributed to some seventy astronomical libraries around the world. A new reprint system has been set up, wherein interested astronomers receive reprint lists from which they can choose the articles they are most interested in. The Foundation library is administered by Strom, who must help decide which books and journals would be useful additions.

Schilizzi is assisting in the experiments to set up regular VLBI observations with the Netherlands as a participant. This includes all stages of observation and reduction, as well as keeping the NFRA informed about new developments in the field. In October of 1976, Schilizzi together with A. van Ardenne (NFRA), B. Baud and G.K. Miley (both Leiden) operated the Dwingeloo 25 m dish in an experiment with the Effelsberg 100 m and Onsala 25 m telescopes. The observations were made at 18 cm in both the line and continuum, and lasted for 24 hours. During the last three hours the 26 m Fort Davis, Texas, telescope also took part.

The sources observed included the compact central component of 3C236 (in continuum) and the OH maser associated with the infrared star NML Cygnus (line), as well as a number of calibrators. The recording terminal used in Dwingeloo was borrowed from Onsala.

The data will be reduced in March 1977 using the NRAO correlator in Charlottesville, Va. A check has shown fringes from calibrators on all the baselines. A further experiment is planned for 1977 and it is hoped that the SRT can eventually be used as a tied array. A recording terminal will be acquired for later observations.

One of the chief reasons for setting up the astronomy group was to improve the contact between NFRA staff and university astronomers. To this end, each member of the group is assigned to one of the universities where the majority of SRT users are, Groningen and Leiden. Harris and Kapahi regularly visit the Kapteyn Laboratory in Groningen, attending colloquia and making use of the data reduction facilities located there. Blair, Schilizzi and Strom have regular contact with the Leiden Observatory and its staff. Many of the research projects are done jointly with university astronomers.

5.2.7. Personnel Council.

The Personnel Council has now fully proven its value to the Foundation. It is frequently involved in questions concerning the NFRA management, usually unofficially but, if desired, sometimes in an official capacity as well.

5.3. ASTRONOMICAL REPORTS.

The following reports describe work done with Foundation instruments by radio astronomers in the Netherlands. Research done by astronomers from foreign observatories is included only if it has been carried out in close collaboration with someone at a Dutch institute. It should be pointed out that much important work has therefore not been described. The list of programs found in Chapter 2.1. gives some idea of the importance of this omission, which is necessitated by practical considerations.

5.3.1. Radio astronomical research of Foundation staff.

Foundation staff members have, by collaborating with a number of foreign colleagues, been involved in observing projects in several countries. These have included not only radio measurements, but also observations with millimeter, infrared, optical and even X-ray instruments. E.Raimond, for example, who was busy for most of the year with the VLA in Socorro, New Mexico, has been involved in preparations for the IRAS project since his return.

C. Slottje finished an article on the spectral characteristics of drifting chains of Type I radio bursts. One of the impor-

tant findings of this project is that there is essentially no difference between single bursts and elementary bursts in a drifting chain. Any theory must thus be able to explain both phenomena. Slottje's other work on the fine structure in radio flare spectra and the atlas of Type II and IV radio storm fine structures continues.

Work on the distribution of neutral hydrogen in the galactic plane near longitude 90^{o} has been published by H.W. van Someren Grêve and S.C. Simonson. It appears that this region, which has much complex fine scale structure, also shows correlations between H I, recently formed stars, H II regions and dust.

Research on H II regions includes detailed studies of individual objects and survey-type observations of many regions chosen in a systematic way. R.H. Harten has been involved in projects to study complexes such as M17, W75, W1, S132, S155, W51 and W3. In the last two, recombination line observations have been done. A map of M17 is shown in Figure 3.1.1. There is also a 6 cm survey being done with the Westerbork telescope of about 100 Sharpless objects. A survey of a group of relatively simple nearby molecular clouds is being undertaken by G.N. Blair and others. He is also involved in a survey to search for SiO and H_2O maser emission from infrared stars.

Work on the interpretation of Dwingeloo background polarization observations has been nearby completed by T.A.Th. Spoelstra and W.N. Brouw. They have combined their data with polarization information from other sources (star, pulsars, discrete radio sources) to study the local galactic magnetic field, and find both smooth and random components with strengths of about 2 to 4 μG.

Study of continuum emission from the nearby galaxy IC342 by Harten is nearly complete, though work on the hydrogen line emission is hampered by the size of the object. No continuum radiation could be detected at 50 cm from the low latitude hydrogen line feature which has been interpreted as a nearby galaxy.

Work on the circular polarization of extragalactic sources at 21 cm has been completed by E. Raimond and K.W. Weiler (MPI-Bonn). While several compact sources were found to be circularly polarized, none of the extended ones are. From this one can conclude that insufficient resolution is probably not the reason that so little circular polarization has been detected in radio sources.

V.K. Kapahi continues his work on the cosmological implications of the angular sizes of extragalactic radio sources. Together with R.D. Ekers he is observing many sources from low and high frequency catalogues. By combining this with other measurements, they hope to study the angular size distribution to low flux density levels.

R.T. Schilizzi, in addition to his VLBI work (see section 5.2.6.), is reducing data on the radio trail PKS 2247+11. The 21 cm observations with the SRT are being done jointly with Ekers and Harris.

D.E. Harris continues his investigations of clusters of galaxies and the relationship between their radio and X-ray emission. He and G.K. Miley have SRT observations of the clusters Abell 376, 407, 1035, 1446, 1452, 1775, 1904, 2220, 2255 and 2319. His work with N.A. Bahcall and Strom on unidentified Uhuru X-ray sources is virtually complete. Of the five fields observed, only one is clearly identified with radio emission, the cluster Abell 2142. One of the others is probably the star AM Hercules.

In addition to his work with Harris and others, R.G. Strom finished a study of the radio galaxies 3C123 (see Figure 3.1.2.) and 3C427.1 with P.P. Kronberg (MPI-Bonn). They are also collaborating on observations of the peculiar object 3C303. Work with A.G. Willis and others on large radio galaxies continues. Preliminary data on NGC 315 were published in 1976, and a study of 3C326 was essentially completed.

5.3.2. Research at "Kapteyn Laboratory", Groningen, with Foundation instruments.

The studies of the structure and dynamics of spiral galaxies with 21 cm line observations in Westerbork have now reached the final stage of reduction. The earlier tentative results have all been upheld and progress has been made towards the construction of schematic models. The latter is especially the case for warps of the planes in the outer regions of galaxies and the observed interactions such as the H I-bridge between NGC 3077 and M81. This can be explained as the result of an encounter $\approx 6 \times 10^8$ years ago at a separation of 25 kpc. Most galaxies have distortions in their velocity fields; often these are apparently due to bar- or oval-type structures or to warpings of the planes.

Emphasis has been placed on complementary optical studies, in particular deep photometry, and spectroscopy of the inner regions. Efforts to obtain such material or to establish cooperative projects have been very fruitful.

In the radio continuum it is consistently found in spiral galaxies that in the z-direction the extent is larger than that of H I, while the H I extends to larger radii in the disks. The radio spectra usually increase both with z and with r in the plane. The first seems due to losses of the electrons when they stream out of the plane; in the radial direction a varying thermal contribution to radio emission offers a good explanation. Radially the sources of cosmic rays seem smoothly distributed.

The 21 cm absorption against Perseus A at 8000 km s^{-1} is seen only in a compact continuum component. The observed upper limit to the H I emission cannot rule out the possibility that the observed absorption is due to a foreground galaxy. The H I-distribution and velocity field in NGC 7320 in Stephan's Quintet are not noticeably distorted, in agreement with an accidental projection

of this system on the high-redshift members on the sky. At the high velocity the H I is distributed very chaotically and not confined to any of the galaxies.

The luminosity function of elliptical galaxies shows that the probability of radio-emission scales as the optical luminosity to the power 1.5; the function is indistinguishable inside and outside clusters. Two tailed sources in Zwicky clusters with low velocity relative to these clusters indicate a rather high intergalactic density in poor groups. This might have important cosmological consequences. M87 has a very faint radio halo which might indicate a head-tail configuration.

The H109α recombination line has been mapped in a few compact H II regions. The rotation in DR21 reported earlier seems due to an instrumental effect. The line H166-α amplified by the strong non-thermal continuum is detected in the extragalactic system M82.

