



CHALMERS
TEKNISKA HÖGSKOLA

40+ år på Chalmers - några minnen

av Jan Askne

Tiden hos Olof Rydbeck
Atmosfärradiometri
Radarfjärranalys
Undervisning och administration
Emeritus

ISBN 978-91-88041-67-8

[Under a creative commons license](#)



Texten är skriven vid olika tillfällen 2007–2020

2026 skedde vissa förändringar i samband med möjligheten att lägga upp skriften på research.chalmers.se vilket kom upp i ett samtal med Gunnar Elgered och jag fick sedan hjälp av Cecilia Granell, för vilket jag är tacksam.

Vad jag framför allt minns:

- att få arbeta med många duktiga doktorander
- uppskjutningen av den första europeiska radarsatelliten, ERS-1 (17 juli 1991) och att bara några dagar senare avseglade isbrytaren Oden från Göteborg på den första svenska nordpolsexpeditionen, med min forskningsgrupp för fjärranalys och havsis – (Förberedelserna för ERS-1 såväl som Odenexpeditionen hade pågått i åtskilliga år, så den slutgiltiga synkroniseringen efter många förseningar var otroligt lyckosam).

Fortsatta utmaningar för fjärranalysen

- att ge ytterligare och förbättrade underlag för klimatmodeller
- att utforska och förstå interaktionen mellan våg och medium

Innehållsförteckning

Innehåll

Förord	5
Tiden hos Olof Rydbeck	6
Torleiv och tiden som universitetslektor	12
Vågutbredning i maserstrukturer	17
Radioastronomi - Berkeley	19
Tiden efter Berkeley	22
Fjärranalystillämpningar avseende mikrovågsradiometri	24
Prolog	24
Oljespill till havs	24
Meteorologisk utrustning	28
Ozon och ODIN	35
Radarfjärranalys	39
Prolog	39
Svenska förberedelser inför ERS-satelliten, 1984 - 1991	41
Datorutrustning	46
Ett av de mest spännande åren i verksamheten, 1991	47
Skog börjar bli ett viktigt komplement till havsis	53
Ett nytt forskningsspår – interferometri	55
Den oväntade nyttan av teknisk utveckling	56
Mätningar av is under åren 1991-2001	60
Åter ett nytt forskningsspår: Lågfrekvent radar och skog	62
Sista året som ansvarig för Fjärranalysgruppen	63
Appendix I Fjärranalysgruppen, foton, examina	66

Appendix 2 Foton från fältexperiment – havsis	68
PRE-BEPERS 1987	71
BEPERS 1988	72
CV-580 Flygningar över Bottenviken	73
Arctic-91	74
BEERS-92	76
BEERS93	77
BEERS94	78
Undervisning och administration	80
Undervisning	80
Rymdutbildning i Kiruna	82
Nordisk forskarkurs i Mikrovågsfjärranalys	83
Utställningar	84
Administration	85
Konferenser	90
Emeritus 2001 -	94
Många av betydelse	97
Bilaga: Formella aspekter av professuren	98
Professur i fjärranalys 1984	98
Utvärderingar av verksamheten	98
Efterord	103

Förord

Det här är en berättelse om min Chalmersanknutna verksamhet från 1961 till i dag. Vid olika tillfällen och med olika motiv har jag skrivit ner minnen från vad jag tycker är en intressant utveckling, minnen om hur det var att arbeta för Olof Rydbeck, en av de mer framstående professorerna på Chalmers på sin tid, om hur jag intresserade mig för fjärranalys med mikrovågsradiometri, om att vara med om radarfjärranalysens uppstart i Europa och att bli Sveriges förste tekniskt inriktade professor inom fjärranalysområdet.

Under åren har institutionen bytt namn från Elektronik (1948 – 63) till Elektronfysik I (1963 – 1987), Radio- och rymdvetenskap (1987 - 2016), till Rymd- och geovetenskap (2016 - 2017) och senast till Rymd- geo- och miljövetenskap. Utforskandet av jorden och rymden med elektromagnetiska vågor har då varit en röd tråd tillsammans med den elektronikutveckling som varit behövlig för ändamålet för den del som härstammar från Olof Rydbeck. Själv har jag ändrat forskningsinriktning flera gånger även om vågutbredning och modellering av olika media alltid varit grunden.

En lite mer formell sammanfattning av mig själv kan vara:

1957 började jag på Chalmers utbildning inom Elektroteknik, var klar civilingenjör 1961 och anställdes av professor Olof Rydbeck på institutionen för Elektronik samma år. Jag blev universitetslektor 1967, professor i Fjärranalys 1984, pensionerades 2001, blev IEEE Fellow 2004 "for contributions to microwave remote sensing applications and education" och fick samma år Thulin-medaljen i silver för "för sina betydande insatser som forskare och utbildare inom svensk och internationell fjärranalys".

Verksamheten är kopplad till radarfjärranalysens utveckling i Europa med ERS-1 satelliten och dess uppföljare. ERS-1 var Europeiska Rymdstyrelsens, ESA:s första satellit med teknik som tidigare bara funnits med den amerikanska Seasat under dess livstid av tre månader och med en teknik där Europa i mångt och mycket fortfarande är ledande beträffande civilt inriktade satelliter. Här vill jag beskriva den tiden sett från min horisont, men också min tid som lärare och forskare vid Chalmers.

Tiden hos Olof Rydbeck

Examensarbete och tiden som Olofs assistent

Att jag skulle stanna kvar på Chalmers för gott stod inte klart för mig när jag i slutet av mina fyra år, våren 1961, funderade på examensarbete. Det var några olika examensarbeten som jag minns lockade, typiska för sin tid, alla från Elektronikinstitutionen som förestods av Olof Rydbeck. Ett handlade om mätning av dielectricitetsegenskaper för olika födoämnen för att utveckla tekniken för Husqvarnas mikrovågsugn, som var under utveckling. Ett annat handlade om att följa upp utvecklingsmöjligheter inom laserteknik, ett då helt nytt område, som man förstod hade stor potential. Jag minns att jag tyckte det var väldigt spännande men jag ville gärna göra exjobbet tillsammans med någon med mer praktisk erfarenhet än jag, och jag fann inte någon intresserad av dessa förslag. I stället blev det ett examensarbete tillsammans med Stig Thylander som avsåg utveckling av Franck Hertz stötförsök, en metod att karakterisera olika medicinskt intressanta ämnen. Examensarbetet skedde i samarbete mellan Elektronikinstitutionen och Medicinsk Fysik, GU. Det var Sigfrid Yngvesson som var handledare på Chalmers, men exjobbet genomfördes på Medicinsk Fysik. Sigfrid Yngvesson var en av de som arbetade med utveckling av maserteknik av vandringsvågstyp för Olof, en teknik som var ny och synnerligen intressant för förstärkning av radiovågor. Olof hade utvecklat vandringsvågröret och andra tekniker för just förstärkning av radiovågor, något som varit hans intresse alltsedan han doktorerade på Harvard med projekt avseende utforskning av jonosfären och radiokommunikation via jonosfären. En väsentlig anledning till valet av examensarbetet i fråga var alltså samarbetet med Stig Thylander, en trygg skåning som hade en hel del praktisk erfarenhet innan sina Chalmers-studier. Tillsammans arbetade vi intensivt ett antal månader och bland annat fick vi ett vakuumrör tillverkat av Elektronikinstitutionens dåvarande glasblåsare, Claesson, som successivt hade lite mindre att göra sedan omfattande arbeten med olika förstärkarrör hade börjat upphöra. Tyvärr råkade vi ut för att vårt vakuumrör imploderade och möjligheterna att tillverka ett nytt fanns inte, varför vi fick avsluta med en mer teoretisk studie. När vi skrivit samman vårt arbete fick vi träffa Olof Rydbeck för första gången och han undrade om någon av oss var intresserad av att fortsätta vid institutionen. Stig var inte intresserad. Han tänkte gå till

industrin och började sedan på Ericsson i Mölndal. Själv var jag däremot intresserad. Jag tyckte att det skulle vara intressant att tränga djupare in i saker och ting än vad Chalmers-tiden hade tillåtit och hade funderat på vilka institutioner som kunde vara intressanta att fortsätta vid. De två professorer som jag tyckte mig förstå utmärkte sig speciellt var Olof Rydbeck och Henry Wallman. Henry Wallman kom från MIT i USA efter kriget och arbetade på Chalmers med TV-teknik för att förstärka bilder från röntgenrör, teknik som i dag används hos tandläkare förutom sjukhus. Båda var personligheter som gjort sig kända i teknologkretsar.



Officiellt foto av Olof på Ionospheric Research Laboratory, Penn State

Möjligheten att få börja för Olof Rydbeck lät spännande och Olof berättade om hur han i många år önskat sig en personlig assistent, men inte haft ekonomisk möjlighet förrän nu att se sig om efter en sådan. Uppgiften skulle vara att hjälpa honom med beräkningar och på annat sätt. Till att börja med var det tal om att kontrollräkna långa uträkningar som Olof utförde men också att gå igenom institutionens alla tidskrifter. Enligt hans instruktioner om vad han var intresserad av var tanken att jag skulle reagera på intressanta artiklar

och kopiera första sidan med abstrakt av artikeln och sätta in i ett mycket stort antal olika pärmar beroende på områden. Olof skulle sedan titta igenom dessa, men jag måste väl säga att pärmarna med fotostatkopior svälde men Olof hade inte så mycket tid att titta i dem. I alla fall kopierade Kapten Fahlberg många sidor med de "våtmetoder" som fanns vid den tiden. Kapten Fahlberg var ett av flera original på institutionen som var anställda som arkivarbetare (arbetslösa som fått statligt reservarbete) efter många år och äventyr på haven. Det fanns en del livsöden som fann en tillflykt vid institutionen och hjälpte till med göromål, från kopiering och stencilering till biblioteksrutiner. De bekostades av AMS och var för institutionen ofta till stor



På väg till USA för första gången 1963

hjälp. Under perioder var jag som Olofs assistent ansvarig för dessa arkivarbetare, en ibland känslig sak för en ung man och de betydligt äldre arkivarbetarna. På den här tiden var samvaron formell på ett annat sätt.

Jag var förväntad att titulera Olof Rydbeck professorn ända tills jag efter två års anställning, 1963, skulle följa med honom under nio månader till USA, där han skulle vara "Distinguished Visiting Professor", vid Ionospheric Research Laboratory, Pennsylvania State University. Tilltalsordet "du" till arkivarbetarna var inte något jag kunde utnyttja förrän efter att jag kom hem från USA, 1964. Innan dess var det herr Bergh, kapten Fahlberg och så vidare. Möjligheten att kunna anställa mig som personlig assistent hängde samman med att Olof vid den här tiden hade kontrakt för amerikanska Air Force. Kontrakten avsåg olika teoretiska arbeten om hur vågor interagerar i plasma. Tillämpningar kunde utgöra laddade partiklar som strömmar in från solen och interagerar med jonosfären. Arbetena var helt teoretiska och långt ifrån praktiska tillämpningar även om det talades om möjligheter att störa radiokommunikation i jonosfären genom att "värma upp den" med starka radiovågor inom begränsade områden alternativt att förstärka vissa typer av vågor. Så småningom ledde denna typ av projekt till rubriker på tidningarnas förstasidor och det kom upp i riksdagen att svenska vetenskapsmän arbetade för utländsk krigsmakt. Om det inte blev direkt förbjudet blev det i praktiken omöjligt att fortsätta dessa projekt. 1963, när Olof åkte till USA, var det dock ett par år innan dessa tidningsrubriker kom och tanken var att Olof skulle fortsätta sina projekt i USA med min hjälp. Datamaskiner hade tagits till hjälp för att lösa de komplicerade beräkningarna och det blev bland annat min sak att ha kontakten med beräkningscentralen i USA. Annars var det en mycket hektisk period för Olof, med inköp av 25-meters teleskopet, som nu finns på Råö, från företaget Kennedy i Massachusetts, ett företag som tillverkade teleskop för amerikanska krigsmakten och därför kunde ge ett pris inom

ramen för det anslag som Olof lyckats få fram efter en lång tids ansträngningar och även i samarbete med Skandinaviska Telesatellitkommittén som skulle testa satellitkommunikation. (Med de erfarenheterna byggdes anläggningen i Tanum så småningom.) I USA blev det flera resor fram och tillbaks till Kennedy-företaget som skulle tillverka en antenn med bättre prestanda för Råö än deras normalkonstruktion. Broströms skeppade hem antennen till ett reducerat pris och så småningom blev jag sänd till en av skeppsredarna med en bild av teleskopet monterat på Råö, som tack för hjälpen. Tiden i USA var också en omvälvande period för institutionen därför att den vuxit så att man kommit fram till att dela den i tre delar, som under en tid kom att kallas Elektronfysik 1, 2 och 3. Sven Olving blev professor vid Elektronfysik 2 och Torkel Wallmark kom efter en tid från USA för att bli professor vid Elektronfysik 3. Samtidigt som Olof skötte alla de nödvändiga kontakterna föreläste han vid Penn State University och arbetade med sina kontrakt, och hade en ordentlig arbetsbelastning som jag kanske i efterhand förstår bättre än då. För min egen del var det tidvis tufft att hänga med när jag fungerade som allt i allo, vilket innebar alltifrån beräkningar av olika slag till att sända viktiga brev, men alltid i sista stund sammanställda, via en järnvägsstation cirka fem svenska mil från State College varifrån transporten gick snabbare. Samtidigt kunde jag dock passa på att posta ett av mina många brev till min hustru Greta, som åkt hem efter en period tillsammans, dels därför att hon fått ett arbete som adjunkt, vilket inte var helt lätt vid den här tiden, dels för att vi förstod att tiden med Olof i USA skulle bli arbetsbemängd. Innan Olof kom i väg, rätt mycket försenad, på sensommaren 1963 hade Greta och jag redan åkt till USA. För att åka över billigt följde vi med på den DC6 som Chalmersteknologer hade chartrat för en studieresa (med Sven Olving som reseledare). På den tiden fick man mellanlanda i Prestwick och det var en lång färd med propellermaskin innan vi landade i New York. Med Greyhoundbussarna kunde man åka fritt i 99 dagar för 99 dollar och på det sättet tog vi oss vidare till Boulder i Colorado där jag bevistade en treveckors kurs i radiovågutbredning. Sedan åkte vi runt

kors och tvärs USA, från New York via Flagstaff till Los Angeles och San Francisco, Cornell och Penn. State University, och jag hälsade på vid olika universitetsinstitutioner till vilka jag fått introduktionsbrev av Olof.

Under de närmsta åren var Olof flera gånger i USA men då på egen hand. Han älskade att ta båt över men hade inte alltid tid utan fick ta flyget. Brådskan var typisk i mycket och vid ett av dessa tillfällen skulle jag följa honom ut till Torslanda för att få de sista instruktionerna. Då tog han upp med mig att han hade tänkt att jag skulle skriva ihop en lic.-avhandling medan han var borta och han gav mig ett ämne. Han ville att jag med Oseens metod skulle angripa problemet med en rums-tids-periodisk störning i ett joniserat medium. Man hade vid institutionen arbetat med periodiska störningar men inte i joniserat medium och inte med Oseens metod där ett mediums brytningsindex uppstår genom samverkan av strålningen från alla individuella elektroner i mediet. Vid den tiden läste man också ett biämne inom ramen för lic-examen. Först hade jag valt att följa kurser i kvantmekanik men efter att ha blivit hämtad av sekreteraren ett par gånger från föreläsningarna för att Olof skyndsamt måste ha min hjälp gav jag upp och vid ett senare stadium följde jag matematikkurser som hölls av den välkände vektor-Pelle, en av Chalmers bästa lärare genom tiderna med en sällsynt förmåga att entusiasmera.

Olof var inte en lätt arbetsgivare. Han krävde mycket, men han sparade inte sig själv heller. I samband med min doktorsmiddag uttryckte jag mig som att "han fick mig att lyfta mig själv i håret". Man fick ta stegen i utvecklingen själv men han lade grunden för attityder och så vidare och det är förvånansvärt hur mycket traditionen verkar betyda vid en vetenskaplig institution.