5.3.3. Research at Leiden Observatory with Foundation instruments.

The OH survey with the Dwingeloo telescope at 1665/1667 MHz has been very fruitful. An extensive OH cloud in Orion (see Figure 1) has been detected having a length of at least 50 pc, while the associated H II region has a diameter of about 10 pc. It looks as if stars are created in a cloud at least 100 pc in size.

In July a new OH survey at 1612 MHz was started. The aim of this survey is to map the galactic plane between longitudes 10^{o} and 90^{o} and latitudes between $-4^{o}.2$ and $+4^{o}.2$. The main purpose of the survey is to detect type II OH/IR sources. These sources are associated with M dark giants, super giants and Mira variables. The profiles observed have a general double structure, pointing to expansion of a circumstellar shell. The systematic character of the survey will, for the first time, give information on this type of object without any selection effects.

The Figures show some of the highlights of the research in 1976. In Figure 3.2.1. the distribution of neutral hydrogen and the velocity field of NGC 5055 are shown. In Figure 3.2.2. a model for the density waves in M81 is given, in Figure 3.2.3. the distribution of the neutral hydrogen in NGC 4631 (upper right hand corner) and NGC 4656 is given, superimposed on an optical photograph. In Figure 3.2.4. the H166-α emission of hydrogen in the extragalactic system M82 is shown. In Figure 3.2.5. the distribution of the spectral index between 610 and 1410 MHz is given for NGC 3556. In Figure 3.2.6. an example of a strip-scan from the survey of galaxies at 21 cm is given. The galaxy shown is NGC 5846. Figure 3.2.7. shows the radio halo of M87 (Virgo A) at 50 cm, superimposed on a Palomar Sky Survey plate. The central area in this figure has been studied with the 5 km telescope in Cambridge at 2.7 and 5 GHz. In Figure 3.2.8. the head-tail source B2 1615+35 is given at 21 cm.

The study of H II regions in our own galaxy has produced many interesting results, which have been published in a thesis by Israël. Some of these results will be followed up by others. At 6 and 21 cm, observations were made of Sharpless regions in the direction of the anti-centre. The radio structure of this region coincides with the optical structure. In three of the regions studied the central exiting star is situated in an area with relatively low radio luminosity. At 6 cm observations were done on the Perseus region. The structures found contain many compact components with very high densities.

A number of fields were observed near the galactic centre at 21 cm to study the density of point sources, which are probably planetary nebulae. From the distribution of these sources as a function of distance from the centre the mass distribution near the galactic nucleus can be obtained. The first impression is that there is indeed an increase in the number of point sources towards the centre, but not as strong as expected from calculations by Oort.

A.G. de Bruyn published a thesis giving many detailed observations of extragalactic sources. The objects studied by him all show strong emission from the nucleus.

In M51 polarization percentages of up to 12% have been observed (see Figure 2). This implies that 14% of the magnetic field has a preferred direction, parallel to the spiral arms. M31 has been extensively studied at 50 and 21 cm, in cooperation with astronomers from Stockholm, Bonn and Jodrell Bank.

The study of galaxies in the H I line has continued, especially to examine the dynamical forces and processes in the spiral structure. Theoretical developments have posed questions which can be answered by new observations. By the same token radio observations of spiral galaxies have resulted in the start of a program of surface photometry of these nebulae.

The M81 group has been extensively studied in Groningen and Leiden. A bridge of neutral hydrogen was detected between M81 and NGC 3077 and a survey of neutral hydrogen in the whole M81 group has been done by astronomers from Leiden and Bonn with the 100 m telescope. In NGC 2685, which consists of a central sigar-like concentration of stars, a helical structure of gas and young stars, and a diffuse ring structure around it, radio data on the neutral hydrogen show that the helical structure rotates. The outermost ring, however, is part of a completely different kinematic system (see Figure 3). The central part of M31 shows large radial velocities of up to 50 km/s (see Figures 4a and b).

The study of galaxy clusters has concentrated on three main subjects:

1) the relation between radio and X-ray emission,
2) the morphology of head-tail sources,
3) the radio luminosity function in clusters.

Many observations, especially of Abell clusters, have been done, quite often in cooperation with others. Many clusters have fairly intricate and complex radio structure and often contain head-tail sources. Detailed studies of the spectral index and polarization distributions have begun. In Figures 5, 6 and 7 some results of these cluster programs are given.

The study of the very large radio galaxies 3C326, 3C236, DA240 and NGC 315 has continued at various frequencies. In 3C326 the spectral index varies only marginally across the whole source. This probably means that 'in situ' acceleration of relativistic particles has to take place. Furthermore, the projected magnetic field is extremely uniform over many hundreds of kiloparcsecs and is parallel to the main axis of the system (see Figure 8).

For cosmological purposes many more analyses of radio source counts have been made. A catalogue of 1075 sources at 21 cm became available, and optical plates were taken for the radio fields. A large number of sources identified with quasars in this survey will be observed at 6 cm. The first analysis of these data shows that the radio sources have an isotropic distribution across the sky (see Figure 10). Additional material has become available to produce a source count at 21 cm with a flux limit of about 1 mJy. At 6 cm a preliminary catalogue of about 80 radio sources has been produced.

5.3.4. Research at Utrecht Observatory with Foundation instruments.

The research program has concentrated on the so-called Type I-project, which is directed towards the study and interpretation of the metric solar radio noise storm phenomenon. Observations obtained with the 60-channel radiospectrograph, used in conjunction with the Dwingeloo 25 meter radio telescope, are digitally analysed. The stormbursts are thus recorded in considerable detail and with high precision.

The interpretive effort deals with such problems as:
- the strength of the magnetic field in the source region;
- the role played by scattering of the radiation in the corona;
- what instabilities can grow on a time scale < 1 sec. ?
- the source and the acceleration mechanism of fast electrons;
- spontaneous and induced generation of Langmuir waves.

Insight into these questions was gained and certain ideas with respect to some of them were worked out.

In Figure 1 a typical example of a double Type I burst is given.

5.4. Extension of the Synthesis Radio Telescope.

As mentioned in the 1975 report the mechanical construction of the two new movable 25 m telescopes was finished by the end of

1975. The electrical construction was finished in May 1976 and it took the Foundation the remainder of 1976 to make the dishes operational. Now they are in their final test period together with the new 5120 channel digital line receiver. By the spring of 1977 the new SRT (40, 1.5) will be operational for routine observations.

In early 1977 ZWO allowed us to further extend the SRT to a (40, 3) instrument. Preparations are now being made by the Foundation to start the work and according to the present planning this should be completed in the second half of 1979.

5.5. Appendices.

Appendix A gives the organisational structure of the Foundation. The main parts are: Board (Bestuur), Management (Werkgroep), Program Committee (Programma Commissie), Foreign Advisers (Buitenlandse Adviseurs), Solar Committee (Zoncommissie), Steering Committee SRT extension (Stuurgroep SRT uitbouw) and Personnel Council (Personeelsraad).

Appendix B gives the names of the Foundation personnel: Office (B.1.), Telescope group (B.2.), Central Technical Services (B.3.), Laboratory (B.4.), Computer Group (B.5.), and Astronomers (B.6.).

Appendix C shows the operating budget (C.1. and C.2.) and the investment subsidies (C.3.).

Appendix D gives the radio astronomical publication of astronomers in the Netherlands during 1976.

Appendix A. ORGANISATIE (per 1 januari 1977).

A.1. Bestuur van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg.

	Einde termijn
* Prof. Dr. H. van der Laan, voorzitter	31-12-1980
* Prof. Dr. H.C. van de Hulst, vice-voorzitter	31-12-1978
* Dr. H. van Woerden, sekretaris	31-12-1979
* Ir. C. Kramer	31-12-1978
Dr. R.D. Ekers	31-12-1978
Prof. Dr. C. de Jager	31-12-1979
Ir. F.R. Neubauer	31-12-1978
* Dr. Ir. J. van Nieuwkoop	31-12-1979
Prof. Dr. F.L. Stumpers	31-12-1977
Dr. Ir. K. Teer	31-12-1980
Prof. Dr. Ir. A.A.T.M. van Trier	31-12-1978

* Deze bestuursleden vormen het Dagelijks Bestuur.

Uitvoerend sekretaris:

A.H. Schöller
Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg
Oude Hoogeveensedijk 4
Dwingeloo, NL 7514
tel. : 05219-7244
telex: NL 42043

De direkteur van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-wetenschappelijk Onderzoek (ZWO) wordt uitgenodigd de bestuursvergaderingen bij te wonen.

A.2. Werkgroep.

Dr. W.N. Brouw, voorzitter
A.H. Schöller, sekretaris, Hoofd van het Bureau
Ir. J.F. van der Brugge, Hoofd Centrale Technische Dienst
Ir. J.L. Casse, Hoofd Laboratorium
Ir. H.C. Kahlmann, Hoofd Teleskoopgroep Dwingeloo/Westerbork
Drs. H.W. van Someren Gréve, Hoofd Computergroep

A.3. Commissies.

Programma Commissie.

Dr. H. van Woerden, voorzitter
* Ir. J.D. Bregman, sekretaris
Dr. T.S. van Albada
Dr. R.J. Allen
* Dr. W.N. Brouw
Dr. J. Heise
Prof. Dr. J.H. Oort
* Ir. C. Slottje
* Dr. T.A.Th. Spoelstra
Dr. R.G. Strom
Dr. A.G. Willis
Dr. A. Winnberg

* leden qualitate qua

Buitenlandse Adviseurs.

Dr. J.A. Högbom	Stockholm Observatorium	Zweden
Dr. J.B. Oke	Hale Observatory	U.S.A.
Dr. V.R. Radhakrishnan	Raman Institute	India
Dr. S. Weinreb	N.R.A.O.	U.S.A.
Dr. L. Woltjer	E.S.O.	Duitsland

Zon Commissie.

Dr. Ir. J. van Nieuwkoop, voorzitter
Dr. J. Kuijpers, sekretaris
Prof. Dr. H.G. van Bueren
Dr. A.D. Fokker
Dr. T. de Groot
Prof. Dr. M. Kuperus
Ir. C. Slottje

De voorzitter van het Bestuur van de Stichting wordt voor de vergaderingen van de Commissies uitgenodigd.

Stuurgroep SRT uitbouw.

Dr. W.N. Brouw, voorzitter
A.H. Schöller, sekretaris
Ir. B.G. Hooghoudt, projektleider
Ir. J.L. Casse

A.4. Kontaktpersonen instellingen.

Prof. Ir. B. van Dijl, TH Eindhoven
Ir. F.J. van Hutten, L.E.O.K., Oegstgeest
Prof. Ir. C.A. Muller, TH Twente
Prof. Ir. B.P.Th.Veltman, TH Delft

A.5. Personeelsraad SRZM.

B.A.P. Schipper, voorzitter
B. Kramer, sekretaris
J. Buiter, vertrouwensman
G.J. Grit
Ir. J.E. Noordam
H.J. Stiepel

A.6. (Inter)nationale commissies.

Nederlands Comité Astronomie - Dr. W.N. Brouw
Sectie Sterrenkunde Academische Raad - Dr. W.N. Brouw
Ir. H.C. Kahlmann
(als adviserende leden)
Nationaal U.R.S.I. Comité - Drs. J.P. Hamaker
Inter Union Commission for the Allocation of Frequency -
Ir. J.D. Bregman
Waarnemer Nationale CCIR - Schaduwcommissie II -
Ir. J.D. Bregman
I.R.A.S. - Dr. E. Raimond
Rijkscommissie voor Geodesie - Dr. W.N. Brouw
Uitvoerend sekretaris van Commissie 40 - I.A.U. -
Dr. R.G. Strom

Appendix B. PERSONEEL (per 1 januari 1977).

Voorzitter van de Werkgroep	Dr. W.N. Brouw

B.1. Bureau van de Stichting.

1.	Hoofd van de afdeling	A.H. Schöller
2.	Administrateur	M. Meinen
3.	Administratief medewerker	J. Duinkerken
4.	Sekretaresse	Mej. J.H. Ekkelenkamp
5.	Administratief medewerkster	Mevr. F. Jansen-Slagter
		Mej.H.J.Streutker
6.	Administratief medewerkster	Mej. W. Smit
7.	Administratief medewerkster	vakature
8.	Typiste/telefoniste	Mej. M. v.d. Laan
9.	Concierge/chauffeur/tuinman	H. Sieders
10.	Huishoudster	Mevr. W. Sieders-Barkhof
11.	Kantinebeheerder	J. Hoek
12.	Schoonmaakster 1)	Mevr. A. Bentum-Zoer
13.	Schoonmaakster 1)	Mevr. H. Eising-Zoer
14.	Schoonmaakster 1)	Mevr. R. Hoek-Bentum
15.	Schoonmaakster 1)	Mevr. R. Kiers-Fledderus
16.	Schoonmaakster 1)	Mevr. T. de Weerd-Barels

1) part-time

B.2. Teleskoopgroep.

1.	Hoofd van de afdeling	Ir. H.C. Kahlmann
	te Dwingeloo	
2.	Hoofd waarneembedrijf	Ir. C. Slottje
3.	Waarnemer	B. Kramer
4.	Waarnemer	J. Tenkink
5.	Studentwaarnemers	
	te Westerbork	
6.	Hoofd waarneembedrijf	W.H.J. Beerekamp
7.	Systeemfysikus	Ir. J.D. Bregman
8.	Ontvangeringenieur	A.C. Hin
9.	Projekt technikus	A. Wolfers
10.	Systeem software beheerder	S. Drenth
11.	Programmeur	G.J. Grit
12.	Radioastronomisch waarnemer	P. v.d. Akker
13.	Radioastronomisch waarnemer	T. Grit

14.	Radioastronomisch waarnemer	S. Sijtsma
15.	Ontvanger technikus	H.J. Stiepel
16.	Computer technikus	J.A. Jongebloed
17.	Beheerder mechanische werkplaats	J. Bakker
18.	Mechanisch technikus	A. ter Wiel
19.	Elektrisch technikus	K. Jansen
20.	Telefoniste/sekretaresse	Mevr. G. Gerding-Wolbers
21.	Bewaker/tuinman	K. Kreeft
22.	Bewaker/tuinman	H. Oostenbrink
23.	Bewaker/tuinman	H. Wijma
24.	Schoonmaakster 1)	Mevr. R. Heling-Rosing
25.	Schoonmaker 1)	J. Heling

1) part-time

B.3. Centrale Technische Dienst.

1.	Hoofd van de afdeling	Ir. J.F. van der Brugge
2.	Hoger technikus	R.J.H. van 't Land
3.	Hoger meettechnikus	D. Hoogenraad
4.	Hoger elektronikus	W. Huiskamp
5.	Technisch dokumentalist	G.B.B. van der Toorn
6.	Elektronisch technikus	H.J. Borkhuis
7.	Elektronisch technikus	K. Brouwer
8.	Elektronisch technikus	J. Buiter
9.	Elektronisch technikus	O.A. Hofman
10.	Elektronisch technikus	vakature
11.	Elektronisch technikus	Y.J. Koopman
12.	Elektronisch technikus	A.M. Koster
13.	Elektronisch technikus	L. Nieuwenhuis
14.	Elektronisch technikus	P.H. Riemers
15.	Elektronisch technikus	N. Schonewille
16.	Elektronisch technikus	H. Snijder
17.	Elektronisch technikus	S.Th. Zwier
18.	Fotograaf	H.W.H. Meijer
19.	Magazijnmeester	P.C. Jager
20.	Hulpkracht	J. Grit
21.	Stagiair	
22.	Stagiair	
23.	Stagiair	
24.	Stagiair	
25.	Stagiair	
26.	Stagiair	
27.	Stagiair	
28.	Stagiair	
29.	Chef instrumentmakerij	I. Starre
30.	Sous-chef instrumentmakerij	M. Pauw
31.	Mechanisch technikus	J. Bakker

32.	Mechanisch technikus	J.S. Dekker
33.	Mechanisch technikus	J. Idserda
34.	Mechanisch technikus	G.J.M. Koenderink
35.	Mechanisch technikus	R.C.V. van Schie
36.	Technisch tekenaar	R. van Dalen
37.	Technisch tekenaar	J. Slagter

B.4. Laboratoriumgroep.

1.	Hoofd van de afdeling	Ir. J.L. Casse
2.	Ingenieur	Ir. A. van Ardenne
3.	Ingenieur	Ir. A. Bos
4.	Ingenieur	Drs. J.P. Hamaker
5.	Ingenieur	Ir. J.E. Noordam
6.	Ingenieur	Dr. J.D. O'Sullivan
7.	Ingenieur	Ir. L.H. Sondaar
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.	Hoger elektronikus	B.A.P. Schipper
14.	Hoger elektronikus	Ing. E.E.M. Woestenburg
15.	Elektronisch technikus	R. Kiers
16.	Elektronisch technikus	A.G. Poot
17.	Elektronisch technikus	J. Weggemans
18.	Elektronisch technikus	P.A. Wesdorp

B.5. Computergroep.