Bland de många typer av arbetsuppgifter jag hade under tiden som personlig assistent fanns framför allt att hjälpa Olof med beräkningar på alla olika sätt. För att kunna arbeta i lugn och ro höll sig Olof hemma under vissa tider då det var möjligt. Vid den tiden bodde han i Fjärås, på en gård en bit in i skogen. Vid ett tillfälle ringde han för att be mig omgående köra hem till honom med en del papper som fanns på institutionen. Klartecken för att köra

institutionens pickupbuss hade jag inte vid den här tiden och inte egen bil och körvana, men det var inget att göra åt. Verkmästaren gav mig nödvändiga instruktioner och i väg bar det, bråttom. Vägen in i skogarna vid Fjärås var smala, regnade ordentligt gjorde det och plötsligt förlorade jag fästet och gled ner med bakhjulen på ena sidan av vägen. Bussen blev hängande på kardanaxeln och ingenstans kom jag. Någonstans där framme kunde jag föreställa mig Olof, mycket otåligt väntande, jag visste inte hur långt för det var första gången jag var där. Däremot visste jag hur långt det var ner till vägen där en bondgård låg, så jag gav mig i väg och fick med mig bonden med en traktor. Jag tror han förstod när jag antagligen skärrad beskrev att jag var på väg till professor Olof Rydbeck. Jag blev uppdragen och fortsatte i något lugnare takt fram till Olofs. Olof var som jag minns rätt sammanbiten, men troligen lite skamsen över att han sänt ut en ung gröngöling under sådana förhållanden och hans hustru Kerstin bjöd på lunch, medan Olof försvann in i arbetsrummet.

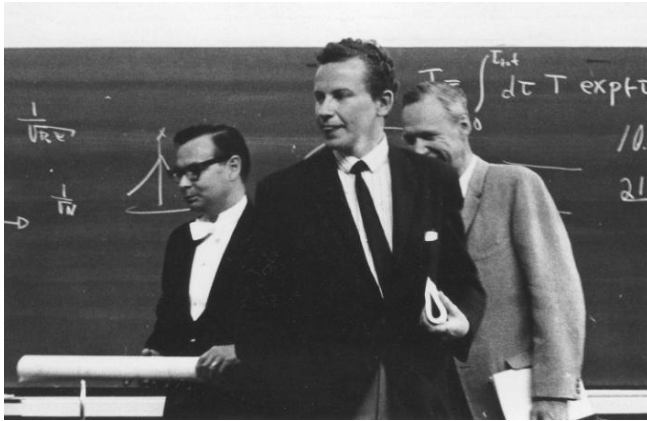
Första hösten jag var anställd och det var dags för föreläsningarna i institutionens fortsättningskurs Vågutbredning tog Olof upp att han ville att jag skulle hålla föreläsningarna. Om jag minns rätt hade Thomas Thomason haft dem men han skulle skriva sin lic.-avhandling. Själv hade jag inte ens läst kursen i min civilingenjörsexamen så jag var inte direkt inläst, men det gavs inte några val utan det var bara att sätta i gång. På något sätt gick det och det måste ha gått bra för jag har inte några dåliga minnen och jag har alltid tyckt att det varit roligt att undervisa. Om man tycker det är roligt att undervisa eller inte kan skifta rätt mycket i universitetsvärlden, där forskning och undervisning ibland sätts emot varandra. När universitetslektoraten infördes var Olof den förste som fick universitetslektorstjänst vid Elektrosektionen. Det kanske berodde mest på Olofs ställning och argumentationskraft för han hade sett till att Elektronfysik I (Teoretisk Elektronfysik), som var hans institution av de tre som bildades av Elektronikinstitutionen, inte skulle ha någon grundutbildning utan bara fortsättningskurser. Det blev sedan mycken diskussion på institutionen om det var en fördel eller nackdel, men så har det

förblivit intill en mätteknisk laborationskurs infördes vid en omorganisation på 90-talet.

Torleiv och tiden som universitetslektor

Torleiv Orhaug disputerade 1965 på scintillationsmätningar av jonosfären utförda med hjälp av Würzburg-antennerna på Råö. På den tiden var en disputation en stor tillställning, det var inte så vanligt. Vid doktorsmiddagen, som ägde rum på Henriksbergs restaurang, var bland andra alla lärare på Elektro-sektionen inbjudna liksom rektor och överbibliotekarie. Frack och lång klänning var självskrivna. Möjligen var detta en av de sista doktorsmiddagar vid sektionen som var en högskoleangelägenhet med rektor och överbibliotekarie. Torleiv blev den som fick denna universitetslektorstjänst. Det var en underlig tjänstekonstruktion, framtagen för att tillgodose undervisningsbehoven av de större studentkullarna på 60-talet. Den omfattade 435 timmar undervisning per år om jag minns rätt och även om innehavaren hade möjlighet att följa med i utvecklingen så var vederbörande inte tänkt att aktivt bedriva forskning. Universitetslärare utan egen forskning är inte någon bra idé på sikt och även om många av de universitetslektorer som inrättades på elektrosektionen var duktiga undervisare så blev det ofta ett problem att de inte aktivt deltog i institutionernas forskning. Det ökade skiljelinjerna mellan undervisning och forskning.

Torleiv var inriktad mot forskning och trivdes inte med undervisningsuppdraget, vilket gjorde att han efter en tid sökte sig till Försvarets Forskningsanstalt där han blev erbjuden en forskningschefstjänst för att initiera bildbehandling inom försvarsforskningen. Många sensorer började producera bilder och det var uppenbart att det blev en viktig teknik att tolka dessa bilder för att upptäcka fientliga föremål. Torleiv kom att lägga grunden för denna verksamhet vid FOA och bli en av pionjärerna för att bygga upp försvarsforskningsverksamhet i Sverige, där tidigare Rymdbolaget också hade intressen med anknytning till satelliter med optiska sensorer. I och med



Från Torleiv Orhaugs disputation, från vänster: Torleiv, Sven Olving och Torkel

att Torleiv Orhaug lämnade institutionen 1966 hade Olof ett problem. Det var väsentligt för Olof att innehavaren av universitetslektoratet hade doktorexamen, kanske hade det varit ett argument för att erhålla lektoratet till

institutionen att det då fanns en möjlig kandidat med doktorsexamen. Sigfrid Yngvesson var nu en möjlig kandidat, men han hade gift sig med en amerikanska och hade nyligen flyttat till University of Massachusetts. Han var i slutändan ej beredd att komma hem igen. Ansvar för maserforskningen hade nu Erik Kollberg som var ungefär samtida med mig. Självt hade jag varit ansvarig för en del undervisning och intresserad av undervisning och universitetslektoratet var en av de få ordinarie tjänster som fanns så det var en viktig möjlighet för framtiden. Jag hade vid den tiden endast lic.-examen, men någon kandidat med doktorsexamen fanns inte och det blev så att jag (som ensam sökande) fick tjänsten 1967. Det var en tjänst som meddelades med "fullmakt": "VI GUSTAF ADOLF, med GUDS Nåde, Sveriges, Götes och Vendes KONUNG, Göre vederligt", "...alla som vederbör till efterrättelse" undertecknat av Gustav Adolf och undervisningsminister Ragnar Edenman, Stockholms slott 30.12.66. Tiderna har förändrats sedan dess!

Ett inofficiellt önskemål/villkor från Olof var att jag skulle se till att disputera, Olof ville inte ha en universitetslektor som inte var docent. Så småningom ställde Olof också krav på att jag skulle ta tjänstledigt för att kunna disputera, men jag tyckte att jag hunnit rätt långt och det fick räcka med en termin. Då hade jag bland annat utvecklat teorier om vågutbredning i tids-rums periodiska dispersiva media. Vid den här tiden fanns också besläktad verksamhet vid Brooklyn Polytechnic i New York, men den dispersiva (frekvensberoende) delen var jag ensam om och den gjorde att alla

blandningsfrekvenser påverkades olika, vilket vid sidan om komplikationerna gav som fördel en klarare fysikalisk insyn. Erfarenheterna härifrån hade också



Från min disputation 1970. Paul Mclsaac och Åke Hjalmarsson opponenter, prof. Aurell och Rydbeck på första raden.

gjort att jag utvecklat en del allmänna egenskaper för vågutbredning i bland annat dispersiva media, och till exempel visat hur en så kallad dispersionsfunktion, rätt normerad, också gav energiflöde och lagrad energi, något som sedan under ett antal år skulle bli grunden för min fortsatta forskning. Jag har inte något minne av att Olof på förhand gav mig några kommentarer men att han satt sig in i avhandlingen är tydligt från betygsprotokollet. Professor Paul Mclsaac från Cornell var förste opponent och Åke Hjalmarsson var andre opponent. Åke var yngre än jag på institutionen och hade tagit över min roll som personlig assistent till Olof och räknade på flervågssystem med bravur. Paul Mclsaac hade varit gästforskare vid institutionen något år tidigare under sin "sabbatical" och han bedrev avancerad vågutbredningsforskning vid Cornell. På basis av avhandling och försvar tilldelades jag betyget sex, sju var högsta betyget, fem var gränsen för att få docenttitel. I sitt handskrivna utlåtande till betygskommittén skrev Olof bland annat: "I valet mellan sex och sju har jag, efter noggrant övervägande och under hänsynstagande till de betygskrav, som hittills uppställts vid institutionen (6 = excellent, 7 = outstanding) stannat för betyget sex, som avhandlingen enligt mitt förmenande tveklöst förtjänar".

Disputationen skedde hösten 1970 med avhandlingen "Contributions to the theory of linear and nonlinear wave propagation in dispersive media". Sommaren innan hade Greta och jag gjort en längre rundresa i USA, återigen med Greyhoundbussarna, och besökt ett flertal institutioner (Green Bank med Bert Hansson och Hein Hvatum, Stanford, Berkeley med flera) förutom att jag följde en kurs The Physics of Quantum Electronics i Prescott, Arizona. Jag minns att jag var rätt nervös inför den stundande disputationen, men också hur jag på Greyhoundbussen någonstans i mellanvästern på väg mot New York kom fram till att jag inte kunde göra mer åt avhandlingen och att det fick vara bra som det var. På något underligt sätt försvann nervositeten då och kom inte tillbaks ens vid disputationen, vad jag kan minnas.

1968 hade Olof Rydbeck insett att han fick välja väg beträffande forskningen. Han hade byggt upp den radioastronomiska verksamheten på Råö, även kallat Onsala observatoriet eftersom å och ö inte fungerar internationellt. Den vågutbredningsrelaterade delen lämnades därhän och Olof beslöt sig för Råö som sin primära arbetsplats och han flyttade ut bibliotek och annan viktig utrustning. Forskarna i gruppen fick följa med och behövdes på Råö. Bernt Rönnäng blev den som fick bygga upp långbasinterferometrin som kom att bli av grundläggande betydelse för det internationella samarbetet (Bernt försvarade 1972 sin avhandling Contributions to radio astronomy and electromagnetic wave theory, med mig som andre opponent) och Åke Hjalmarsson arbetade med Olof på möjligheterna att upptäcka komplicerade kemiska molekyler i de kosmiska molnen. Det blev en tung och intensiv uppbyggnad av observatoriet som kulminerade med invigningen av det nya och avancerade 20-m teleskopet i sin radom 1976. Då hade många av de nyanställda civilingenjörerna fått delta i uppbyggnaden, alltifrån grävande av elkablar till design av nya laboratorier och förbättringar av teleskopet, som liksom det tidigare 25-m teleskopet inhandlades från USA, men med bättre egenskaper än något firman byggt tidigare. Både 25-m och 20-m teleskopen utrustades med de ytterst känsliga maserförstärkare som Erik Kollberg med Carl-Olof (Charlie) Lindström vid sin sida byggde för Råö, och med dessa

förstärkare var teleskopen de känsligaste som fanns i världen för en tid. Så småningom byggdes på andra håll ännu större teleskop som kunde samla in svaga signaler med en större yta, men fortfarande är båda teleskopen användbara för avancerad forskning. (Senare har LOFAR (2011) och tvillingteleskopen (2017) tillkommit.)

Även om Olof flyttade ut till Råö 1968 var civilingenjörsutbildningen kvar vid Chalmers och som universitetslektor hade jag ett särskilt ansvar för denna. Som lärare vid Elektrosektionen hade jag också en del ansvar i kommittéer av olika slag. Ytterligare viktigt var väl också att mitt intresse för vågutbredningsforskningen var större än för möjligheten att börja med radioastronomisk forskning. Allt detta ledde till att jag föredrog att stanna kvar primärt i Göteborg, något som Olof accepterade utan alltför stark argumentering, även om han menade att miljön för vågutbredningsforskning i Göteborg skulle bli rätt torftig för mig. Jag hävdade dock att det gick att följa med rätt så väl med tidskrifters hjälp, en vana som jag fått från åren som Olofs assistent. Även Erik Kollbergs verksamhet fanns kvar beroende som den var av leveranser av flytande helium och flytande kväve liksom av en del forskningsutrustning och verkstadshjälp, men Erik och jag hade inte så mycket tekniskt/vetenskapligt samarbete eftersom vi hade så skilda inriktningar – åtminstone vid denna tid.

Olof sökte och fick stora anslag utifrån. För min del kom det inte på fråga att söka några anslag vid denna tid. När teknologer var intresserade av att doktorera hänvisade jag dem primärt till Olof även om jag formellt fick en del ansvar i slutskedet för två mycket duktiga doktorander, Bengt Isaksson och Per Ingvarsson. Men det fanns en möjlighet och det var fakultetsnämnden som hade centrala stipendier som de med bäst betyg från Chalmers i sin helhet hade chans att erhålla stöd ifrån. Det var den möjligheten som jag kunde hänvisa till och det var på det sättet som jag fick mina första två doktorander, Dan Anderson och Mietek Lisak. De arbetade med vågutbredningsproblem i olika typer av media och gjorde en mycket duktig insats. När de var klara fick de anställning hos Hans Wilhelmsson som var

professor i elfält (men med bakgrund som observator på Elektronik-institutionen) och som forskade på plasmafusion. Dan och Mietek arbetade mycket nära varandra under alla år och med olika vågutbredningsproblem, och blev professorer på Elektromagnetik-institutionen som senare uppgick i Radio- och rymdvetenskap. Mietek Lisak avled tyvärr 2013, kort efter han fått meddelande om att han skulle utses till hedersdoktor i Polen. Det var alltid intressant att höra om de problem de arbetade med. Även forskarna på granninstitutionen hade jag tillfälle att samarbeta med beträffande vågutbredningsproblem, Olle Nilsson, sedermera professor på KTH, och Bertil Lind som gick till Saab Ericsson Space förutom Bernt Rönnäng på vår egen institution. När jag pensionerades sade Bernt att han mindes att jag drivit på för att vi skulle publicera oss i tidskrifter, och det är riktigt att jag minns att vi hade blivit kritiserade på institutionen att vi inte publicerade i tidskrifter. Detta var under tiden Olof hade forskningskontrakten för Air Force, vilket ledde till en hel del rapporter men inte till tidskriftsartiklar. En gång råkade jag dock ut för problem med en artikel som rörde den delen av min avhandling som berörde grundläggande egenskaper om dispersionsrelationer, något jag själv tyckte var viktigt och bra och fortfarande tycker så. Då fick jag inte igenom en artikel, som jag sände in till en engelsk tidskrift, och editorn erkände, när jag till slut kontaktade honom, att han inte kunde släppa in en artikel som direkt konkurrerade med en artikel han själv skrev på. Något sådant skulle inte kunna hända i dag, men det har hänt ytterligare en gång beträffande en grundläggande artikel om interferometri (Hagberg, Ulander och Askne, 1995) att jag protesterat mot varför handläggningen blev så väldigt lång av misstänkt obskyra skäl.

Vågutbredning i maserstrukturer

Frågan om konkurrensen om doktoranderna fanns alltid som en levande fråga. Som undervisningsrepresentant i Göteborg för institutionen var det viktigt att jag förde ut intresserade kandidater till Olof och till Råö, samtidigt så bedrev jag en forskningsverksamhet som intresserade en och annan. Olof tyckte antagligen inte att mina intressen för vågutbredningsproblem tillförde

något till den verksamhet han ville driva, även om han aldrig sade något sådant. I stället tyckte han att Erik och jag borde ha bättre samarbete och vid ett tillfälle blev detta möjligt. Erik höll på att utveckla en maser för 37 GHz,



Erik, Charlie, Sheila och jag med masern

en högre frekvens än någonsin tidigare. Till sin hjälp hade han två doktorander, men de kom till en situation där de inte såg hur de skulle fortsätta och skaffade sig jobb i industrin utan att på förhand informera.