1.	Hoofd van de afdeling	Drs. H.W. van Someren Gréve
	te Dwingeloo	
2.	Systeem ontwerper	Dr. E. Raimond
3.	Systeem ontwerper	Dr. R.H. Harten
4.	Systeem ontwerper/programmeur	C. van Slooten
5.	Programmeur	Ing. K. Kombrink
6.	Programmeur	Y.W. Kroodsma
7.	Programmeur	Mej. H.H.J. Lem
	te Leiden	
	Centrale Reduktiegroep	
8.	Hoofd reduktiegroep	Dr. T.A.Th. Spoelstra
9.	Programmeur	G.A.W.L. Doove

10.	Programmeur	J.J. Schafgans
11.	Programmeur	K. Weerstra
12.	Administratief assistente 1)	Mej. M. Crama

B.6. Astronomen.

1.	Astronoom (hoofd van de afdeling)	Dr. R.G. Strom
2.	Astronoom	Dr. G.N. Blair
3.	Astronoom	Dr. D.E. Harris
4.	Astronoom	Dr. V.K. Kapahi
5.	Astronoom	Dr. A.H. Rots
6.	Astronoom	Dr. R.T. Schilizzi

B.7. Werkstudenten.

1. Mej. P.C. van Yperen 1)
2. J.W. Assies 1)
3. part-time werkstudenten

1) tijdelijk part-time

B.8. T.A.P.-regeling.

1.	Ingenieur	Ir. A.M.J. Vossen

Appendix C. FINANCIEN.

C.1. Voorlopig overzicht van het Gewoon Subsidie 1976.

		subsidie		eindsaldo	
RB = 71	Algemene en Bureaukosten	f 189.000,--		f 10.000,--	
RD = 73	Radiosterrenwacht Dwingeloo (beheer)	203.000,--	-/-	5.500,--	
RE = 74	Teleskoopgroep Dwingeloo	83.000,--	-/-	2.000,--	
RF = 75	Centrale Technische Dienst	174.000,--		1.000,--	
RG = 76	Laboratorium	317.000,--	-/-	3.000,--	
RH = 77	Radiosterrenwacht Westerbork (beheer)	181.000,--	-/-	2.000,--	
RK = 78	Teleskoopgroep Westerbork	166.000,--		1.500,--	
RM = 79	Computergroep	108.000,--		6.000,--	
RN = 80	Onderhoud aan opstallen en instrumenten	35.000,--	-/-	5.000,--	
RP = 81	Astronomen	3.000,--		1.000,--	
	Totaal materiëel subsidie	f 1.459.000,--		f 2.000,--	**
RA = 70	Salaris Subsidie	4.891.000,--			*
	Totaal	f 6.350.000,--		f 2.000,--	

* Door ZWO te bepalen.
** Na aanapssing voor de kosten van de gaasaktie Westerbork, publiciteit e.a.

C.2. Gewoon Subsidie.

1977	ƒ 6.870.000,--

C.3. Investeringssubsidie.

1975	ƒ 1.656.000,--
1976	1.050.000,--
1977	2.000.000,--

Appendix D. PUBLIKATIES EN RAPPORTEN.

D.1. Onderzoek artikelen.

Allen, R.J., Goss, W.M., Ekers, R.D. and de Bruyn, A.G., 1976. The giant spiral galaxy M 101. Observations of variable continuum radio emission from supernova 1970g and measurements of the continuum radio structure of the giant H II complex NGC 5455, Astron. Astrophys. 48, 253.

Altenhoff, W.J., Braes, L.L.E., Olnon, F.M. and Wendker, H.J., 1976. A search for radio emission from stars, Astron. Astrophys. 46, 11.

Arp, H.C., Sulentic, J.W., Willis, A.G. and de Ruiter, H.R., 1976. A BL Lac object near the spiral galaxy NGC 6503, Astrophys. J. Letters 207, L 13.

Bahcall, N.A., Harris, D.E., Strom, R.G., 1976. Radio-optical candidates for the high-latitude X-ray sources 3U 1555+27 and 3U 1809+50, Astrophys. J. 209, L 17.

Ball, D.L., Grayzeck, E.J., Harten, R.H., Jackson, P.D., Kerr, F.J., 1976. A 21 cm longitude-velocity diagram for the galactic equator $\ell=236^{o}$ - 340^{o}, Astron. Astrophys. Suppl. 25, 449.

Benz, A.O., Kuijpers, J., 1976. Type IV dm bursts: onset and sudden reductions, Solar Phys. 46, 275.

Braes, L.L.E. and Miley, G.K., 1976. Another correlated X-ray-radio transition in Cygnus X-1, Nature 264, 731.

Bridle, A.H., Davis, M.M., Meloy, D.A., Fomalont, E.B., Strom, R.G. and Willis, A.G., 1976. The giant radio galaxy NGC 315, Nature 262, 179.

Brouw, W.N. and Spoelstra, T.A.Th., 1976. Linear polarization of the galactic background at frequencies between 408 and 1411 MHz. Reductions, Astron. Astrophys. Suppl. 26, 129.

Burn, B.J., Conway, R.G., 1976. The moments of the brightness distribution of a radio source, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 175, 461.

De Bruyn, A.G., 1976. Radio investigations of active spiral and Seyfert galaxies, Doctor's Thesis, Sterrewacht, Leiden University.

De Bruyn, A.G., 1976. Radio spectra of non-uniform synchrotron sources with internal absorption, Astron. Astrophys. 52, 439.

De Bruyn, A.G., and Wilson, A.S., 1976. A 1415 MHz survey of Seyfert and related galaxies, Astron. Astrophys. 53, 93.

De Bruyn, A.G., Crane, P.C., Price, R.M. and Carlson, J.B., 1976. The radio sources in the nuclei of NGC 3031 and NGC 4594, Astron. Astrophys. 46, 243.

De Groot, T., Loonen, J., Slottje, C., 1976. Chains of type I stormbursts, Solar Phys. 48, 321.

Derharveng, L., Israel, F.P. and Maucherat, M., 1976. Optical and radio observations of the galactic H II region S 206 (NGC 1491), Astron. Astrophys. 48, 63.

Ekers, R.D., Fanti, R., Lari, C., Ulrich, M.-H., 1975. B 0924 + 30 an unusual radio galaxy, Nature 258, 584.

Ekers, R.D., Hulst, J.M. van der, Miley, G.K., 1976. Observations of the 21 cm absorption line in NGC 1275, Nature 262, 369.

Fanti, R., Lari, C., Spencer, R.E., Warwick, R.S., 1976. The radio source B2 0055+30, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 174, 5 P.

Hamaker, J.P., 1976. A phase calibration system for the 1415 MHz continuum receiver of the Westerbork Telescope, Astron. Astrophys. 52, 99.

Harten, R.H., 1976. Aperture synthesis observations of W 3 (OH) (G133.9+1), Astron. Astrophys. 46, 109.

Israel, F.P., 1976. Radio investigations of galactic and extragalactic H II regions, Doctor's Thesis, Sterrewacht, Leiden University.

Israel, F.P., 1976. Aperture synthesis observations of galactic H II regions. II. The galactic radio source W 58, Astron. Astrophys. 48, 193.

Israel, F.P., 1976. Aperture synthesis observations of galactic H II regions. III. Small H II regions in the anticenter region, Astron. Astrophys. 52, 175.

Israel, F.P. and Felli, M., 1976. Aperture synthesis radio observations of three filamentary nebulae, Astron. Astrophys. 50, 47.

Jaffe, W.J. and Perola, G.C., 1976. A Westerbork survey of rich clusters of galaxies, II. The luminosity function of bright cluster galaxies at 1415 MHz, Astron. Astrophys. 46, 275.

Jaffe, W.J., Perola, G.C. and Valentijn, E.A., 1976. A Westerbork survey of rich clusters of galaxies. III. Observations of the Coma cluster at 610 MHz. Astron. Astrophys. 49, 179.

Kerr, F.J., Harten, R.H., Ball, D.L., 1976. Further 21 cm survey observations in the southern milky way, Astron. Astrophys. Suppl. 25, 391.

Kuijpers, J., Slottje, C., 1976. Fiber bursts concurrent with a weak noise storm, Solar Phys. 46, 247.

Sancisi, R., 1976, Warped H I disks in galaxies, Astron. Astrophys. 53, 159.

Schwarz, U.J., Sullivan III, W.T., Hulsbosch, A.N.M., 1976. Aperture synthesis observations of the high velocity cloud HVC 132+23-211, Astron. Astrophys. 52, 133.

Segalovitz, A., 1976. Investigations of normal spirals: M 51 and M 81, Doctor's Thesis, Sterrewacht, Leiden University.

Segalovitz, A., 1976. High resolution six cm observations of Messier 51, Astron. Astrophys. 52, 167.

Segalovitz, A., Shane, W.W. and de Bruyn, A.G., 1976. Polarization detection at radio wavelengths in three spiral galaxies, Nature 264, 222.

Shaver, P.A., 1976. Di-electronic recombination in the interstellar medium, Astron. Astrophys. 46, 127.

Shaver, P.A., Weiler, K.W., 1976. The radio structure of four supernova remnants, Astron. Astrophys. 53, 237.

Simonson III, S.C. and van Someren Grêve, H.W., 1976. Neutral Hydrogen in a region of Cepheus: nearby galactic structure, Astron. Astrophys. 49, 343.

Van der Kruit, P.C. and de Bruyn, A.G. 1976. The peculiar spiral galaxy NGC 3310. I. General properties, far ultraviolet and radio continuum observations, Astron. Astrophys. 48, 373.

Van Vliet, A., Harten, R.H., Miley, G.K. and Albers, H., 1976. Radio sources near strong radio galaxies and quasars, Astron. Astrophys. 47, 345.

Weiler, K.W., Raimond, E., 1976. Aperture synthesis observations of circular polarization: I. Methods and their application to the observation of unresolved sources at 1.4 GHz, Astron. Astrophys. 52, 397.

Wellington, K.J., Sullivan III, W.T., Goss, W.M., Matthews, H.E., 1976. H 109α Aperture synthesis observations of DR 21 and W 3, Astron. Astrophys. 47, 351.

Willis, A.G. 1976. On the counts of radio sources adjacent to nearby galaxies, Astron. Astrophys. 52, 219.

Willis, A.G., Oosterbaan, C.E. and de Ruiter, H.R., 1976. A Westerbork 1415 MHz survey of background radio sources. I. The catalogue, Astron. Astrophys. 25, 453.

Wilson, A.S., and Weiler, K.W., 1976. The brightness and polarization structure of the suspected supernova remnant 3C58 at centimetre wavelengths, Astron. Astrophys. 43, 357.

Wilson, A.S. and Weiler, K.W., 1976. G 21.5-0.9 - A supernova remnant resembling the Crab nebula, Astron. Astrophys. 53, 89.

D.2. Overzichtsartikelen en conferentie bijdragen.

Blair, G.N., Davis, J.H., Dickinson, D.F., 1976. Water masers near H II regions and infrared stars, Bull. Am. Astron. Soc. 8, 552.

Dekker, E., 1976. Spiral structure and the dynamics of galaxies, Physics Reports 24C, 315.

Dickinson, D.F., Blair, G.N., 1976. SiO masers in S-type variable stars, Bull. Am. Astron. Soc. 8, 347.

Ekers, R.D., Goss, W.M., Schwarz, U.J., Downes, D., Rogstad, D.H., 1974. High-resolution observations of Sagittarius A at 6 cm (2nd Eur. Reg. Meeting in Astr., Trieste, Sept. 1974), Mem. Soc. Astr. Ital. 45, 277.

Evans, N.J., II, Blair, G.N., 1976. The energetics of molecular clouds, Bull. Am. Astron. Soc. 8, 514.

Miley, G.K., 1976. The morphology of radio sources, Proc. 1975 NATO Summer School on the Physics of Radio Sources, ed. G. Setti (Reidel, Dordrecht).

Oort, J.H., 1976. Interpretations of radio and optical observations of NGC 1275, Pub. Astr. Soc. Pacific 88, 591.

Oort, J.H., 1976. A survey of planetary nebulae near the galactic center, Pub. Astr. Soc. Pacific 88, 596.

Shane, W.W., 1975. High resolution observations of neutral hydrogen in Messier 51, Coll. Int. CNRS No. 241, ed. L. Weliachew, p. 217.

Shane, W.W., 1975, High resolution observations of neutral hydrogen in Messier 31, Coll. Int. CNRS No. 241, ed. L. Weliachew, p. 257.

Shane, W.W., 1975, High resolution observations of neutral hydrogen in NGC 1300, Coll. Int. CNRS No. 241, ed. L. Weliachew, p. 413.

Strom, R.G., 1974. Recent Westerbork observations of radio galaxies, Mem. Soc. Astr. Ital. 45, 523.

Strom, R.G., Duin, R.M., 1974. Radio observations of the young supernova remnants 3C10 and 3C358, Mem. Soc. Astr. Ital. 45, 689.

Strom, R.G., Willis, A.G., Wilson, A.S., 1974. High resolution observations of large and complex radio galaxies, Mem. Soc. Astr. Ital. 45, 535.

Van der Kruit, P.C., Allen, R.J., 1976. The radio continuum morphology of spiral galaxies, Ann. Rev. A. and A. 14, 417.

Van der Laan, H., 1976. Recent advances in far-extragalactic radio astronomy, Pub. Astr. Soc. Pacific 88, 594.

D.3. Populaire artikelen.

Allen, R.J., 1976. Color pictures of doppler shifts, Sky and Telescope 52, 334.

Bleeker, J.A.M. en Valentijn, E.A., 1976, Röntgen- en radiowaarnemingen van een intracluster medium. Ned. Tijd. Nat. 42, 120.

Brouw, W.N., 1976. Computers en Radiosterrenkunde, C.R.I. Bulletin no. 13. pp 30-33.

Israel, F.P., 1976. Supernova uitbarstingen in melkwegstelsels, Zenit 3, 38.

Israel, F.P., 1976. Astronomie in beweging, Intermediair/Elsevier.

Van der Kruit, P.C., 1976. Botsende melkwegstelsels, Zenit 3, 240.

Van der Laan, H., 1976. De Sterrewacht rekent op het C.R.I., C.R.I. Bulletin.

Willis, A.G., 1976. Radiomelkwegstelsels, Natuur en Techniek 44, 588.

Woerden, H. van, 1976. De spiraalstructuur van sterrenstelsels. Astronomie in beweging, Intermediair/Elsevier, 149-168.

D.4. Internal Technical Reports.

No.	Datum	Auteur	Titel
142	March '76	A. Bos	The 256 channel spectral line system for the Dwingeloo telescope.
143	Jan. '76	A. Bos	The 5000 channel digital correlator. Functional description. Part I: The I.F. system.
144	June '76	T.W. Cole	On the calibration of an aperture synthesis instrument.
145	Aug. '76	T.W. Cole	Hybrid Processing of Westerbork Data.

D.5. Notes.

No.	Auteur	Titel
216	W.N. Brouw	Radio-asmetingen december 1975.
217	A. Doorduin	Het gebruik van een computer systeem voor bedradings dokumentatie.
218	R.P. Millenaar	Hardware beschrijving van fringe demodulation systeem voor de SRT. (nog niet verschenen).
219	A.G. Poot J. Buiter R.P. Millenaar	Hardware beschrijving van het I.F. systeem voor de 5000 kanaals digitale korrelator.
220	H.W. van Someren Gréve	Description of a phase error in the WSRT 80 channel line receiver.
221	B. Kramer H. Tenkink C. van Slooten	Bepaling van de radioassen van de 25 m teleskoop te Dwingeloo.
222	C. Slottje	Meting van Zonne bursts met de SRT. Eisen t.a.v. het dynamisch bereik.
223	H. Tenkink	Radio asmetingen april 1976.
224	B.A.P. Schipper	Over interface systemen.
225	W.N. Brouw	Final decision on C and D railtrack for SRT (40,3)
226	H.W. van Someren Gréve T.A.Th. Spoelstra	Beschrijving van het computerprogramma STERCØP
227	J. Buiter	Een universeel temperatuur registratie systeem met de Philips meerpunt recorder PM 8235.
228	R.P. Millenaar	Hardwarebeschrijving van de IF-besturingsunit en verzwakkeruitlezing digitaal lijnbackend SRT.