Det händer att doktorander

överväldigas av känslan av omöjlighet, något man som äldre har varit igenom några gånger och funnit att det brukar finnas en väg runt problemen. Detta var en besvärlig situation på många sätt, men det var också en utmaning med vågutbredningsanknytning, därför att det fanns intressanta vågkopplingsproblem i den rutilkristall som utnyttjades för förstärkning. Sheila Galt, dotter till en kanadensisk professor som varit på "sabbatsår" på institutionen, och som stannat kvar i landet på grund av en svensk violinist, hade praktikarbete på institutionen och med en ängels tålamod slipade hon de extremt tunna rutilkristallerna som behövdes. Jag arbetade med våginteraktionen i kristallen och Erik var den som planerade och ledde projektet. Charlie Lindström var teknikern som genomförde alla viktiga mätningar och utvärderingar. Det hela fungerade och masern kom sedan till utnyttjande i 20-m teleskopet, vilket jag återkommer till.

Radioastronomi - Berkeley

Känslan av behov av samverkan med Råöverksamheten gjorde att jag började undra om jag inte borde ta upp radioastronomiska projekt. Tillsammans med Olof kom jag överens om att slippa undervisning en höst mot att jag vistades regelbundet ute på Råö. Det blev inte riktigt så att jag kunde undvika undervisning helt eller vara helt på Råö, men en hel del blev det.

Charles Townes fick Nobelpriset 1964 för sina insatser avseende tillkomsten av maser och laser. Han inriktade sig så småningom mot radioastronomi och flyttade till en professur på University of California, Berkeley. Olof som hade kontakt med Townes föreslog att jag skulle åka till honom under 1977. Vi fick också ett positivt svar på att jag kunde komma. Som förberedelse inför besöket funderade jag på vilket område jag skulle vilja arbeta med och kom fram till att även om kosmiska moln är mycket tunna, det vill säga att vågutbredningsproblemen är små, så började det komma upp problem, till exempel i Orion-nebulosan där molnets täthet gjorde att fotonerna återinfångades och att molnet inte kunde betraktas som tunt.

Det där verkade intressant och en av Charles Townes elever hade arbetat med ett antal olika övergångar i formaldehyd i Orion KL och utnyttjat metoder för optiskt täta moln men inte fått mätningarna att riktigt gå ihop. Detta var kanske ett problem att fortsätta med, så när jag kom till Charles Townes och han frågade mig vad jag ville arbeta med, så föreslog jag det här problemet. Kanske minns jag en viss tvekan, men han accepterade i alla fall. Samtidigt deltog jag i ett projekt med Demetrios Matsakis avseende interferometriska metanolmätningar på Hat Creek observatoriet. Detta låg en 45 mil (277 miles) norr om Berkeley i ett rätt gudsförgätet område, och här tillbringade vi ett par veckor med mätningar för vilket Demetrios var huvudansvarig och som vi sedan publicerade en artikel om. Detta var min första direkta kontakt med interferometri.

Problemet med formaldehyd löste jag inte, utan återvände till Råö med inställningen att fler övergångar behövde studeras och en av dessa låg kring

140 GHz som var på gränsen till 20-m teleskopets förmåga. Den gränsen klarades dock aldrig av, så mätningarna uteblev. Efter ett tag, jag tror rent av ett år senare, fick jag ett brev från Charles Townes som hade räknat på inverkan av en del infrarödövergångar och trodde att det spåret var värt att fortsätta, men vid denna tid hade andra saker hänt och jag kunde tyvärr inte ta upp tråden.

När vi lämnade Charles Townes grupp gav han ett farväl-party på en restaurang, och jag minns honom som en omtänksam och oerhört sympatisk person med många intressen.



Teleskopen vid Hat Creek och diskussioner med Charles Townes och Demetrios.

Flygplan som utnyttjades för radioastronomiska mätningar.



Det fanns ytterligare två gästforskare hos Townes och en weekend var vi med Charles Townes och hans fru i deras sommarbostad i norra Kalifornien, promenerade i skogen, högg ved och hade trevligt. Townes bror var biolog och han var själv mycket naturintresserad.

Tiden efter Berkeley

I juni 1977 lämnade jag Charles Townes grupp och efter en biltur tvärs över den amerikanska kontinenten kom vi hem i slutet av sommaren. När jag kom tillbaks efter tiden i Berkeley var jag fortfarande i hög grad ute på Råö. Ain Sume och jag turades om att köra mellan Göteborg och Råö. Formaldehydprojektet fick jag slå ur hågen eftersom 20 m teleskopet inte nådde upp till den intressanta linjen kring 140 GHz, men det kom upp andra radioastronomiska projekt.

Bara några månader efter hemkomsten från USA skedde "raset i Tuve" då lermassorna på en svag slänt drog med sig något hundratal hus med nio döda som följd. Vårt hus låg just på raskanten och ramlade ihop efter en tid. Medan min hustru Greta och jag kom undan med bara förskräckelsen, följde också mycket arbete för att bygga upp ett nytt hem.

Min forskningsrelaterade verksamhet var fortfarande knuten till Råö, där Bernt Rönnäng var huvudansvarig efter att Olof Rydbeck pensionerats 1976. Det tog några år innan Olofs professur annonserades ut efter att lärargruppen kommit fram till sitt förslag avseende institutionens framtida utveckling. Råö var ditintills främst känt för framstående radioastronomisk teknik, men kanske inte lika mycket för sin radioastronomiska forskning. Bland annat hade långbasinterferometri, VLBI, inkluderats med Bernt Rönnäng som huvudansvarig liksom sökningar efter komplicerade molekylstrukturer i kosmiska moln med bland andra. Åke Hjalmarsson och Bill Irvine förutom Olof under hans tid. Lärargruppen kom fram till att det behövdes en ledare med radioastronomisk/astrofysikalisk förankring. 1981 utnämndes Roy Booth som professor och vetenskaplig ledare för observatoriet. Roy hade sin bakgrund från Jodrell Bank.

Detta var en förändringens tid i mångt och mycket vid institutionen. Jag var involverad i en del radioastronomiska mätprojekt med bland annat 37 GHz masern, men jag minns inte att jag drev någon uppenbart målinriktad forskning utan en forskning i linje med huvudinriktningen på Råö med studier

av olika komplexa molekyler i kosmiska moln för att därigenom kartlägga molnens egenskaper, bland annat deras temperatur. Vågutbredningsproblem i kosmiska moln blev dock aldrig framträdande för analysen. Samtidigt hade jag av olika skäl initierat arbeten med fjärranalysinriktning, något som beskrivs i följande avsnitt

Fjärranalystillämpningar avseende mikrovågsradiometri

Prolog

Olof Rydbeck pensionerades 1976 och valde då att flytta till Cern, då han var intresserad av kosmologiska frågor och trodde att denna miljö skulle vara stimulerande att arbeta i. Under tiden togs frågorna om Råö-observatoriets framtid upp och det var inte helt självklart att Råö hade en framtid. En del såg Råö som en mans verk och att det var för dyrt att driva vidare. Radioastronomi var ju heller inte en självklar inriktning på elektrosektionen. Själv var jag universitetslektor och vid denna tid på halvtid ledig för forskning. Efter att från början ha arbetat med vågutbredningsproblem i joniserade media hade jag med viss tvekan slagit in på institutionens huvudinriktning mot radioastronomiska mätningar.

Institutionens framtid var alltså något osäker och det ledde till funderingar på vilken forskning jag skulle fortsätta med. Vid sidan om radioastronomi, som utvecklades efter världskriget, så hade fjärranalys tagit fart i och med satelliterna. Detta var ett av de intressanta utvecklingsområdena där samhällets behov snarare än forskarnas nyfikenhet var i hög grad styrande. Dessutom användes just sådan teknik som utvecklats på Råö och man kunde visa att denna teknik inte bara var "världsfrånvänd", och det kunde vara väsentligt att ytterligare visa på betydelsen av teknikutveckling relaterat till den radioastronomiska verksamheten, som i vissa sammanhang ansågs mindre ingenjörrelaterad.

Oljespill till havs

Kustbevakningen insåg tidigt behovet av hjälpmedel för att upptäcka och dokumentera händelser till sjöss, såsom oljeutsläpp, dygnet runt och i dåligt väder. Tidigt under 1970-talet hade kontakter tagits med Svenska Rymdaktiebolaget för att undersöka intresset för att utveckla system som kunde registrera olja på vattnet. Rymdbolaget insåg de fördelar som det

innebar att tillsammans med Kustbevakningen utveckla ett sådant system och ett ramavtal träffades. Rymdbolaget satsade på att utveckla två system, dels en sidspanande radar, SLAR (Side Looking Airborne Radar) i samarbete med Ericsson, dels en infraröd- och ultraviolett scanner, IR/UV. SLAR skulle användas för kartering av stora havsytor medan IR/UV skulle användas för detaljkartering av utsläpp för att på så vis leda bekämpningsresurser till de något tjockare partierna.



Uppställning för mätning av ett oljeskikt i ett vattenbad.

De ökande transporter av olja ledde till olyckor med stora utsläpp. En av de stora katastroferna vid denna tid skedde i Torrey Canyon 1967, med utsläpp av 123,000 ton olja (1989 skedde den kanske mest kända olyckan med Exxon Valdez och med utsläpp av 38,000 ton i ett väldigt naturkänsligt område.) Många mindre utsläpp skedde i bland annat Östersjön i samband med tankrengöring. Risken för stora utsläpp innebar behov av utrustning för att detektera tjockare skikt av olja på havsytan. Amerikanska mätningar vid US Naval Research hade visat att 90 %

av oljan var lokaliserad till 10 % av det optiskt synliga oljespillet och en mikrovågsradiometer var ett möjligt instrument för bestämning av tjockleksfördelningen.

Oljespill till havs är ett typfall för fjärranalys. Det finns ett samhällsbehov av att övervaka och därmed kunna förhindra "okynnes"-utsläpp av typen tankrengöring och det finns behov av teknik om olyckor sker, vilka kan vara

förknippade med enorma kostnader (kostnaderna efter Exxon Valdez var flera miljarder dollar). Vid sidan om fjärranalysteknik för upptäckt och övervakning finns behov av utveckling av teknik för upptagning och rengöring efter oljespill, men också komplicerade legala aspekter med identifiering av "syndare" och strafförelägganden, till teknikutveckling av säkrare fartyg och teknik att ta hand om oljerester i hamnar. Det är med andra ord ett viktigt miljöproblem vars metodik kan stå som modell för många andra problem.

Rymdbolaget och Ericsson i Mölndal var intresserade av att vid sidan om radarutrustningen också utveckla en mikrovågsradiometer som komplement till radar. Med ett mindre anslag från Rymdbolaget (kontakt Claes Pilo) satte

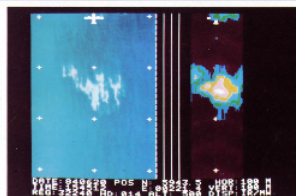
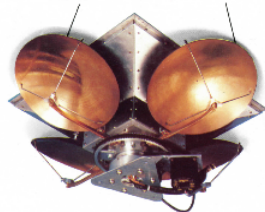
ERICSSON  The maritime surveillance system

Microwave radiometer

The Microwave Radiometer produces real-time, colour coded maps of oil spill thickness. The oil volume is calculated by the system processor. It is developed by Ericsson for the Swedish Space Corporation Maritime Surveillance System. For easy interpretation of the data, co-processing with IR-scanner data is used, but the radiometer can also be used as a stand alone sensor. The Microwave Radiometer is contained in an aerodynamic pod that is easily installed even on small aircraft.



Aircraft with complete Maritime Surveillance System including Microwave Radiometer.
The rotating platform with four antennas.



Examples of Infrared and Microwave Radiometer registrations of an oil spill. The Microwave image is real time colour coded in the aircraft according to oil spill thickness. The IR image gives a detailed map of the oil.

jag i gång ett examensarbete på Råö 1976 för att mäta strålningen från oljespill med olika tjocklek.

Ericsson utvecklade en avancerad antennkonstruktion och en mikrovågsradiometer för 37 GHz och jag tog fram beräkningssamband mellan oljans tjocklek och volym från radiometersignalen. 1984 gjorde man flygtester. En fjärranalyskonferens i Toulouse 1984 har fastnat i minnet av ett par skäl. Vi hade en poster med

Ericsson radiometern och med mätningarna vi hade gjort på Chalmers och analysen av dessa. Vid en presentation av denna poster med en ring av intresserade runt mig kom en av fjärranalysens pionjärer, Fawaz Ulaby, förbi. Han pekar på ett av mina uttryck av resonansuttrycket i oljeskiktet och säger

”Det där är fel!”. Jag var säker på att det inte var fallet, så vi var lika säkra båda två. På väg till hotellen på kvällen fick jag chansen att sätta mig hos Fawaz i bussen och ta upp diskussionen. Han hävdade bestämt att han hade rätt och att det också stod så i Born & Wolf Optics, en av de stora klassiska böckerna av nobelpristagaren Born. Jag sade att det inte stod så och därmed skildes vi på kvällen. Nästa morgon talade jag igen med Fawaz. Han hade lånat Born & Wolf på universitetsbiblioteket och kollat upp det hela och jag hade rätt, en händelse som ledde till en god relation i fortsättningen med Fawaz som tillsammans med Richard Moore och Adrian Fung genom sina tre tjocka böcker, ”Microwave Remote Sensing”, kan med skäl sägas vara några av mikrovågsfjärranalysens grundare. Detta bidrog till att jag bjöd in både Dick Moore och Fawaz Ulaby till en Nordisk Forskarkurs i mikrovågsfjärranalys som jag ordnade tillsammans med Preben Gudmandsen från DTU i Lökeberg, norr om Göteborg, på sensommaren 1984, en forskarskola där flera framstående lärare från Europa medverkade. (I slutändan kunde inte Fawaz Ulaby komma för att han flyttade just då till Univ. Michigan, men han var senare opponent på Lars Ulanders doktorsavhandling.) I slutskedet av forskarskolan diskuterade vi ett tema för nordisk fjärranalys och kom fram till havsis. Ett par år senare skulle det också bli vår egen inriktning för många år framöver.

Konferensen i Toulouse minns jag också därför att Hans Hellsten från FOA var med. En kväll var vi ute några stycken och åt middag gemensamt och jag minns en animerad diskussion om möjligheterna att utveckla en lågfrekvens syntetisk aperturradar, vilket Hans hävdade hade många intressanta egenskaper medan andra inte instämde. Hans är den som ligger bakom den vid FOA utvecklade extremt lågfrekventa CARABAS, ett unikt flygburet radarsystem som fått stor betydelse i utvecklingen. 1984 lades grunden för detta CARABAS system som senare kom att bli ett centralt instrument för Fjärranalysgruppens studier av skogsegenskaper.

Ericsson tillverkade ett mindre antal mikrovågsradiometrar för oljespill. Kostnaden var relativt hög jämfört med den mer traditionella radartekniken.

På 2000-talet hade oljetransporterna blivit säkrare. I hamnarna fanns system för omhändertagande av tankrester av olja etc. och utsläppen hade börjat minska. De radiometrar som utvecklades på andra håll utnyttjade högre frekvenser (70 GHz) för att framför allt upptäcka tunnare oljeskikt.

Meteorologisk utrustning

Ericsson i Mölndal såg behov av ett komplement till sin utveckling av försvarsutrustningar och hade börjat en utveckling av fjärranalysutrustning och 1983 inrättat en avdelning för Radar och Fjärranalys. Den verksamhet som drog in pengar var utvecklingen av väderradar eller regnradar, en teknik som var rätt väl etablerad. Ansvarig för denna verksamhet var Sven G Gustafsson, som var samtida med mig på Chalmers och som jag hade haft mycket kontakt med i synnerhet under mitt sista år. Våra intressen var redan då närbesläktade. Efter flera år på Saab och sedan i USA hade Sven återvänt till Ericsson sedan flera år. Utveckling av väderradar hängde ihop med en planerad modernisering av den militära vädertjänsten såväl som SMHI:s mättekniska verksamhet, där olika automatiska instrument ingick liksom väderradar i "PROMIS-utvecklingen". Diskussioner om den nya tekniken skedde också i Fjärranalyskommittén vid Rymdstyrelsen. Kommittén hade tagits över från STU, Styrelsen för Teknisk Utveckling, genom att fjärranalys är så nära kopplat till satellittekniken, men egentligen ingick också markbaserad utrustning.