D.6. Colloquia gehouden te Dwingeloo in 1976.

Naam	Titel
L. Aardoom	Satelliet-geodesie.
G.N. Blair	Verslag IAU bijeenkomst. Star formation symposium in Genève.
W.N. Brouw D.E. Harris C. Slotje R.G. Strom	Verslag IAU bijeenkomst. De algemene vergadering in Grenoble.
T.W. Cole	Searching for extra terrestrial intelligence.
T.W. Cole	Analogue data processing.
M. Disney	Arrays of small optical telescopes.
L.J.M. Esser	Analoge schuifregisters ("charge-coupled devices", "emmertjesgeheugens").
A.M. van Genderen	Het zuidelijk station van de Leidse sterrenwacht te Hartebeespoortdam, Zuid-Afrika.
R.H. Hammerschlag J. v.d. Biezen	Trillingsmetingen aan de Dwingeloo-teleskoop m.b.v. een optische interferometer.
D.E. Harris	Extragalactic X-ray sources.
P. Hut	Gravitatie-straling.
F.P. Israel	Radiowaarnemingen van lichtende gasnevels.
H.C. Kahlmann	Opsporen van mogelijke gas- en olievelden m.b.v. seismische trillingen.
V.K. Kapahi	Verslag IAU bijeenkomst. Cosmology symposium in Cambridge.
V.K. Kapahi	An evolutionary universe as indicated by lunar occultation observations with the Ooty radio telescope.
H.W.H. Meyer	Het maken van kleurenafdrukken van dia's.
I. Pauliny-Toth	Observing with Very Long Baseline Interferometers.

E. Raimond	De "Very Large Array" anno 1976.
G.A. Sawatzky	Informatie-opslag in zand.
J. Snieder	Phased - array antennas.
T.A.Th. Spoelstra	Magneetvelden in het Melkwegstelsel.
H. van der Stadt	Speckle interferometrie.
J. Tinbergen	Ontwikkelingen in de optisch-astronomische instrumentatie (n.a.v. IAU bijeenkomsten in Grenoble en Meudon).
H. Tolmer	Toepassingen van Josephson junctions voor astronomische doeleinden.
A. Winnberg	OH-infrared stars.
H. van Woerden	Een survey van geïoniseerde waterstof-gebieden in zuidelijke sterrenstelsels m.b.v. de Parkes teleskoop.

D.7. Colloquia gegeven door medewerkers van de Stichting.

Blair, G.N.[+], Studies of dense molecular clouds. Max-Planck-Institut, Bonn en Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Groningen; juni.
Line observations of SiO and H_2O masers. 167e NAC, Nijmegen; oktober.

Bos, A.[+*]

Bregman, J.D. [+*]

Hamaker, J.P. [+*]

Harten, R.H., Radio studies of IC 342. Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze en Laboratoria Nazionale di Radio-Astronomia, Bologna; mei.

Harris, D.E. [+*], Radio observations of X-ray sources. Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Groningen, Physics Department, University of New Hampshire, NRAO, Charlottesville Va. en Astronomy Department, University of Maryland; januari en februari.
Tailed radio galaxies and clusters. Physics Department, University of New Hampshire; oktober.

Kahlmann, H.C. [+*]

Kapahi, V.K. [+], Cosmology from angular sizes of radio sources. Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Groningen; december.

Meijer, H.W.H. [+]

Raimond, E. [+]

Schilizzi, R.T. [+]

Slottje, C. [+]

Spoelstra, T.A.Th. [+], The local galactic magnetic field. Max-Planck-Institut, Bonn; maart.

Strom, R.G. [+*]

O'Sullivan, J.D. [+*]

[+]Dwingeloo colloquium, zie onder D.6.

[+*] NERG voordracht gehouden in het kader van: Nieuwe ontwikkelingen in de techniek van de radiosterrenkunde en hun toepassing in de synthese radioteleskoop bij Westerbork. Leiden; oktober.

D.8. Deelname van Stichtingsmedewerkers aan kongressen.

Ardenne, A. van [+]

Blair, G.N., [*] YERAC, 2-4 augustus, Torun (Polen).
IAU Symposium No. 75: Star Formation, 6-10 september, Genève.

Bos, A. [+]

Bregman, J.D. [+]

Brouw, W.N. [+*], IAU Colloquium No. 40: Astronomical Applications of Image Detectors with Linear Response, 6-8 september, Meudon (Frankrijk).
IEEE/URSI Regional Meeting, 12-15 oktober, Amherst (U.S.A.)

Casse, J.L. [+]

Hamaker, J.P. [+]

Harris, D.E. [*] HEAD Meeting, 27-29 januari, Cambridge (U.S.A.)

Harten, R.H. [*]

Kahlmann, H.C. [+]

Kapahi, V.K. [+*], YERAC, 2-4 augustus, Torun (Polen).
IAU Symposium No. 74: Radio Astronomy and Cosmology, 16-20 augustus, Cambridge (Engeland).

Noordam, J.E. [+], YERAC, 2-4 augustus, Torun (Polen).

Raimond, E. [*]

Schilizzi, R.T. [*], IAU Symposium No. 74: Radio Astronomy and Cosmology, 16-20 augustus, Cambridge (Engeland).

Schipper, B.A.P., 5th European Microwave Congress, 14-17 september, Rome.

Slottje, C. [+*]

Someren Gréve, H.W. van [+]

Spoelstra, T.A.Th., IAU-EPS Symposium on Problems of Magnetic Fields in the Cosmos, 6-11 april, Krim.
IAU Colloquium No. 35: The Compilation, Critical Evaluation, and Distribution of Stellar Data, 19-21 augustus, Strasbourg.

Strom, R.G. [+*], IAU Symposium No. 74: Radio Astronomy and Cosmology, 16-20 augustus, Cambridge (Engeland).

O'Sullivan, J.D. [+]

Woestenburg, E.E.M., 5th European Microwave Congress, 14-17 september, Rome.

[+] Deelnemer aan de Nederlandse Astronomen Conferentie, 5-7 mei, Vlieland.

[*] Deelnemer aan de IAU XVI General Assembly, 24 augustus - 2 september, Grenoble.

Appendix E. ADRESLIJST.

Instituten:

Amsterdam (G.U.): Sterrenkundig Instituut, Universiteit van Amsterdam, Roeterstraat 15, Amsterdam, 020-5229111.
Amsterdam (V.U.): Natuurkundig Laboratorium der V.U., De Boelelaan 1081, Amsterdam-Buitenveldert, 020-5483574.
Bonn : Max Planck Institut für Radioastronomie, Auf dem Hügel 69, 53 Bonn, B.R.D., 09-4922215251.
Dwingeloo : Radiosterrenwacht, Oude Hoogeveensedijk 4, Dwingeloo, 05219-7244.
Groningen : Sterrenkundig Laboratorium "Kapteyn", Hoogbouw WSN, Postbus 800, Groningen, 050-116695.
Leiden : Sterrewacht, Huygenslaboratorium, Wassenaarseweg 78, Leiden-2405, 071-148333, toestel 5835/5800.
Nijmegen : Sterrenkundig Instituut, Katholieke Universiteit, Toernooiveld, Nijmegen, 080-558833.
Utrecht : Sterrewacht, Servaas Bolwerk 13, Utrecht, 030-312841.
Westerbork : Radiosterrenwacht Westerbork, post Hooghalen, 05939-421.
Z.W.O. : Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, Postbus 2138, 's-Gravenhage, 070-839100.

Albada, Drs. G.D. van, Leiden, tst. 5841.
Opaalstraat 156, Leiden, 071-768506.
Albada, Dr. T.S. van, Groningen, 050-116650.
Groenestein 31, Roden, 05908-17093.
Allen, Dr. R.J., Groningen, 050-116661.
Neptunusstraat 38, Groningen, 050-779597.
Ardenne, Ir. A. van, Dwingeloo.
Tapuitlaan 102, Hoogeveen, 05280-69313.
Baars, Dr. Ir. J.W.M., Bonn.
Tannenstrasse 6, 5357 Morenhoven, B.D.R.
09-4922265905.
Baldwin, Dr. J.W., Cavendish Laboratory, Madingley Road, Cambridge CB3 OHE, Engeland.
Bannier, Dr. J.H., Z.W.O.
Baud, Drs. B., Leiden, tst. 5880.
Herengracht 18, Leiden, 071-120224.
Beerekamp, W.H.J., Westerbork.
Valderseweg 2, Dwingeloo, 05219-1923.
Berkhuijsen, Mej. Dr. E.M., Bonn.
Messdorfersstrasse 187, Bonn-Lessenich, B.R.D., 09-492221629462.