I fjärranalyskommittén fanns vid denna tid Folke Eklund och Hans Ottersten, båda från FOA, och de hade kommit fram till att en intressant utveckling var utrustningar som automatiskt kunde mäta temperatur och fuktighet i atmosfären så att man slapp att sända upp ballonger med mätutrustning, vilket krävde speciell personal och var kostnadskrävande. Bernt Rönnäng, verksam vid Onsalaobservatoriet, hade vid denna tid tagit initiativ till utveckling av en mikrovågsradiometer för att bestämma atmosfärens påverkan i samband med långbasinterferometri, vilket var Bernts ansvarsområde, och denna utveckling blev doktorandprojekt för Gunnar

Elgered. Jag blev involverad i projektet för att utveckla tekniken med tanke på meteorologernas behov. Göran Skoog engagerades för att med mig utveckla de algoritmer som behövdes för att tolka mätningarna. Men meteorologerna behövde också en utrustning för att mäta temperaturen genom atmosfären. Hur detta skulle kunna gå till var känt från en grupp verksam vid NOAA i Boulder, USA, där man hade utvecklat ett system bestående av tre individuella mikrovågsradiometrar i 60 GHz-bandet. Jag insåg att det skulle bli för dyrt för svenska förhållanden och funderade på hur man skulle kunna bygga ett system till rimlig kostnad. En kväll i samband med en promenad slog det mig hur man skulle kunna göra. Genom att bygga ett system, som kunde variera sin frekvens i tiden inte bara till tre frekvenser utan betydligt fler (elva i praktiken vars information visserligen överlappade till viss grad), skulle man kunna göra ett billigare system. Senare gjorde vi datorsimuleringar som bekräftade tankarna och började skissa på ett system. Erik Winberg hade just avslutat ett examensarbete för Erik Kollberg med att bygga en 35 GHz radiometer. Han hade också en bakgrund med praktisk erfarenhet och jag kände mig övertygad om att han skulle ha den tekniska skickligheten att bygga ett system. En ansökan sändes in till Rymdstyrelsen, pengar beviljades och utvecklingsarbetet påbörjades. 1983 genomfördes ONSAM-experimentet på Onsala observatoriet. Försvarets vädertjänst deltog och sände upp ett stort antal (89 st.) ballonger med mätutrustning för tryck, temperatur och fuktighet och vi mätte samtidigt med vattenånga- och temperaturprofileringsradiometrarna. Dessutom ingick en grupp från FOA som mätte med lidar för att mäta fuktighet och vidare ingick SMHI. Tanken att visa på samhällsnyttiga aspekter på den radioastronomiska forskningen gick också ”i uppfyllelse” genom ett stort reportage i DN. Radiometersystemet fungerade som tänkt och uppfyllde de krav som specificerats av SMHI. Resultat publicerades i J. Atmospheric and Oceanic Technology (Vol 4 p 180–190, 1987) och vi fick igång ett samarbete med forskningsgruppen i Boulder med vilka vi skrev en översiktsartikel om tekniken (IEEE GRS GE-24, 340-352, 1986) och ett Memorandum of

Understanding om fortsatt samarbete och jämförelse av observationsresultat. Fjärranalyskommittén hade dock begränsat med medel och ville att det fortsatta arbetet skulle ske i form av en industriprodukt. Detta ledde till att vi på Chalmers inte fick anslag för en fortsättning och projektet fortsatte en tid på sparlåga. Göran Skoog gick över till Ericsson. Erik Winberg var med på Öresundsexperimentet där olika meteorologiska mätmetoder undersöktes med tanke på en eventuell olycka med Barsebäcksverket. Vi deltog med atmosfärprofileringsutrustningen, nu i en gammal husvagn vi köpte för 10 tkr, innan Erik gick över till Waves och senare till Ericsson. Harald Nordius var med ytterligare en tid och 1986 skickade vi in en artikel om uppskattning av atmosfäregenskaper dels teoretiskt, dels statistiskt från markdata, men utan radiometerinformation! Den har blivit min mest citerade artikel (Estimation of tropospheric delay for microwaves from surface weather data), och satte samtidigt punkt för vår troposfärinriktade verksamhet.

Utvecklingen av en atmosfärradiometer fortsatte vid Ericsson (Kent Ahlkvist och Birger Ekengren). Man satsade en hel del egna medel och tog fram en industriell produkt med vissa förenklingar för att minska kostnaderna, som jag minns det. Ett första test genomfördes och man tog fram en slutprodukt och ett presentationsmaterial. Ett problem var att SMHI under mellantiden hade utvecklat datorverktyg för prognoser och ville ha mätvärden med ytterligare högre noggrannhet. Ett tredje och avgörande problem var att dollarkursen drastiskt förändrades vilket ledde till att det inte gick att konkurrera med amerikanska tillverkare vid försäljningen av väderradarsystem. Under det senare trycket beslöt Ericssonledningen att lägga ner fjärranalys-verksamheten (ledd av Sven G Gustafsson) och därmed utvecklingen av atmosfärradiometern. Intressant var att i början av 2000-talet utsågs ett företag i Boulder till årets innovativa företag i USA på basis av ett system som i mina ögon är ett system just i linje med det vi utvecklade på åttiotalet bestående av en tidssekvens av mätningar med olika frekvens i bandet 52.8 – 58.8 GHz. Även andra företag har utvecklat

atmosfärradiometrar efter samma princip. Bland annat ett ryskt företag har byggt över 200 system världen över. För upptäckt av temperaturinversionsskikt vid marken och för upptäckt av turbulensförhållanden på flygfält finns intressanta tillämpningar.



Deltagarna i Öresunds-experimentet 1986, mmvågsradiometrar, sodar och klassisa ballong-mätningar.



Insidan av husvagnen med ABC 80 för styrning och mätdatalagring av radiometrarna

Fredagen den 27 maj 1983

Radioastronomi kan ge säkrare väderprognoser

Från Dagens Nyheters utsände medarbetare

RAÖ, tisdag

Nu ska radioastronomerna på Råölaboratoriet hjälpa till med att ge oss bättre väderprognoser.

— Det började med att vi konstaterade att meteorologiska förhållanden t ex halten av vattenånga i atmosfären störde våra mätningar. Men ett besked om vattenhalten i atmosfären är intressant även för meteorologerna, säger docent Jan Askne som leder projektet.

Det här är en del i utvecklingen av något som kallas "fjärranalys", vilket är precis vad det låter som, dvs tekniken att mäta saker och ting på avstånd.

Satelliter som svävar fram över oss och ger data om väder, malmfyndigheter och skördar är exempel på fjärranalys.

I det här fallet sitter man i stället på marken och avläser med känsliga instrument vad som händer i luftpelaren över mätplatsen; temperatur och luftfuktighet på olika nivåer, molnstrukturer m.m.

— Det här är mätningar som kan ersätta väderballonger. Fördelen är att man mäter kontinuerligt och får reda på förändringar när de sker, vilket kan höja kvaliteten på väderprognoserna, säger Jan Askne.

Samarbete

Just nu testas man sina mätmetoder nere på radioobservatoriet Råö på Onsalahalvön. Observatoriet är en del av institutionen "Elektronfysik 1" på Chalmers. Man samarbetar med försvarets vädertjänst som har skickat sin hypermoderna mätbuss för att hjälpa till med att kontrollera om de nya metoderna fungerar.



Erik Eriksson och Jan Askne skickar upp en väderballong över Onsalahalvön

Meteorolog Erik Eriksson släpper upp väderballonger och inne i bussen skrivs den lilla sondens data ut.

Samtidigt sitter elektronfysikerna vid sina lasrar och mikrovågsradiometrar och mäter. Sedan är det bara att jämföra och se om man mäter rätt.

— Vi är på väg att uppfylla den

noggrannhet som SMHI vill ha på siffrorna för att kunna använda dem till prognoser och vi har nya tekniker på gång för att bli ännu noggrannare, säger Jan Askne.

Strålning

Hur gör man då för att sitta på marken och mäta temperaturen högt upp i luften?

— Jo, det finns något som heter svartkroppsstrålning. Det är strålning som all materia ger ifrån sig beroende på vilken temperatur den har. Genom att mäta på elva olika frekvenser, som dämpas olika mycket i atmosfären, får man temperaturen på elva olika nivåer, från markytan och upp till 10 kilometer, säger Jan Askne.

Mätapparaturen kallas mikrovågsradiometer och är en tämligen känslig apparat. Problemet att mäta har dock mindre legat i själva instrumentet än i att hålla regnvattnet borta från reflektorn som samlar mikrovågorna och att hålla referens kroppar på rätt temp.

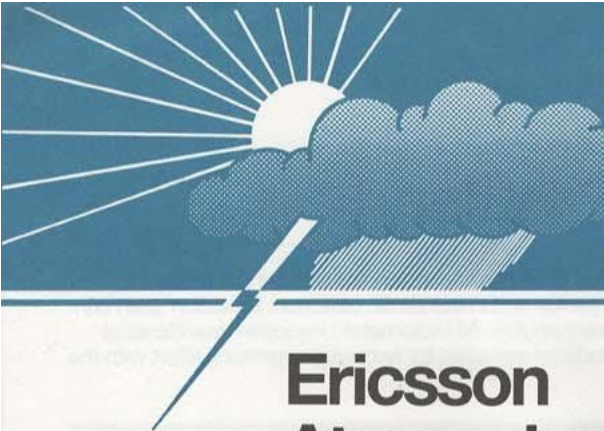
Ett annat instrument kallas "LIDAR". Det är ungefär som radar, fast med laserljus i stället för radiovågor.

— Vi skickar upp en kort kraftig puls av ultraviolett ljus. Sedan mäter vi den så kallade ramspridningen som är karaktäristisk för olika ämnen t ex vatten, vattenånga, syre, kväve osv. Man får tillbaka ljus som inte är det samma som man skickade upp. Intensiteten på det här ljuset säger hur mycket av ett ämne det är och tiden det tar innan det kommer säger hur högt det är. Med hjälp av det kan vi rita t ex en fuktighetsprofil för luften över Onsala, säger Arne Hågård som sköter lidarn.

— Det blir dyrare men bättre med sådana här mätstationer än nuvarande system, och alla undersökningar säger att bättre väderprognoser lönar sig. T ex kan man dimensionera snörojningsberedskap bättre säger Jan Askne.

Att det här är ett ekonomiskt intressant fält bevisas av att den här forskningen rönt en mycket stor internationell uppmärksamhet. I USA finns motsvarande grupper och intresset är också stort i t ex England, Italien, Kanada och Kina.

PETER SANDBERG



Ericsson in Meteorology

Ericsson Atmosphere Profiler

Continuous profiling of the atmosphere is now possible. The Ericsson Atmosphere Profiler is a ground based passive microwave radiometer providing vertical profiles of water vapour content and temperature.

Features

- Monitoring of temperature profile
- Monitoring of water vapour profile
- True vertical sounding
- Updated profiles every 10 minutes
- Automatic, unattended operation
- Remote computer control
- Very low operating cost compared to radiosonde

The water vapour content is derived from simultaneous measurements at two frequencies, one close to the water vapour absorption line at 22.2 GHz and the other well off this frequency.

The temperature profile is derived from measurements at several frequencies close to the oxygen absorption lines at 60 GHz.



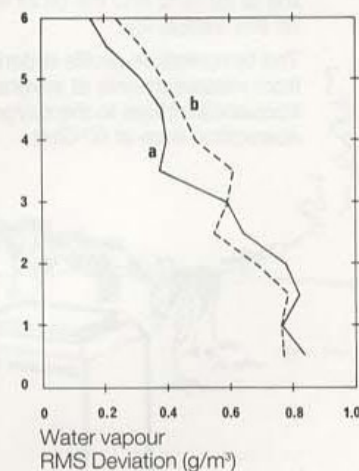
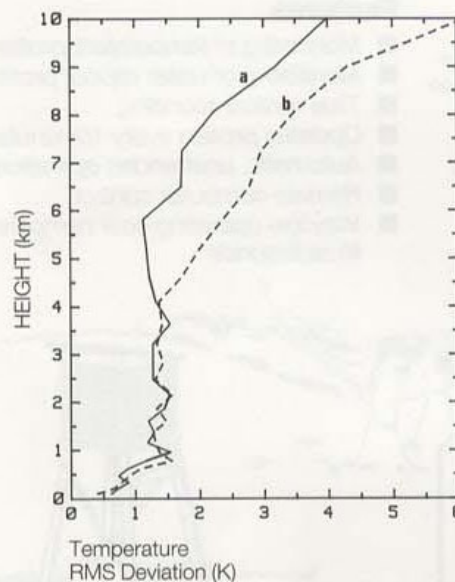


Ericsson Atmosphere Profiler

The weather-proof Radiometer Unit houses all radiometer receivers and can be placed at the optimal site. Measurements are normally performed in the zenith direction. Elevation scan can be selected to allow observations in different angles. All radiometer channels have identical antenna patterns. Standard telephone modems are used for two-way communication with the system computer.

The two figures below compare radiosonde and radiometer measurements of temperature and water vapour profiles. Curve **a** shows results from clear-sky conditions and curve **b** from cloudy conditions. The radiometer profiles are

derived from measurements with a prototype radiometer system in the ONSAM experiment (Onsala Atmospheric Measurements, Onsala Space Observatory, Sweden, May 2–6, 1983).



The first prototype system was developed in collaboration with Chalmers University of Technology. The present Ericsson Atmosphere Profiler is based on experience from the evaluation of that system.

ERICSSON 

Ericsson Radar Electronics AB
Meteorology
S-431 84 Mölndal, Sweden
Phone: +46 31 671000, Telex: 20905 ericrr s, Telefax: +46 31 864889

(Ericsson-bilder från Sven G. Gustafsson. Mätresultaten är från ONSAM, Onsala Atmospheric Measurements)

Ozon och ODIN

Ett par år efter att vi avslutat vårt atmosfärprojekt kom frågan upp om en svensk satellit för ozonmätningar, ODIN. Den typ av mätningar som var aktuella krävde komplicerade datoralgoritmer för att tolkas, och dessa var av samma typ som vid våra temperaturmätningar. Här hade vi en viktig fjärranalystillämpning, där vi hade en för landet unik bakgrund.

Vid den här tiden hade miljöverksamheten vid Chalmers börjat ta fart med Eva Selin som primusmotor och så småningom som dekanus för den nybildade och tvärvetenskapliga "Miljösektionen". Detta var en verksamhet helt i linje med den fjärranalysverksamhet som jag var intresserad av och jag engagerade mig därför i ett tidigt stadium och var också med i styrelsen. Chalmers understödde verksamheten och även om Miljösektionen var "immateriell" (deltagande forskare fick sina medel i första hand via de materiella sektionerna) fanns vissa medel för gemensamma insatser som doktorandtjänster och senare även högre tjänster.

Sent 1990 hade vi ett sammanträde på Chalmers med intressenter för en framtida svensk ozoninriktad satellit (benämnd MOSES vid denna tid) i vilket bland andra jag deltog. 1993 fanns en Phase A study av Odin och 2001 sköts Odin-satelliten upp.) Eva Selin, som också hade ozonrelaterad forskning på gång på Fysikinstitutionen, såg en satsning på ozon som viktig genom att olika verksamheter inom Chalmers potentiellt kunde knytas samman, dels vid hennes egen institution, dels vid kemi förutom av oss. Detta samarbete ledde till att medel kom fram för en doktorandtjänst via Miljösektionen och bland flera mycket goda sökande fick Patrick Eriksson tjänsten (1993) med tanken att utveckla algoritmer primärt för tolkning av satellitmätningar av ozon med Odin. Vid Råö hade Roy Booth vid denna tid tagit initiativ till utveckling av en markbaserad mikrovågsradiometer för mätning av ozon, en verksamhet som Anders Winnberg ansvarade för och där Peter Forkman anställdes som doktorand. Från Roys sida fanns intresset för mätningar av ozon från Råö. I motsats till mig, som hade erfarenhet av problematiken att invertera mätningarna till ozonprofiler genom atmosfärlagren från de tidigare

temperaturprofileringarna, trodde inte Roy på att datorprogram skulle vara någon svårighet att få från någon annan grupp. Med tanke på problemen att utveckla dessa inversionsprogram var min övertygelse den motsatta, vilket också visade sig vara fallet. Dessutom hade jag erfarenhet från denna verksamhet vilket inte Georg Witts grupp på MISU hade, trots uttalade ambitioner att utveckla sådana algoritmer. Patricks uppgift blev alltså att utveckla inversionsteknik för Odin-satelliten med huvudinriktning mot "optimal estimation model" enligt C.D. Rodgers, den metodik som vi använt för temperaturprofilering. I arbetet intresserade sig Patrick även för andra inversionsmetoder, vilket slutade med en bred översikt över olika möjligheter i avhandlingen 1999.

Redan 1986/87 hade mina egna intressen primärt inriktats mot radarteknik på grund av den europeiska utvecklingen av ERS-1 satelliten som sköts upp 1991, en utveckling som indirekt var grunden för den professur i fjärranalys som jag fick 1984 (det fanns ingen teknisk professur i landet trots att Sverige deltog i denna ESA-verksamhet). För ekonomiska medel var vi i huvudsak beroende av Rymdstyrelsen som alltmer såg satellitanknuten verksamhet som sin huvuduppgift i samband med fjärranalys, medan min grupp primärt sysslat med observationer av atmosfären från marken.

Patrick fick därmed klara sig mycket på egen hand och gjorde det med den äran. Senare engagerade han Carlos Jimenez, en av studenterna på Miljösektionens masterkurs i Environmental Measurements. För honom hade vi fått fram medel för halva tjänsten från Miljösektionen avsedda för en tjänst i "Global Measurements". Hans tjänst inriktades mot att utveckla inversionsrutiner baserade på neurala nät, ett område som vid denna tid började väcka allt större intresse, bland annat i en italiensk grupp som vi länge haft kontakt med och som hade intresse av både atmosfär- och skogsmätningar. (prof D. Solimini, Tor Vergata University, Rom).

Vid den här tiden hade Oliver Lindkvist blivit dekanus vid Miljösektionen och själv var jag vicedekanus för forskning. Chalmers hade centralt beslutat om

en internationell utvärdering av verksamheten (en del tyckte att miljöteknik var "flum") och utvärderingen ledde till mycket positiva omdömen. Detta i sin tur ledde till att Chalmers med stiftelsemedel beslöt att för fem år, från 2000, göra en storsatsning (100 miljoner SEK) på fem nya professurer med miljöinriktning – därefter skulle de normala sektionerna ta hand om verksamheten. För sektion ED beslöts om en professur i Global Miljömetteknik (den tidigare doktorandtjänsten var vägledande i detta sammanhang) och efter internationell annonsering erhöles elva sökanden av vilka Donal Murtagh, irländare och aktiv i Georg Witts grupp på MISU, utsågs till professor vid institutionen. Grunden för hans verksamhet vid Chalmers fanns primärt med Patrick Eriksson och Carlos Jimenez (jag koncentrerade mig nu helt på den radarrelaterade verksamheten). Dessutom fanns vid Onsalaobservatoriet utvecklingen av den markbaserade mikrovågs-radiometern och även Peter fick delvis stöd från Miljösektionen. Vidare fanns en grupp från IVL under ledning av Bo Galle som erhöles stöd från Miljösektionen för att etableras vid Chalmers och på så sätt lättare genomföra sina olika EU-projekt inriktade mot optisk fjärranalys av atmosfären, bland annat referensmätningar av ozon. Även denna grupp hänfördes till Donal Murtaghs verksamhet. Därmed kan man konstatera att Chalmers fick en synnerligen stark verksamhet inriktad mot fjärranalys av atmosfären.

Intressant från mitt perspektiv är också att konstatera att simuleringar som Göran Skoog och jag troligen var först med på åttiotalet av mätningar av vattenånga vid 183 GHz har viss anknytning till den utrustning som på 2000-talet färdigställts för mätningar av vattenånga vid teleskopen i Chile. Verksamheterna har inga anknytningar men utvecklingen sker i många steg under lång tid. Mätningar av atmosfärens vattenånga började med Gunnar Elgereds vattenångerradiometer för korrektioner av VLBI-mätningarna på Råö på 80-talet. Mätningar pågår fortfarande vid observatoriet och utvecklades till att bli ett verktyg för bland annat klimatrelaterade förändringar av vattenånga i atmosfären. Verksamheten på Råö var också grundläggande för

OMNISYS, som startades 1992 för utveckling av bland annat delkomponenter till Odinsatelliten och som utvecklats till ett viktigt företag för utveckling av utrustningar för satelliter och radioastronomi, bland annat 58 vattenångerradiometrar för ALMA i Chile.

Man kan se en röd tråd i den utveckling som skett från Olof Rydbeck's mätningar av jonosfären till dagens mätningar av ozon. En av rapporterna från fyrtiotalet från Råö handlar dessutom om ozonmätningar. Även till jonosfären finns anknytningar. En av de senare doktorsavhandlingarna på institutionen behandlar jonosfärens effekt på den kommande satelliten med P-bands radar för mätningar av skogens biomassa, BIOMASS, utvecklad bland annat på basis av erfarenheterna från CARABAS. Institutionen har utvecklats med en bas i geofysikaliska och astronomiska mätningar samt utveckling av instrument för ändamålen.

I september 2005 beskrevs institutionens fjärranalysverksamhet i IEEE GRS Newsletter i form av en University Profile, en artikel som ger en bredare bild än ovan:

Askne, J., Elgered, G., Galle, B., Murtagh, D. P., Smith-Jonforsen, G., & Ulander, L. M. (2005). Remote Sensing at the Department of Radio and Space Science, Chalmers University of Technology. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Newsletter*, (136), 11–18.



Logo för Fjärranalysgruppen

Radarfjärranalys

Prolog

På 70-talet var fjärranalys under stark utveckling. I Sverige genomförde man bland annat Sealce-75 i samarbete mellan bland andra FOA och Rymdbolaget, ett omfattande experiment för kartläggning av is med bland annat sidtittande radar, SLAR, i Östersjön med tanke på projektet Stålverk 80. Även fjärranalys av oljespill till havs fick allt större uppmärksamhet.

Inför utvecklingen av ERS-1 satelliten genomförde Rymdstyrelsen en internationell utvärdering 1983 av svensk fjärranalys vilken rekommenderade en svensk professur vid Chalmers. Den inrättades med visst stöd av Rymdstyrelsen och jag erhöll den efter sedvanlig ansökan. Behovet av en professur var i grunden relaterat till den europeiska utvecklingen och den planerade satelliten. Min verksamhet hade ditintills varit inriktad på mikrovågsradiometri (passiv teknik som används inom radioastronomi i motsats till radarteknik) med flygburen oljespillsdetektering och markbaserat atmosfärprofileringssystem. Det var nödvändigt att ta initiativ till nya projekt, och det var uppenbart att det naturliga steget med tanke på ERS-1 satelliten var att gå över till aktiv mikrovågsteknik, det vill säga radarteknik, trots att den direkta anknytningen till den radioastronomiska verksamheten på Råö därmed förlorades. Satellitteknik

intresserade även teknologer och vid den här tiden (1984) kom två teknologer från Fysik-sektionen och frågade om examensarbete, Lars Ulander och Roland Johansson. Lars skulle göra sitt sista år i London inom ramen för ett samarbete med Imperial College, som Fysik-sektionen hade, och han undrade om han skulle kunna göra det med anknytning till satellitteknik. Lars och Roland blev sedermera de första doktoranderna avseende radarfjärranalys. Lars fick en avgörande inverkan och innehar i dag professuren.

Den amerikanska Seasat satelliten var den första satelliten med syntetisk aperturradar för L-band (ca 12 cm våglängd). Seasat fungerade tyvärr bara tre månader 1978 och fick aldrig någon amerikansk efterföljare med civila tillämpningar. (2012 avslöjades att USA hade haft projektet Quill med L-band och 2,5 m upplösning redan 1964 – optisk film skickades ner i kapslar.) Syntetisk aperturradar ger en möjlighet till radarmätning med en upplösning som är oberoende av antennens storlek, den simulerar en stor antenn längs satellitens bana. Upplösningen var ca 25 m (efter viss medelvärdesbildning), oberoende av molnförekomst vilket var mycket betydelsefullt för många tillämpningar, bland annat militära.

I Europa hade Frankrike, i samarbete med Sverige och Rymdbolaget för bland annat nedtagning av data på Esrange, utvecklat optisk fjärranalys och satelliten SPOT-1 med hög upplösning (10 m pankromatiskt och 20 m multispektralt) avsett för olika landtillämpningar. SPOT-1 sköts upp 1986. Den Europeiska Rymdstyrelsen, ESA, skapades 1975 och hade under ett antal år diskuterat möjligheten att utveckla en radarsatellit tänkt framför allt för havstillämpningar. Man valde C-bandet som mest lämplig frekvens (ca 5 cm våglängd). Rymdstyrelsens Fjärranalyskommitté, med bland andra. Folke Eklund och Hans Ottersten, från FOA, insåg betydelsen av radarsatelliter, medan man inom Rymdbolaget med inriktning mot optiska satelliter var mer tveksamma. Vid denna tid drevs fjärranalysen mycket av teknikutveckling eftersom tillämpningarna var mer okända. Senare har det blivit tvärtom och

tillämpningarna har stått nästan helt i fokus, men det måste betonas att teknikutveckling kan ge grund för tillämpningar man inte kan ana på förhand.

Svenska förberedelser inför ERS-satelliten, 1984 - 1991

Man kom i Fjärranalyskommittén fram till att man måste förbereda sig i landet inför utnyttjandet av den planerade satelliten, som benämndes Earth Resources Satellite, ERS (senare uttolkat European Remote Sensing Satellite), och man cirkulerade en inbjudan till intressenter att komma med förslag och då var det naturligt att anmäla vårt intresse för att delta i utvecklingen. Fjärranalyskommittén valde ut en grupp bestående av SMHI, som skulle sätta målsättningarna, Rymdbolaget som skulle bevaka de kommersiella intressena samt FOA och Chalmers som skulle stå för den tekniska kompetensen. En styrgrupp bestående av Thomas Thompson (SMHI), Hans Ottersten (FOA), Olle Fäst (RB) och mig själv, samt Folke Eklund som ordförande, inrättades och ett förslag till program från gruppen skulle utarbetas. Havsövervakningsteknik var en naturlig tillämpning av den nya tekniken, ett område som redan hade utvecklats en del, men där Sverige inte hade självklara intressen. Övervakning av isförhållanden var ett tänkbart tillämpningsområde. Stora dynamiska isområden behövde följas och den kommande satelliten hade en upplösning av ca 25 m vilket borde vara tillräckligt. Isbrytartjänsten i Östersjön fick information baserad på de meteorologiska NOAA satelliterna, men inte när det var molnigt och möjligheterna att under alla väderförhållanden få radarinformation var mycket intressant. Thomas Thompson från SMHI var entusiastisk inför satellitmöjligheterna, Olle Fäst från Rymdbolaget var också ansvarig för det radarbestyckade Kustbevakningsflyget, Hans Ottersten från FOA hade erfarenhet från syntetisk aperturradar och själv hade jag erfarenhet av passiv teknik som ERS utnyttjade för vattenångekorrektioner av radaraltimetern. Min grupp bestod förutom mig själv av de doktorander jag kunde engagera (om jag hade forskningsanslag utifrån...) och ett mer allmänt stöd från institutionen. Inom ramen för sitt fjärde år av utbildningen vid Chalmers var Lars Ulander vid Imperial College i London. I London fanns också en

framstående fjärranalysgrupp vid University College London, UCL, och Mullard Space Science Laboratory, med Chris Rapley som ledare och som låg bakom en del av förberedelserna inför altimetern ombord ERS. Lars lyckades med stöd av ett Wallenbergsstipendium få möjlighet att göra sitt examensarbete vid UCL i stället för Imperial College och gjorde en mycket bra insats. Under tiden kunde jag ställa i utsikt av att vi på Chalmers kunde ta ansvar för utnyttjandet av altimetern och den samhörande mikrovågsradiometern avsedd för atmosfärkorrektioner. Därmed hade vi en gemensam kompetens för ett brett program inriktat mot iskartläggning. Själv var jag vid denna tid entusiastisk för utnyttjandet av altimetern för jag upplevde inte den tekniken så långt utvecklad som syntetisk aperturradar.

Slumpen kom också som vanligt att spela in i förloppet. Folke Eklund var internationellt aktiv inom URSI, internationella radiounionen, och han hade inbjudit till en konferens som han föreslog skulle bli på Chalmers och att jag skulle ta hand om värdskapet. I januari 1987 hade vi cirka 100 deltagare i en konferens med titeln Microwave Signatures in Remote Sensing. Det var en specialistkonferens. Detta lade mycket av grunden för våra internationella kontakter och fick stor betydelse. En kort tid efter konferensen satt jag på planet till Stockholm, när mannen intill mig, liksom jag, hade en av konferensportföljerna med sig. Det var ingen jag kände och jag trodde jag kände alla som deltagit. Det visade sig vara Bert Lundgren, vd för Petroscan, ett litet innovationsföretag i Göteborg, men med rötter från Lund, som utnyttjade altimeter-data för att kartlägga potentiella oljeförekomster till havs. De porösa bottenskikten, som kan innehålla gas eller olja, påverkar via gravitationskraften vattenytan med ett par centimeter över områden som kan vara tiotals kilometer. Detta kan man upptäcka med altimeter om man gör många återkommande mätningar, och man låg onekligen vid den här tiden rätt nära möjligheternas gräns. Våra diskussioner ledde till att Bert lyckades ordna medel från Styrelsen för Teknisk Utveckling, STU, för en doktorandtjänst och Jonas Noréus sökte och fick den. Hans verksamhet blev nog något av ett sidospår men tack vare olika intressenter till Petroscan,

bland andra. dr Kjell Hayling och Mats Nyborg förde Jonas sina arbeten till doktorsexamen och som opponenter hade vi en av de främsta inom området, David Sandwell, Scripps Institution of Oceanography, Kalifornien. Under tiden som tekniken för oljeletning blev bättre och betydelsefullare för de amerikanska företag som köpte sina tjänster från Petroscan, så beslöt företagen att de måste ha kompetensen "in house". Därmed föll den ekonomiska grunden för Petroscan bort – en tråkig utveckling för ett unikt svenskt företag.

Efter vistelsen i England fortsatte Lars sin altimeterinriktade verksamhet vid Chalmers. Altimetern är en utrustning som mäter avståndet rakt ner under satelliten och som i sina enkla tillämpningar används som höjdmätare. I sina förfinade former, då man kan mäta med centimeterprecision, kan den användas för att mäta inverkan av bottenstrukturen i haven, av strömmar i haven och så vidare, men också egenskaperna hos radarekots utnyttjas för att karakterisera till exempel havsisens egenskaper. En svaghet med altimetern är att den bara mäter längs ett smalt område under satellitbanan. Den syntetiska aperturradarn däremot ger en bild av ett större område (100 km brett) vid sidan om satellitbanan och en bild ger mycket mer information än ett antal punktmätningar. När vi funderade på hur vi skulle få praktisk erfarenhet inför ERS-satelliten så kunde vi konstatera att i Europa fanns den franska flygburna Varan-S med X-bands syntetisk aperturradar. Eftersom vårt intresse avsåg isförhållandena i Östersjön eller snarare Bottenviken hade vi på ett tidigt stadium kontaktat finländarna för samarbetsdiskussioner och ett samarbete etablerades varigenom vi hyrde Varan-S för flygningar över Bottenviken vintern 1986-87. Lars fick dessutom erfarenhet av SAR-data genom att delta i ett ESA-projekt som Preben Gudmandsen, DTU, ansvarade för. Alltmer blev SAR-tillämpningar vårt primära intresseområde och vi fick intressant erfarenhet tillsammans med de mätningar av isegenskaper vi utfört i Bottenviken, där vi hade hyrt in en helikopter för att transportera oss ut på isen. Jag kan lova att det är en rätt speciell känsla att vara ett par stycken personer långt ute på isen utan landkänning och veta att om dimman

svepte in kunde helikoptern kanske inte hämta in oss. Vi hade försökt utrusta oss för förhållandena på olika sätt inklusive för mätningar av isegenskaper. Något som tedde sig underligt för en oceanograf som Thomas Thompson var att vi på Chalmers var intresserade av den småskaliga ytojämnheten, det vill säga. inte bara isvallar och liknande utan också ytans ojämnheter på millimeternivå. För detta hade vi fått utvecklat en speciell laserutrustning och det var Roland Johansson som arbetade med både dessa mätningar och mätningar av isvallar som var det stora hindret för isbrytarna. I Varan-S bilderna kunde vi se hur isvallarna framträdde olika beroende på flygriktningen och hur kontrasten till den omgivande isen bestämdes av den småskaliga ytojämnheten, snöskikt och så vidare. Ett problem med Varan-S radarn var att den utnyttjade en annan frekvens, X-band eller ca 3 cm våglängd, än den kommande satelliten som arbetade vid C-band eller ca 5 cm våglängd. Därför var egentligen utnyttjandet av Varan-S en nödlösning och vi arbetade för att få möjlighet att utnyttja den kanadensiska Convair-580 som hade C-band förutom X-band. Efter en del turer fick vi fram medel från Riksbankens Jubileumsfond, men det satt hårt inne att få medel för en flygning som kostade flera hundra tusen kronor för några få timmars flygning över det intressanta området. Kostnaderna för att få över planet från Kanada minskades dock genom samverkan med norrmännen, som ville göra flygningar över olika havsområden längs norska kusten. Vintern 1987-88 genomförde vi flygningarna i Östersjön och fick fram ett omfattande material. Samtidigt gjorde vi fältmätningar på isen utgående från isbrytaren Tor. Alla våra ansträngningar var inriktade mot att få fram SAR bilder (eftersom vi såg SAR som den sensor på ERS-satelliten av störst betydelse för SMHI och isbrytarunderstödet) tillsammans med samtida fältmätningar för att kunna tolka radarsignaturerna.