Blaauw, Prof. Dr. A., Leiden, tst. 5915.
Boerhaavelaan 149, Leiden.
Asserstraat 78, Zuidvelde, post Norg, 05928-2565.
Blair, Dr. G.N., Dwingeloo.
Westrupsingel 23, Dwingeloo.
Blum, Prof. E.J., Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique, 92-Meudon (Haute de Seine), Frankrijk.
Boer, Drs. J.A. de, Groningen, 050-116664 (en 6671).
Magnesiumlaan 9, Groningen, 050-129169.
Borgman, Prof. Dr. J., Groningen, 050-116633.
Prof. Van der Leeuwplantsoen 27, Roden, 05908-19414.
Bos, Ir. A., Dwingeloo.
De Reiger 17, Hoogeveen, 05280-67613.
Bosma, Drs. A., Groningen, 050-116656.
Bezettingslaan 158, Groningen.
Braes, Dr. L.L.E., Leiden, tst. 5873.
Vondellaan 56, Leiden, 071-65065.
Bregman, Ir. J.D., Westerbork.
De Groenkampen 5, Hooghalen, 05939-387.
Brinkman, Prof. Dr. H., Groningen, 050-115700.
Vermeerweg 7, Eelde, 05907-3363.
Brouw, Dr. W.N., Dwingeloo.
Eursingerweg 28, Beilen, 05930-3514.
Brugge, Ir. J.F. van der, Dwingeloo.
Achter de Hoven 2, Dwingeloo, 05219-1720.
Bruyn, Dr. A.G. de, Hale Observatories, 813 Santa Barbarastreet, Pasadena, California 91101, U.S.A.
Bueren, Prof. Dr. H.G. van, Utrecht.
Meidoornlaan 13, Linschoten, 03480-5406.
Buiter, J., Dwingeloo.
Valderseweg 20, Dwingeloo, 05219-1460.
Burke, Prof. Dr. B.F., Massachusetts Institute of Technology, Phys. Dept., Cambridge, Mass. 02139, U.S.A.
Casse, Ir. J.L., Dwingeloo.
Kleine Beer 62, Hoogeveen, 05280-65392.
Christiansen, Prof. W.N., School of Electrical Engineering, University of Sydney, Sydney N.S.W.2006, Australië.
Cole, Dr. T.W., C.S.I.R.O., Division of Radiophysics, P.O.Box 76, Epping N.S.W. 2121, Australië.
Conway, Dr. R.G., Nuffield Radio Astronomy Observatory, Jodrell Bank, Macclesfield, Cheshire, Engeland.
Dekker, Mej. Dr. E., Leiden, tst. 5828.
Meidoornlaan 13, Linschoten, 03480-5406.
Downes, Dr. D., Bonn.
Duinen, Dr. R.J. van, Groningen, 050-116688.
Kroonkampweg 42, Haren, 050-345916.

Dijl, Prof. Ir. B. van, Technische Hogeschool, Afd. Elektrotechniek, Eindhoven, 040-473430.
Johan de Wittlaan 18, Eindhoven, 040-436222.
Dymanus, Prof. Dr. A., Nijmegen, 080-558833.
Grameystraat 35, Nijmegen, 080-241377.
Ekers, Dr. R.D., Groningen, 050-116659.
Venuslaan 13, Groningen, 050-773222.
Elsässer, Prof. Dr. H., Max Planck Institut für Astronomie, 69 Heidelberg 1, Königstuhl, B.R.D.
Fanti, Mevr. Dr. C. Laboratoria Nazionale de Radio-Astronomia, Via Irnerio 46, 40100 Bologna, Italië.
Fanti, Dr. R., Laboratoria Nazionale di Radio-Astronomie, Via Irnerio 46, 40100 Bologna, Italië.
Fejes, Lic. I., Nèpszinhâz-u 46, Boedapest VIII, Hongarije.
Felli, Dr. M., Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Largo Enrico Fermi 5, 50125 Firenze, Italië, 09-3955220034
Fierst van Wijnandsbergen, P.J., Z.W.O.
Fokker, Dr. A.D., Utrecht.
Kruislaan 17, Bilthoven, 030-785610.
Goss, Dr. W.M., Division of Radiophysics, C.S.I.R.O., Epping N.S.W. 2121, Australië.
Greenberg, Prof. Dr. J.M., Leiden, tst. 5836.
Morsweg 44, Leiden.
Grit, G.J., Westerbork.
Nijkampen 53, Westerbork, 05933-1889.
Groot, Dr. T. de, Utrecht.
Ornsteinsingel 18, Utrecht, 030-716148.
Habing, Dr. H.J., Leiden, tst. 5884.
Beatrixlaan 63, Oegstgeest, 071-54967.
Hamaker, Drs. J.P., Dwingeloo.
"Lieverlhee", Lhee 23, Dwingeloo, 05219-7229.
Harris, Dr. D.E., Dwingeloo.
Nadirlaan 45, Hoogeveen, 05280-68350.
Harten, Dr. R.H., Dwingeloo.
Melkweg 55, Hoogeveen, 05280-67130.
Hees, Mej. Drs. R.M.J.J.A. van, Utrecht.
Saô Paulodreef 30, Utrecht, 030-617718.
Heeschen, Dr. D.S. National Radio Astronomy Observatory, Edgemont Road, Charlottesville, Virginia 22901. U.S.A.
Heise, Dr. J., Laboratorium voor Ruimte Onderzoek, Beneluxlaan 21, Utrecht, 030-937145.
Gerverskop 31, Harmelen, 03483-2066.
Heuvel, Prof. Dr. E.P.J. van den, Amsterdam (G.U.).
Da Costalaan 3, Baarn, 02154-5586.
Hin, A.C., Westerbork,
Bosweg 23, Hooghalen, 05939-464.
Hoekema, T., Leiden, tst. 5851.
Hoofdstraat 123, Leiderdorp, 071-40517.

Högbom, Dr. J.A., Stockholms Observatorium, 13300 Saltsjöbaden, Zweden, 09-4687170631.
Hooghoudt, Ir. B.G., Prinsenlaan 10, Oegstgeest, 071-51539.
Hulsbosch, Dr. A.N.M., Nijmegen.
Weezenhof 66-47, Nijmegen, 080-446959.
Hulst, Prof. Dr. H.C. van de, Leiden, tst. 5853.
Sterrewacht 8, Leiden, 071-131192.
Hulst, Drs. J.M. van der, Groningen, 050-116658.
Valreep 45, Groningen, 050-411836.
Hummel, Drs. E., Groningen, 050-116655.
Van Heemskerkstraat 1, kamer 509, Groningen.
Hutten, Ir. F.J. van, L.E.O.K., Haarlemmerweg 7, Oegstgeest, 01711-19210.
Erasmusweg 15, Noordwijk aan Zee.
Israël, Dr.F.P., California Institute of Technology 105-24, Pasadena, California 91125, U.S.A.
Jaffe, Dr. W.J., Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey 08540, U.S.A.
Jager, Prof. Dr. C. de, Laboratorium voor Ruimte Onderzoek, Beneluxlaan 21, Utrecht, 030-937145.
Zonneburg 1, Utrecht, 030-314253.
Jong, Dr. T. de, Amsterdam (G.U.).
Brittenburg 42, Leiderdorp 071-890598.
Kahlmann, Ir. H.C., Westerbork.
Buinerstraat 37, Borger, 05998-5372.
Kapahi, Dr. V.K., Dwingeloo.
Helios 258, Hoogeveen.
Katgert, Drs. P.,Leiden, tst. 5852.
Koolmeesstraat 25, Leiderdorp, 071-891457.
Katgert-Merkelijn, Mevr. Dr. J.K., Leiden, tst. 5880.
Koolmeesstraat 25, Leiderdorp, 071-891457.
Kattenberg, Drs. A., Utrecht.
Gansstraat 51, Utrecht, 030-516845.
Kotanyi, Lic. C.G., Groningen, 050-116655.
Haddingestraat 20, Groningen.
Kramer, B., Dwingeloo,
Bethesdastraat 47, Hoogeveen, 05280-68874.
Kramer, B., Dwingeloo.
Bethesdastraat 47, Hoogeveen, 05280-68874.
Kramer, Ir. C., Coörd. Ontw. MSD, Gebouw QGp, Veenpluis, Best 040-62061.
Bernhardweg 2, Aalst, 04904-2651.
Kruit, Dr. P.C. van der, Groningen, 050-116666.
Aart van der Leeuwlaan 7, Groningen, 050-257636.
Kundu, Dr. M.R., University of Maryland, Astronomy Program, Space Science Building, College Park, Maryland 20742, U.S.A.
Kuperus, Prof. Dr. M., Utrecht.
Spoorlaan 9A, Bussum, 02159-17288.
Kuijpers, Dr. J.M.E., Utrecht.
Opaalweg 13, Utrecht, 030-514892.
Laan, Prof. Dr. H. van der, Leiden, tst. 5848.
Grotiuslaan 10, Leiderdorp, 071-893682.