Vid "spakarna" av Convair-580 över Östersjöns is, 1987



Isbrytaren TOR och fältarbete med ytojämnhetsmätningar på isen, 1987.

Altimeterdata var svårare att få fatt på och intresset var allmänt sett lägre. Detta ledde till att vår isinriktning mot altimeterdata i Chalmers-gruppen försköts mot behovet av att analysera SAR-bilder (förutom Petroscan-projektet). En fördel under projektets gång var också möjligheten att intressera teknologer för examensarbeten och för forskningsprojekt, vilket gjorde att vi på Chalmers hade förhållandevis lätt att starta upp projekt och även att genomföra 4–5 års doktorandprojekt, medan vi hade ett handikapp i genomförandet av projekt längre än så på grund av svårigheterna att få mer än tillfälliga tjänster. Under min tid som ansvarig för Fjärranalysgruppen var det bara jag som hade en långtidstjänst och utöver doktorandtjänsterna på max 5 år fick så småningom Lars Ulander i allmän konkurrens på elektrosektionen en forskarassistenttjänst på fyra år, samtidigt som det vid något tillfälle fanns upp till åtta doktorander och studenter i gruppen. Vi hade också del i administrativa tjänster vid institutionen och i synnerhet sekreterartjänsten i Göteborg var betydelsefull för stabiliteten, och i samband med fältexpeditioner behövde vi ibland hjälp från verkstaden. Det externa stödet var därmed avgörande och det kom framför allt från Fjärranalyskommittén och delvis från Naturvetenskapliga Forskningsrådet, från ESA samt EU. Möjligheterna att under lång tid kunna hoppas på stöd från

Fjärranalysskommittén var en förutsättning för verksamheten, men Fjärranalysskommitténs medelssituation var ytterst begränsad eftersom huvuddelen av Rymdstyrelsens anslag tagits i anspråk för ESA-verksamhet.

Datorutrustning

När vi gick in i förberedelsearbetet hade vi för gruppen en gemensam Ericsson PC- dator, som vi fått från Ericsson i ett tidigare projekt. Dessutom hade jag för rapportering och liknande uppgifter en australiensk smådator Microbee, som kunde skriva grekiska symboler. När jag var "sabbatsledig" andra halvåret 1990 använde jag en Artari Portfolio från 1989 som kunde utrustas med modem (se bild till höger).



Detta var tiden innan internet och dess mejl-system. Själv använde jag SCIENCEnet, en mejl-service anordnad av Omnet i Boston i mitten av 80-talet. Det var i samband med möten arrangerade av ESA, som till exempel. PIPOR, som de internationella kontakterna blev allt viktigare. Kvar har jag en katalog över användare av SCIENCEnet från 1993 med ca 5400 användare och namngivet som "the world's largest electronic mail network for the international oceanographic, atmospheric, and earth science community"! Det fanns över hundra "bulletin boards" eller som SCIENCEnet kallade dem Kiosks, såsom ERS1.NEWS med "information of European Remote Sensing Satellite 1 program".

Institutionen för Tillämpad elektronik vid Chalmers tog initiativ till att söka en Teragondator för bildbehandling, som vi gick in i för att samarbeta. Rektor fick först övertygas om att det inte var bildbehandling som forskningsområde, något Linköpings tekniska högskola var framstående inom, utan bildbehandling som stöd inom våra respektive forskningsområden, medicinsk teknik respektive fjärranalys. Vi erhöll ett anslag och köpte den Linköpingsutvecklade Teragon vilken placerades i lokalerna för Tillämpad elektronik. När uppskjutningen av ERS-1 blev aktuell

insåg vi att vi behövde ha bättre datorresurser lokalt. Vårt första minidatorsystem, microVAX-II, var en milstolpe. Vi köpte också en state-of-the-art bandstation som klarade 6250 bpi vilket även Råö hade behov av ibland, och även 1-2 VAX-stationer innan vi gick över till SUN-maskiner, erkänt bra för bland annat bildanalys. Så småningom, 1994, hade vi sju Sun-stationer. Framför allt fick vi möjlighet att anställa Jan Stein som var en engagerad algoritmutvecklare, vilket säkert var av avgörande betydelse för utvecklingen. Så småningom utvecklades specialprogram för processning av SAR-data, men det var först efter 2001 som specialprogrammet från Gamma Remote Sensing AG i Schweiz inköptes. När Lars Ulander disputerat 1991 fick han en personlig dator, dessförinnan fanns en central Dell PC, förutom en för mig, som använde T3 programmet för vetenskapliga rapporter. Lars valde efter en del diskussioner en Apple Mac, trots problem med kompatibilitet med PC. Så småningom fick MS Word möjligheter att inkludera ekvationer och ersatte T3.

Ett av de mest spännande åren i verksamheten, 1991

Sista halvåret 1990 var jag på "sabbatsledighet" dels vid Joint Research Centre, JRC, i Ispra, Italien, dels i Chris Rapleys grupp vid Mullard Space Science Laboratory, MSSL söder om London. Om Sverige skulle gå med i EU antog jag att JRC skulle bli en viktig samarbetspartner, och MSSL var den institution där Lars genomfört sitt examensarbete.

Väl hemma nyår 1991 vidtog förberedelser för mycket, bland annat. inför en planerad expedition till Arktis respektive iskartläggning i Bottenviken. Det internationella utvecklingsarbetet inför ERS-1 satelliten innehöll omfattande diskussioner om kartläggning av is med syntetisk aperturradar. Kanada hade (och har) ett nära samarbete med ESA och ERS-1 och för Kanada var SAR och iskartläggning så viktigt att man utvecklade egna satelliter, RADARSAT-1 (1995–2013) och RADARSAT-2 (2007-). För många länder var intresset riktat mot Arktis och Antarktis, men för Sverige och Finland, och i viss mån Tyskland, fanns ett starkt intresse för iskartläggning för att understödja

isbrytarverksamheten, vilket ledde till samarbete länderna emellan. Övervakning av Arktis var däremot primärt av miljö- och klimatintresse. I Sverige hade isbrytaren Oden just utvecklats. Den hade en isbrytarklass som gjorde det möjligt att forcera Arktisk is, och planer hade uppstått inom Polarforskningssekretariatet att utrusta en expedition till Arktis. Sista hälften av 80-talet gick en förfrågan ut till forskningsgrupper om deras intresse för medverkan. Det var ju en stor och intressant utmaning och vi hade skickat in ett positivt svar där vårt forskningsmål var att kartlägga isens egenskaper *samtidigt* som ERS-1 satelliten passerade över området. Eftersom isen förändras snabbt på grund av rörelser och andra faktorer är det viktigt att få samtida bilder som markmätningar genomförs av istjocklek, snötjocklek, snöfuktighet, isvallar, smältpölar och så vidare. Expeditionen planerades avsegla i augusti 1991 från Göteborg.

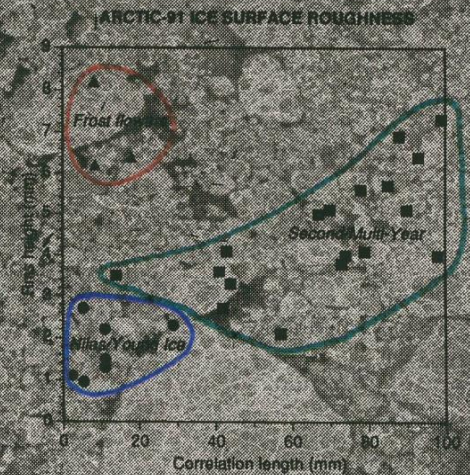
Innan dess var det dags för Lars Ulander att doktorera, den förste doktorn i gruppen, med professor Fawaz Ulaby från University of Michigan som opponent, en av radarfjärranalysens framstående pionjärer, som jag lärt känna vid en konferens i Toulouse 1984. Lars var nu den som blev ledare för gruppen ombord på Oden under Arktis-expeditionen.

Själv skulle jag ansvara för landverksamheten i form av att få fram satellitdata och om möjligt sända information om isläget till fartyget. Lars var en mycket duktig gruppchef ombord som såg till att det blev ett bra program ombord där många viljor skulle enas eftersom sex olika forskningsprogram skulle genomföras med delvis konkurrerande krav på verksamheten under den cirka 3 månader långa färden till världens ände. Det var första gången dessutom som ett ytdrivet fartyg (i motsats till ubåt) och utan atomkraft tog sig till Nordpolen. Tidigare hade bara ryska atomdrivna isbrytare tagit sig fram. Det är nästan svårt att inse i dag vilken pionjärresa Arktis-91 innebar.

Fjärranalysgruppen ombord bestod av Lars och Anders Carlström från min grupp. De hade en scatterometer (typ av radar) monterad på relingen, ytterligare utrustning för att mäta isens ytskrovlighet, snöns fuktighet och

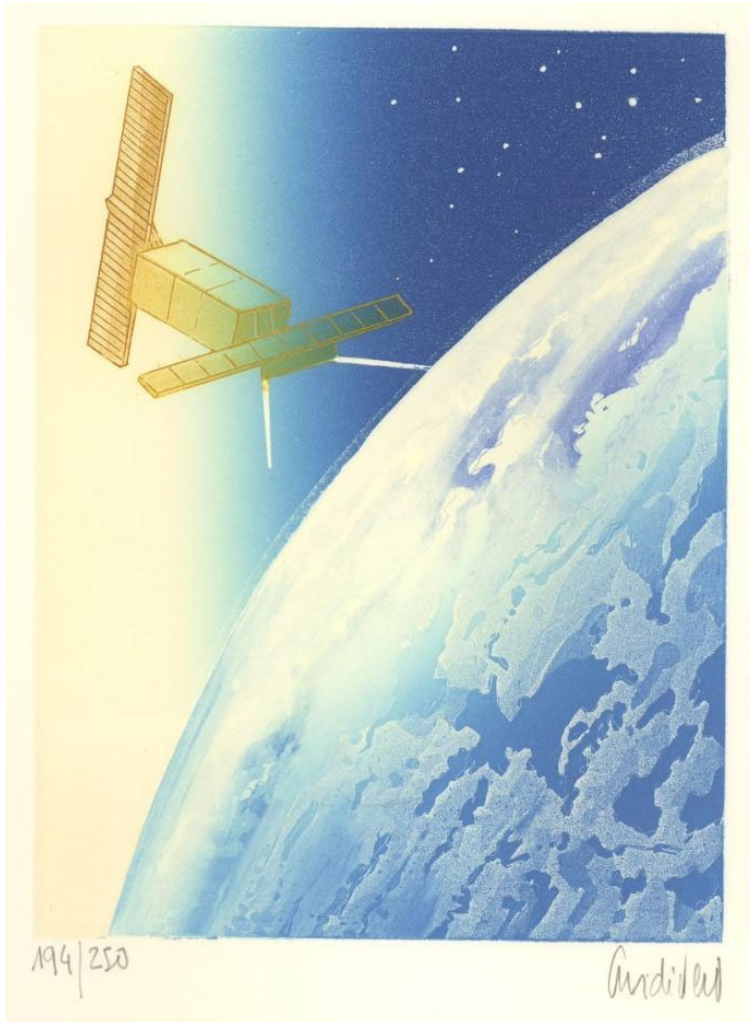
täthet, utrustning för att ta borrhärnor och istjocklek, och två radarreflektorer som skulle ge ekon i ERS-1 satellitens SAR-bilder. Eftersom vi inte själva kunde klara av alla de mätningar som vi ansåg viktiga hade vi kontaktat andra grupper som kompletterat med två man från Finland, Jorma Pallonen och Olli Salmela (radarmätningar med scatterometer som monterades på Odens helikopter) och Björn Olaf Johannessen från Norge (videofilmning av isen för bestämning av isflaksstorlek, smältpölar och liknande). Landgruppen bestod av mig, vår duktige datorspecialist Jan Stein och en kortvågssentusiast från granninstitutionen, Joakim Johansson. Tanken var att vi skulle försöka få fram satellitinformationen så snabbt som möjligt och sända bildinformation om isläget till Oden via kortvåg med hjälp av radioamatörerna, ETA, på Chalmers. För övrigt fanns Maritex för textöverföring. Någon satellitkommunikations-möjlighet fanns inte vid denna tid. Dessutom var det ett år med solfläcksmaximum vilket skulle visa sig göra kortvågskommunikation i praktiken närmast helt omöjlig. Vi tog då till en militär lågfrekvent sändare av fax på Gotland (Tingstäde) när inget annat gick för att sända tecknade konturbilder, men det var inte många bilder som kom fram.

Arktis-expeditionen hade planerats och förberetts under många år, och under ännu fler år hade ERS-1 satelliten förberetts. Typiskt vad det gäller satelliter är att uppskjutningen försenas på grund av någon liten osäkerhet, och jag vet inte hur många gånger som det blev fördröjningar och hotet att vårt Arktisprojekt därmed skulle misslyckas kändes frustrerande. Vid IGARSS konferensen i Helsingfors 3 – 6 juni 1991 fick jag i alla fall höra av Guy Duchossois, att nu var det nästan säkert att uppskjutningen skulle bli av, och så blev det, den 17 juli. Oden avgick från Göteborgs hamn några dagar senare!



Julkort från gruppen julen 1991. Lars Ulander och Anders Carlström framför Oden på Nordpolen. Gruppen bestod dessutom av ytterligare tre forskare från Finland och Norge som vi samarbetade med. Som bakgrund visas en SAR-bild från ERS över områden vi mätte på och diagrammet visar olika istyper.

Satellitsignalen från ERS-1 togs ner i Kiruna. Jag hade tagit kontakt med föreståndaren där och vi hade planerat att en kopia omgående skulle göras och skickas med flyg till oss direkt. De första ERS-1 bilderna som togs ner i Kiruna var från den 5 augusti och som vi med flyg fick ta del av från Kiruna för att kontrollera att vi kunde "läsa" ERS-1 bilder och annan data. Bilden visade sig till och med vara över Göteborg. Dessutom innehöll den klara tecken till ett mindre oljeutsläpp utanför Göteborg. Man såg också vågeffekter av en stor tanker. Tyvärr kunde aldrig oljespillet bekräftas eftersom Kustbevakningens övervakningsflyg var stationerat i Skåne, men det var en satellitbild som jag sedan alltid använde i undervisningen för att illustrera oljespill.



Etsning erhållen från ESA med anledning av uppskjutningen av ERS-1 satelliten.

Den första kallduschen i projektet kom när en ESA-man (mycket duktig, men en något kolerisk fransman som jag kände en del från många ESA sammanträden) skällde ut mig för detta initiativ att ta del av data direkt från Kiruna och talade om att data tillhör ESA och skall endast skickas till ESA från Kiruna, basta. Lösningen blev att en norsk doktorand som

Nansen-gruppen hade lyckats "plantera" hos ESA tog hand om också våra data och skickade dem direkt via ftp till oss. En andra kalldusch kom vid ett möte vid ESTEC då de första ERS-1 bilderna skulle presenteras och jag förstod att satellitradarn inte skulle vara påslagen längs den bana som Oden skulle följa vid en viss tid (radarn kunde bara vara påslagen ca 20 minuter av varje varv på 84 minuter på grund av solenergin). Ett samtal under mötet med en mycket flexibel ESA funktionär ledde till att han under mötets gång tog direktkontakt med satellitkontrollstationen i Darmstadt och såg till att radarn på satelliten skulle vara påslagen under passagen över Oden.

När den allra första ERS-bilden kom till oss kom chefer på Ericsson i Mölndal upp för att se på resultatet. Ericsson hade ju bidragit mycket i den tekniska konstruktionen av ERS-1, bl.a. antennen, och vi hade haft en hel del kontakter men inte något direkt samarbete. Jan Stein svettades över bilderna, men inte kunde vi se Oden bland alla isflak och brus. Ericsson folket gav upp och spänningen släppte och vi började leta bland alla pixelvärden efter ett ovanligt högt sådant, och då fann vi radarekon från Oden och den uppbrutna isrännan (detta framgår dock inte i vårt julkort).

Troligen har inga SAR-bilder tagits så långt norrut samtidigt och tillsammans med att isundersökningar har gjorts såsom de från Arktis-91, i alla fall inte förrän 1996 vid vår nästa nordpolsexpedition då vi fick bilder från kanadensiska RADARSAT, vars täckningsområde sträckte sig längre norrut än ERS. Det fanns mycket för Lars och Anders att analysera efter expeditionen 1991. De var speciellt intresserade av hur ytojämnheten hos isytan och isvallarna karakteriserar radarspridningen och därmed satellitbilderna, och för Yan Sun som var inriktad mot klassificering av istyper med bildanalys och på isdriftsbestämning. Bland annat fick vi SAR-bilder som tydde på hur bottentopografin påverkade isdriften (genom strömmar, något vi dock inte fått analyserat av oceanografer). Samarbete med oceanografer dröjde till efter 96-expeditionen.

Vid utvärderingen av Arktis-91 expeditionen var vi en av de två grupper som omnämndes som framstående vid den utvärdering som skedde, men tyvärr medgav inte doktorandsituationen en lika stor satsning på nästa nordpolsexpedition, Arktis-96, men mer därom nedan.

Skog börjar bli ett viktigt komplement till havsis

Förberedelsearbetet med utveckling av rutiner för iskartläggning i Östersjön med tanke på isbrytarnas behov skulle så småningom troligen få ett slut för oss på Chalmers. Vår roll var att arbeta fram ny teknik tillsammans med avnämare för att de senare skulle ta över den och för vår del var det nödvändigt att se oss om beträffande andra forskningsuppgifter. När man går från hav till is och vidare till landtillämpningar behöver man alltmer detaljerade mätningar eftersom variationerna är större. Vi hade nu under några år arbetat med havsisegenskaperna i Östersjön och nästa naturliga steg var skogsegenskaper. Sverige täcks till mer än hälften av skog och dess egenskaper är viktiga såväl ekonomiskt som miljömässigt. Skog har stor variabilitet och ERS-1 SAR hade relativt hög upplösning, ca 25 m. Därför var de primära tillämpningarna för ERS-1 relaterade till hav och is, medan landtillämpningar upplevdes ligga längre fram i tiden.

Jag hade en duktig examensarbetare, Hans Israelsson, som var intresserad av forskarstudier och som gjort ett examensarbete om polarimetriska mätningar av havsis. Vi hade fått data från flygmätningar gjorda av Jet Propulsion Laboratorys (JPL) flygplan i Beaufort Sea. JPL hade en mycket generös policy vad det gällde mätdata, och vi hade bra kontakter med bland andra Frank Carsey genom PIPOR-samarbetet. Tidigare hade vi fått data från den första SAR satelliten, Seasat, som sändes upp av amerikanerna redan 1978, men som trots detta fortfarande inte fått någon amerikansk uppföljare. Den fungerade endast under tre månader, men producerade mer data än man har kunnat bearbeta eftersom det var före datorprocessningens tidevarv och bilder togs fram med optisk teknik.



Robert Sylvander och lutande popplar, maj 1991.

Jag började fundera på möjligheterna att göra mätningar på skog och talade 1991 med Sipi Jaakkola, som var professor vid SLU i Umeå och ledande av optiska satellitmätningar av skog, om han var intresserad av

samarbete kring utnyttjandet av den nya tekniken. Jag hade fått positivt svar, men innan samarbetet kommit igång hade Sipi flyttat över till en UNEP-tjänst i Geneve och Robert Sylvander blev tillförordnad professor. Robert var också intresserad av den nya mikrovågstekniken och han backade upp våra ansträngningar och tillsammans sökte vi doktorandtjänster från bland andra Rymdstyrelsen. Dessa tjänster gick till Hans Israelsson på Chalmers och till Johan Fransson på SLU ett par år senare. Vår avsikt på Chalmers var att som förberedelsearbete inför satellitmätningarna börja med utvärderingar av polarimetriska C- L- och P-mätningar som gjorts med JPL:s DC8 i samband med flygningar i Europa arrangerade av JRC, Ispra. Det mätområde varifrån vi kunde få vissa markmätningar var från Flevoland i Holland. Robert och Hans åkte ner till Flevoland 1991 för att dessutom mäta stamvolym på träden. Enligt Robert var stamvolym det viktigaste måttet och det är vad vi sedan dess har varit inriktade mot att bestämma med satellit. Träden i Flevoland var inte fur och gran som här i Sverige utan bland annat poppel. Det fanns en intressant typ som lutade i riktning mot öster. Lutande popplar har väldigt speciella egenskaper och det ledde till en något speciell artikel av oss eftersom lutande träd ger samma effekt som normala träd som växer på en sluttande mark. Sluttande mark är inte vanligt i Holland men väl i Sverige och på de flesta andra håll. Betydelsen av topografin vid mätning av skog vid låga frekvenser som P-band är dessutom mycket stor, samtidigt som P-band

visat sig känsligast för skogens stamvolym av mätningarna vid C-, L- och P-band i Flevoland. De första skogsmätningarna med bakåtspridningen från ERS-1 (C-band) var inte heller särskilt lovande. (Det skulle dröja fram till 2010 som Maurizio Santoro et. al., då verksam vid Gamma i Schweiz, visade på möjligheten att bestämma biomassa utifrån ett medelvärde av en stor mängd Envisat ASAR mätningar för att undvika tidsvariationerna.)

Ett nytt forskningsspår – interferometri

Medan Arktis-expeditionen pågick var det dags för årets kurs i Mikrovågsfjärranalys och förslag till examensarbeten. Jag hade observerat amerikanska mätningar av interferometri och fick Jan Hagberg intresserad av ett projekt som var tänkt att baseras på amerikanska Seasat-mätningar. Tyvärr visade det sig att dessa mätningar hade behandlats med optisk processteknik och inte omvandlats till digital form, vilket var nödvändigt för en interferometrianalys hos oss. Istället fick Jan för examensarbetet simulera mätningar över ett fjällområde i norra Sverige, ett område som hade stora höjdskillnader.

När Lars Ulander kom tillbaka från Arktis-expeditionen och, i stark konkurrens, lyckats få en forskarassistenttjänst, kom frågan upp om Lars fortsatta inriktning. Själv var jag mest intresserad av satellitbaserade tillämpningar av fjärranalystekniken för det var trots allt det som Fjärranalyskommittén primärt ville stödja (och jag var ju själv medlem av Fjärranalyskommittén). Lars var väl så intresserad av teknikaspekterna och hade teknisk bakgrund från Mullard Space Science Laboratory förutom en period vid Canada Centre for Remote Sensing, så jag föreslog att Lars skulle ta över handledaransvaret för Jan Hagberg, som också var intresserad av tekniken. Av examensarbetet blev det ett bra tidskriftsbidrag och gruppen var etablerad som en av de första i Europa inom interferometriområdet och deltog i en första workshop anordnad av ESA med ett föredrag.

Den oväntade nyttan av teknisk utveckling

Vi hade påbörjat ett nytt utvecklingsspår, radarinterferometri, på basis av att det var ett spännande utvecklingsområde, och vi visste inte riktigt hur vi skulle få anslag för verksamheten. Eftersom vi inte trodde att vi kunde få stöd från fjärranalyskommittén formulerade vi för första gången en ansökan till STU, Styrelsen för Teknisk Utveckling, och fick avslag. Möjligen hängde det ihop med gränsdragningen mellan anslagsbeviljande myndigheter, att STU inte ville ta hand om ett projekt som hade med fjärranalyssatelliter att göra, ett område de en gång överfört till Rymdstyrelsen.

Alla våra andra projekt hade sin grund i en potentiell tillämpning, ett samhälleligt behov. Samtidigt var vår uppgift som forskare på en teknisk högskola att utveckla tekniken så att användare kunde utnyttja den. Fjärranalys med hjälp av mikrovågor, till exempel. radartekniken, levererade mätresultat som inte var intuitivt tolkningsbara som de optiska satellitbilder som man var mer van vid. Under alla år var därför ambitionen att samarbeta med "avnämare"- det vill säga. de som i sin tillämpning behöver satellitinformation - för att utveckla tekniken med avseende på de behov avnämarna hade och för att för vår del använda deras kunskaper vid utvecklingen av tekniken. Detta ledde till mångårigt samarbete med SMHI:s meteorologer när det gällde markbaserade atmosfärmätningar, med SMHI:s oceanografer när det gällde isövervakning och med SLU när det gällde skogsprojekten. Men nu gav vi oss på ett projekt som vi först bara såg den tekniska betydelsen av.

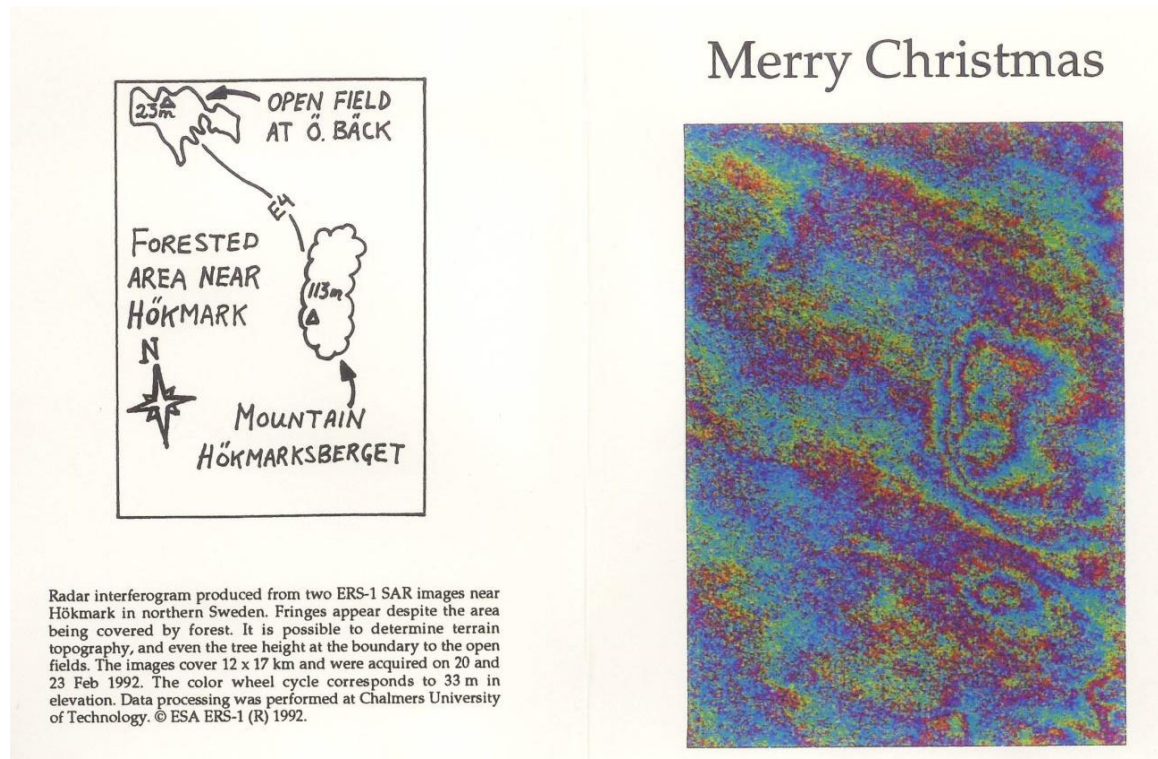
Interferometri med ERS-1:s radar var inte en planerad tillämpning. Jag minns inte att det varit nämnt vid något av alla förberedande ESA-EOPAG mötena som Olle Fäst från Rymdbolaget och jag hade deltagit i som svenska representanter. Det fanns ingenting i planeringen för att möjliggöra interferometri. Men tack vare att radarns lokaloscillator var långt mer stabil än kraven som ESA hade ställt, möjligen tack vare att tillverkarna gjort sitt allra bästa inför den första satelliten av sitt slag, så blev det väldigt snabbt

uppenbart efter uppskjutningen att interferometri var möjligt och två bilder med 3 dagars mellanrum visade koherens.

Lars hade sedan en vistelse vid Canada Centre for Remote Sensing varit intresserad av kalibreringen av radarbilderna och hade satt upp några radarreflektorer på en frusen sjö i Mellansverige som skulle passeras av ERS-1 under den tredagarsbana som användes under de första testmånaderna 1991. För ändamålet behövdes en viss dataprodukt, SLC, som man normalt undvek om man inte var speciellt tekniskt intresserad. Det var den produkt som behövdes för interferometri och därmed hade vi tillgång till scener som kunde analyseras med tanke på interferometri. Men vi fick dessutom ta del av speciella scener över Sardinien som ERS distribuerade och som POLIMI-gruppen i Milano hade analyserat redan i början av september och nu kunde också vi delta kort efter Oden kommit tillbaka i oktober vid ett första Fringe sammanträde den 31 oktober i Frascati för att visa upp resultat.

Jag kan fortfarande minnas en dag, på hösten 1992, hur Jan Hagberg, som satt vid datorerna ute i institutionens gamla utrymme för telefonväxeln, gav till ett utrop som fick mig att skyndsamt ta mig till honom. Jan hade sett på interferometribilderna, som anger höjdvariationer över land, att skogsbrynen i ett område vi kände till från vårt skogsprojekt kunde ses som en höjdförändring – vi kunde mäta skogens höjd med hjälp av interferometri. Det var en oväntad effekt som väckte uppmärksamhet internationellt också och plötsligt stod vi inför möjligheten av en tillämpning, att mäta skogens höjd, en av de viktigaste parametrarna att karakterisera skogens stamvolym eller biomassa. Bilderna var tagna under förhållanden med minusgrader och ett snöskikt på marken eftersom de var tänkta som del av vårt isprojekt. Det visade sig senare att detta var de mest optimala förhållanden för mätningar av skogsegenskaper. Men med interferometri mäter man inte bara ett slags höjd, fashöjd, utan också koherensen mellan de två mätningarna vilket ligger till grund för interferometri. Koherensen beror på hur stabil skogen är, hur mycket som skett mellan de två mätningarna på grund av vind, regn eller annat som påverkar bakåtspridningen från radarn. Under den här

testperioden hade ERS-1 en bana som gjorde att den kom tillbaks var tredje dag under vintermånaderna och tack vare detta var förhållandena stabila och koherensen hög, men den var högre för den snötäckta marken än för träden som påverkas av vind men också av hur tät skogen är, som också inverkar på skogens stamvolym och biomassa.



Gruppens julkhälsning julen 1992 som visar interferensfransar mellan två radarbilder på grund av höjdskillnader och skog. Färgen är relaterad till höjdförändringar.

Många var de diskussioner vi hade om vilket av dessa mått, fashöjd eller koherens, som var det bästa, men i slutändan visade det sig att koherensen var det mer stabila måttet (något som skulle ändras långt senare med TanDEM-X satelliten). Samtidigt kunde vi plötsligt presentera färgbilder istället för radarns normala gråskalebilder, något som gjorde dem lättare att tyda. När jag presenterade resultaten för Rymdstyrelsen sade Rymdbolagsrepresentanten som var van vid analys av optiska bilder, att det var första gången han såg radarbilder som verkade intressanta. Vi tog också fram egenskaper för att karakterisera dessa bilder, något som särskilt Patrik

Dammert kom att utveckla senare tillsammans med en rad olika tillämpningar för klassificering av skog- och landegenskaper och för egenskaper hos fastis utifrån många grundläggande och avancerade aspekter.

Lars Ulander och Jan Hagberg genomförde bland annat ett viktigt projekt för ESA angående radiometrisk och interferometrisk kalibrering av Envisats avancerade SAR, ASAR, innan Lars vid slutet av sin forskarassistenttjänst fick möjlighet till en tjänst vid FOA och Jan Hagberg gick till Ericsson, vilket var hans mål för utbildningen från början.