Lari, Dr. C., Laboratoria Nazionale di Radio-Astronomia, Via Irnerio 46, 40100 Bologna, Italië, 09-3951232856.
Lieshout, Prof. Dr. R. van, Z.W.O.
Luyten, Dr. R.J., Rekencentrum der R.U. Groningen, Postbus 800, Groningen, 050-116704.
Mathewson, Prof. Dr. D.S.,Mount Stromlo Observatory, Private Bag, Woden ACT 2606, Australië.
Matthews, Dr. H.E., Bonn.
Mezger, Dr. P.G., Bonn.
Miley, Dr. G.K., Leiden, tst. 5849.
Mosroos 14, Leiden, 071-132638.
Muller, Prof. Ir. C.A., T.H. Twente, Drienerloolaan 5, Enschede. 05420-93590.
Odinksveld 8, Delden, 05407-2428.
Neubauer, Ir. F.R., Directoraat Radiozaken PTT, Kon. Julianaplein 15, Den Haag, 070-757202.
Guido Gezellelaan 86, Delft, 015-563636.
Nieuwkoop, Dr. Ir. J. van, Utrecht.
Prinsesselaan 12, Apeldoorn, 055-215164.
Noordam, Ir. J.E., Dwingeloo.
Looweg 4, Dwingeloo, post Uffelte, 05219-8244.
Oke, Dr. J.B., Mount Wilson and Palomar Observatories, 1201 E. California Street, Pasadena, California 91104, U.S.A.
Oort, Prof. Dr. J.H., Leiden, tst. 5845.
President Kennedylaan 169, Oegstgeest, 071-54158.
Oosterbaan, Drs. C.F., Leiden, tst. 5878.
Van Breestraat 192 III, Amsterdam, 020-710405.
O'Sullivan, Dr. J.D., Dwingeloo.
Castor 49, Hoogeveen, 05280-67739.
Perola, Dr. G., Universita Degli Studi di Milano, Instituto di Scienze Fisiche, Via Celoria 16, 20133 Milano, Italië.
Poole, Drs. R.S. le, Leiden, tst. 5874.
Rijndijk 47, Hazerswoude, 01714-3043.
Pottasch, Prof. Dr. S.R., Groningen, 050-116641.
Zuidlaarderweg 1, Glimmen, 05906-1544.
Radhakrishnan, Dr. V.R., Raman Research Institute, Hebbal P.O., Bangalore 560006, India.
Raimond, Dr. E., Dwingeloo.
Esweg 1B, Dwingeloo, 05219-1699.
Rinia, Dr. Ir. H., Azalealaan 11, 3581 Achel, België.
Rosenberg, Dr. J., Oude Gracht 271, Utrecht, 030-317741.
Rots, Dr. A.H., Dwingeloo.
Neptunusstraat 6, Groningen.
Ruiter, Drs. H.R. de, Leiden, tst. 5878.
Boerhaavelaan 202, Leiden, 071-156558.
Ryle, Sir Martin, Cavendish Laboratory, Madingley Road, Cambridge CB3 OHE, Engeland.

Scancisi, Dr. R., Groningen, 050-116652.
Acacialaan 57, Groningen, 050-779971.
Schilizzi, Dr. R.T., Dwingeloo.
Achter de Hoven 3, Dwingeloo, 05219-2318.
Schipper, B.A.P., Dwingeloo.
Zwederaweg 59, Ruinen, 05221-1977.
Schöller, A.H., Dwingeloo.
Valderseweg 1, Dwingeloo, 05219-1860.
Schwarz, Dr. U.J., Groningen, 050-116663.
Kamperfolie 4, Roden, 05908-18720.
Schooneveld, Prof. Dr. C. van, Leiden, tst. 5883.
Baron Schimmelp. v.d. Oyenlaan 12, Voorschoten, 01717-6457.
Schwarz, Dr. U.J., Groningen, 050-116663.
Kamperfoelie 4, Roden, 05908-18720.
Shane, Dr. W.W., Leiden, tst. 5843.
Wilhelminapark 34, Oegstgeest, 071-151622.
Slottje. Ir. C., Dwingeloo.
De Wulp 33, Hoogeveen, 05280-62098.
Someren Grêve, Drs. H.W. van, Dwingeloo.
Mr. J. de Blieckweg 30, Koekangerveld, 05223-744.
Sondaar, Ir. L.H., Dwingeloo,
Hoogeveenseweg 26, Meppel, 05220-52008.
Spoelstra, Dr. T.A.Th., Leiden, tst. 5854.
V. Schellingerhoutstraat 31, Woubrugge, 01729-8495.
Stiepel, H.J., Westerbork.
Hingstakkers 22, Beilen, 05930-3975.
Strom, Dr. R.G., Dwingeloo.
Eursingerweg 26, Beilen, 05930-2327.
Stumpers, Prof. Dr. F.L., Natuurkundig Laboratorium der NV Philips,
Prof. Holstlaan, Gebouw WB5, Eindhoven, 040-742514.
Elzentlaan 11, Eindhoven, 040-115512.
Teer, Dr. Ir. K., Natuurkundig Laboratorium der NV Philips,
Prof. Holstlaan, Gebouw WB5, Eindhoven, 040-742609.
Vesaliuslaan 50, Eindhoven, 040-114932.
Trier, Prof. Dr. Ir. A.A.T.M. van, Raad Advies Wetenschapsbeleid,
Anna Paulownastraat 115, Den Haag, 070-639922.
Veltman, Prof. Ir. B.P.Th., Technische Hogeschool Delft, Laboratorium voor Technische Natuurkunde, Lorentzweg 1,
Delft, 015-133222.
Händellaan 3, Voorschoten, 01717-4810.
Visser, Drs. H.C.D., Groningen, 050-116653.
Grote Beerstraat 294, Groningen, 050-776144.
Weiler, Dr. K.W., Bonn.
Weinreb, Dr. S., National Radio Astronomy Observatory, Edgemont Road, Charlottesville, Va. 22901, U.S.A.
Wellington, Dr. K.J., Division of Radiophysics, C.S.I.R.O.,
Epping, N.S.W. 2121, Australië.

Wendker, Dr. H.J., Hamburger Sternwarte, Gojensbergsweg 112,
2050 Hamburg 80, B.R.D., 09-494072522493.
Weijma, Dr. H., Z.W.O.
Wielebinski, Dr. R., Bonn.
Willis, Dr. A.G., Leiden, tst. 5847.
Backstraat 238, Leiden, 071-31538.
Wilson, Dr. A.S., Astronomy Centre, Physics Building, University
of Sussex, Falmer Brightin BN1 9QH, Sussex,
Engeland.
Winnberg, Dr. A., Bonn.
Woerden, Dr. H. van, Groningen, 050-116667.
Slauerhofflaan 62, Haren, 050-347709.
Wolfers, A., Westerbork.
Hoofdweg 53, Elsloo, 05612-508.
Woltjer, Prof. L., ESO, Director General, Schleissheimerstrasse 17,
8046 Garching bei München, 09-49893204041-45.
Gorkom, Mej. Drs. J.H. van, Groningen, 050-116690.
Woonboot Meerkoet, Beijumerweg t.o. nr. 31,
Noorderhogebrug, tel. 050-410428.
Shaver, Dr. P.A., Groningen, 050-116675.
Schaepmanlaan 60, Groningen, 050-257455.
Shostak, Dr. G.S., Groningen, 050-116655.
Zonnelaan 321, Groningen, 050-713479.

DRUK: racmo, Meppel 05220-54627