Johan Fransson hade nu engagerats på SLU till en parallelltjänst till Hans Israelsson med något års fördröjning, för på SLU brottades Robert Sylvander med synpunkter som ”vilken lantmätare skulle vilja ägna sig åt radarteknik”. SLU var inriktat mot optisk fjärranalysteknik. Vidare hade Gary Smith från England sökt sig till Sverige utifrån sitt intresse för fjärranalys av skog och engagerades i fjärranalysgruppen. Hans första projekt var relaterat till interferometri och vi genomförde försök tillsammans med Johan Fransson, i Kätthöle där SLU hade ett försöksområde, och i skogsområden i södra Finland inom ramen för ett stort ESA projekt för interferometri, EUFORA. Så småningom engagerades Maurizio Santoro från Italien med stort intresse för skogsfjärranalys och han tog på sig att utveckla vår tolkningsmodell för interferometriska skogsmätningar, baserat på mätningar i Finland inom ramen för EUFORA, samt från Kätthöle. Maurizio deltog också i andra interferometriska tillämpningar delvis i samarbete med Pasquale Murino, (hans tidigare professor i Neapel som jag lärt känna i EOPAG), när det gällde studier av stadsmiljö.

Vår ERS-1 anknutna verksamhet blev nu helt förknippad med interferometri, som till att börja med möjliggjordes genom att satelliten under tre månader, vintrarna 1991 och 1994, gick i en bana där den återkom över samma område längs Östersjön var tredje dag. Detta gjorde att mätförhållandena var tillräckligt stabila för att genomföra interferometrimätningar (banan var

bestämd för att studera isförhållandena i Bottenviken som kan förändras snabbt). Dessa fortsatte under den så kallade tandem-perioden där ERS-1 och ERS-2 med en dags mellanrum passerade över samma område 1995 - 2000, vilket gav en oerhörd kraft i interferometriutvecklingen. Men interferometriutvecklingen led av att mätförhållandena var väderberoende även om de under optimala förhållanden kan ge mycket hög noggrannhet. Det var först långt senare med SRTM (2000) och ytterligare senare med TanDEM-X (2010 -) problemet med väderberoende för interferometri löstes.

Mätningar av is under åren 1991–2001

ERS-1 var en experimentell satellit med flera sensorer ombord med olika krav på omloppsbanan. Under den dominerande tiden hade banan en repetitions-cykel av 35 dagar, dvs. den kom tillbaka till samma område efter 35 dagar. Detta gjorde att den med sin SAR kunde täcka in hela världen, vilket den i praktiken inte gjorde eftersom SAR kräver så mycket effekt att den bara kunde vara påslagen ca 20 minuter av 84 minuter per varv och då över utvalda områden. För studium av isförhållanden fanns två perioder inlagda i planeringen, januari – april 1991 respektive 1994. Mätningarna 1991 och 1994 hade föregåtts av heta diskussioner i ESA:s arbetsgrupp EOPAG, och beträffande banan 1994 ansåg särskilt fransmännen att det var för riskabelt att åter ändra på banan, vilket innebar att satelliten skulle manövreras till en något högre höjd. Att genomföra ismätningar hade ju planerats under lång tid, isbrytare var engagerade, mätningar med internationellt samarbete planerats. och till slut övertygades EOPAG av medlemmarna från nationerna med isintressen, Sverige, Tyskland och Kanada (Finland var inte med i EOPAG) om behovet. Att gruppen då hade en kanadensisk ordförande kanske hjälpte. Vi samarbetade med Finland och Tyskland beträffande mätningar i Östersjön understödda av isbrytare med sina helikoptrar och dessutom det finska forskningsfartyget Aranda. Viktig i det här sammanhanget var Wolfgang Dierking, en postdoc som varit med på det tyska forskningsfartyget Polarstern i samband med Arctic Ocean -91 expeditionen. Polarstern hade

inte isbrytningskapacitet för Arktis och anslöt därför till Arctic-91 och Oden. (Wolfgangs betydelse har fortsatt genom täta kontakter under årens lopp, bland annat då han varit en av Chalmers Jubileumsprofessorer.) Efter omfattande mätningar vintrarna 1992, -93, -94 och -95 i Bottenviken där bland andra Mats Pettersson fick erfarenhet av arbete på isen förutom tidigare datoranalys, var det åter dags för en Arktis-expedition 1996. I samarbete med ett Lundaföretag hade vi planerat att ha med en drönare (UAV) med en vingbredd på ca 3 m, en obemannad flygande farkost som skulle fotografera isförhållanden, men eftersom UAV:n var avsedd för svenska militära tillämpningar och specificerad att ha lågt radartvärsnitt var Polarforskningssekretariatet rädda för att ryssarna inte skulle acceptera utrustningen och Oden måste passera genom ryska farvatten, varför planerna för UAV avskrevs. (I expeditionen 1991 fick expeditionen sina tillstånd i absolut sista stund, efter man avseglat från Tromsö, och efter intensiva förhandlingar.) Det visade sig också bli svårt för forskningsledaren att samordna rutten med satellitpassager.

Mats hade påbörjat en doktorandtjänst med tanke på den planerade Arktis - 96 expeditionen. Tjänsten var finansierad av NFR inom ramen för ett projekt inriktat mot övervakning av arktiska istäcket med SAR med tanke på klimataspekter. Mats kontakt med ismätningar blev under BEERS, Baltic Experiment for ERS-1, 1993 och i EMAC 95, European Multi-sensor Airborne Campaign on snow and ice, 1995. Därutöver blev det mycket datorarbete för att analysera våra SAR mätningar från 1991 tillsammans med mätningar av SSM/I i samarbete med Don Cavalieri, NASA. Efter sin licentiatexamen 1995 valde Mats dock att söka sig till industrin och en doktorandtjänst utlystes varvid Sverre Dokken engagerades. Sverre hade också sökt en tidsbegränsad tjänst vid ESA som "trainee" och vi beslöt gemensamt att det var viktigt för honom, vilket innebar att våra förberedelseinsatser under Arktis-96 blev begränsade och inriktades under expeditionen mot videofotografering av isförhållandena, vilket kompletterades av ismätningar av Bertil Håkansson på SMHI. Den kanadensiska RADARSAT hade just skjutits upp och vi erhöll en del

radarscener från expeditionsområdet för utvärdering tillsammans med fältmätningarna. Analysen av undersökningarna ledde senare till ett "best paper" i Canadian J of Remote Sensing 2001. I samarbete med Peter Winsor och Gunnar Björck på Oceanografiska institutionen vid Göteborgs Universitet (GU) undersöktes vidare kustnära polynior (stora ej istäckta områden) i Arktis med SAR och SSM/I. Det var första gången vi lyckats få samarbete med GU-oceanograferna efter försök av Bengt Kleman och mig på tidigt 80-tal.

Åter ett nytt forskningsspår: Lågfrekvent radar och skog

Den första gången jag kom i kontakt med Hans Hellsten, FOA, och hans tankar om utveckling av ett lågfrekvent och bredbandigt fjärranalyssystem tror jag var vid en fjärranalyskonferens i Toulouse 1984. Systemet blev känt under namnet CARABAS och använde VHF: 20 – 90 MHz. Det som sågs lovande med systemet var dess höga relativa bandbredd samt speckle-begränsade avbildning, och den låga frekvensen innebar också möjlighet till penetration i skog och torra markområden. CARABAS, med sin låga frekvens, var unikt i världen.

Vår erfarenhet från Flevoland av C-, L-, och P-bandsmätningar visade klart på fördelen av låga frekvenser eftersom bakåtspridningen vid högre frekvenser inte var särskilt känsliga för högre stamvolym. Nu var ett svenskt flygburet system under utveckling med extremt låg frekvens och dess tillämpning för att mäta skogens stamvolym var mycket lovande. Ett praktiskt problem var dock att den låga frekvensen hos CARABAS-systemet inte fungerade från satellit på grund av jonosfärens inverkan och vår finansiering kom från Rymdstyrelsen, som primärt var intresserad av rymdtillämpningar även om utveckling av flygburen fjärranalys var betydelsefull. CARABAS var ju ett svenskt projekt med unik möjlighet till samarbete och utveckling vilket var en stor "konkurrensfördel" internationellt, där CARABAS väckte stor uppmärksamhet. Både Hans Israelssons och Johan Franssons (SLU) intressen inriktades alltmer mot CARABAS-utvecklingen med Lars som pådrivande.

Ett första samarbetsprojekt med FOA genomfördes 1992 med CARABAS mätningar över Ottenbylund på Öland. Skogen där karakteriseras av stora ekar med mycket grova, i stort sett horisontella grenar, optimalt för att mäta skogens inverkan på ett system som annars hade militärt intresse genom sin förmåga att se igenom skog, och se eventuella fordon och liknande på marken. För att tolka mätningarna utvecklade Hans Israelsson en modell för de viktigaste spridarna och tolkade mätningarna. Lars engagerades deltid av FOA med tanke på CARABAS och valde att övergå helt till FOA 1995, men med stark koppling till Fjärranalysgruppens verksamhet för skogsmätningar med CARABAS.

Hans Israelssons verksamhet påbörjades ett par år tidigare än Johan Franssons (SLU), och båda gick successivt in för CARABAS liksom Gary Smith senare. Lars Ulander var den som ledde utvecklingen som omfattade flera flygningar över områden med hög stamvolym och utveckling av teori för tolkning av mätningarna.

Xianyun Luo, en kines med doktorsexamen, anslöt till gruppen och utmärkte sig för analys av radarspridning från skog bland annat med neurala nät, grunden för AI innan han 2001 övergick till Ericsson i Stockholm.

Sista året som ansvarig för Fjärranalysgruppen

1 juli 2001 pensionerades jag. 65 år var gränsen vid denna tid. Min sista tid hade lidit av problemet att rektorsämbetet beslutat att man inte fick engagera nya doktorander senare än fyra år innan examinator avgick, och jag hade inte någon med docentkompetens i gruppen som kunde ta ett examinationsansvar. Lars Ulander, som hade en adjungerad professur, finansierad av Rymdstyrelsen för att underlätta övergången, ansågs ha en tidsbegränsad tjänst och därför inte kunde ta ett långtidsansvar som examinator. Regeln förorsakades av att en annan professor kort innan pensioneringen hade engagerat ett flertal doktorander och vid pensioneringen kom frågan upp om professurens inriktning skulle ändras.

Detta förhållande gjorde att verksamheten måste förberedas för ett avslut och inga nya doktorander engageras för en kontinuitet. Sverre Dokken var färdig för att doktorera och i gruppen fanns då bara Maurizio Santoro kvar utan examen. Han var mer intresserad av forskning än av en examen. Efter mycket diskussioner med rektorsämbetet blev det möjligt att Maurizio avslutade sin verksamhet med en lic-examen efter förbehållet att avtal gjordes om hur hans verksamhet mot en PhD skulle fullföljas. Ett sådant avtal gjordes med prof. Christine Schmullius, Friedrich-Schiller-Universität Jena, där Maurizio fortsatte sin verksamhet med omfattande samarbete med såväl mig som övriga samarbetspartners i Sverige fram till denna dag då Maurizio är verksam vid ett forskningsföretag i Schweiz. Maria Lundin hade arbetat med forskningsprojekt på SMHI tillsammans med Bertil Håkansson och var också intresserad av en lic-examen. I hennes fall erhöles en överenskommelse med Oceanografiska institutionen om fortsatt verksamhet efter lic, något som dock aldrig kom till stånd.

Diskussioner om utlysning av professuren uppstod också i mitt fall eftersom professuren i Global Miljömätteknik hade tillsatts vid institutionen 2000 efter den internationella utvärderingen av miljöinriktad verksamhet vid Chalmers. En del av min verksamhet (atmosfärradiometri) gick då över till denna professur. Rektor beslutade dock att utlysning skulle ske och bland andra. Lars Ulander och Wolfgang Dierking (och två andra) sökte och kom i första och andra förslagsrummet. Tyvärr var Chalmers ekonomi besvärlig vid denna tid och den ekonomiska reserv som jag lagt upp för övergången drogs in för centralt utnyttjande. Bland annat. detta ledde till att Lars drog tillbaka sin ansökan och professuren lades på is.

Men Gary Smith fanns kvar i verksamheten som forskarassistent och Lars var fortfarande adjungerad professor och CARABAS-systemet utvecklades med bland annat ESA projekt. Tre nya doktorander engagerades trots de tidigare problemen. Efter ett par år engagerades Leif Eriksson, som jag en gång hade förmedlat ett examensarbete åt vid JPL och som sedan fortsatt vid JRC och doktorerat hos Christine Schmullius i Jena 2004 (liksom ett år tidigare

Maurizio Santoro). Gary gick till industrin och Leif höll ihop gruppen. Sverre Dokken hade blivit delägare i ett internationellt företag inom marin fjärranalys och det ledde till EU-finansierad samverkan (SECTRONIC FP7) med institutionsgruppen. Wolfgang Dierking var jubileumsprofessor 2007 och havsinriktad fjärranalys var i fokus. Leif fick en docenttjänst 2012 och Lars blev professor i radarfjärranalys 2014. Verksamheten hade med andra ord fortsatt framgångsrikt, trots övergångsproblematiken, men det är andras berättelse.

Andra beskrivningar av utvecklingen kring ERS finner man i en doktorsavhandling avseende historiska studier vid KTH där Johan Gärdebo disputerade 2019 med en avhandling: *Environing Technology – Swedish Satellite Remote Sensing in the Making of Environment 1969 – 2001*, ett arbete som bland annat inkluderar förarbete i form av en rapport "Svenska bidrag till europeisk radarfjärranalys", transcript av ett vittnesseminarium på KTH 13 nov. 2017. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1256519/FULLTEXT01.pdf>. Information finns också till exempel i

K. Fletcher, *ERS Missions: 20 Years of Observing Earth*, ESA SP-1326, 2013

På följande sidor finns foton av Fjärranalysgruppen på senare år. Det har tyvärr inte varit tillfälle att beskriva insatserna av alla i mer detalj trots framstående insatser med egna initiativ utan det har blivit en mer svepande översikt. Flera är professorer i dag eller framstående forskare på olika håll i Europa, kanske förknippat med att vi var med om en tid med en omfattande teknikutveckling och att därigenom få lägga grunden för ett nytt forskningsområde. Andra är aktiva i industrin med en likartad utveckling.

Appendix I Fjärranalysgruppen, foton, examina



Lars Ulander



Roland Johansson



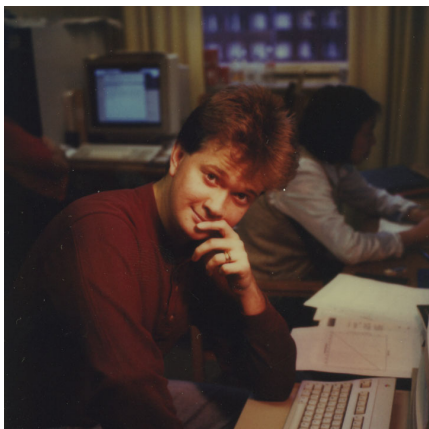
Anders Carlström



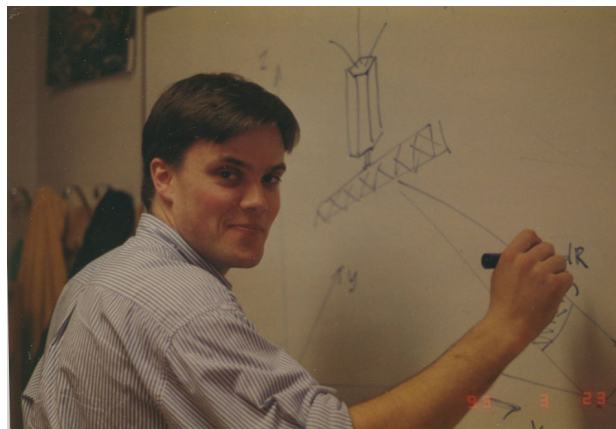
Yan Sun



Jonas Noréus



Hans Israelsson



Jan Hagberg



Fjärranalysgruppen
1995; från vänster
Britt-Mari Boisen
(inst.sekreterare)
Yan Sun
Lars Ulander
Mats Pettersson
Wolfgang Dierking
Patrik Dammert
Jan Stein
Anders Carlström



Fjärranalysgruppen
1999 fr. v. övre raden
Michel Eckert, AU *
Sverre Dokken N
Gary Smith UK
Jan Askne S
Carlos Jimenez E
undre raden
Patrik Dammert S
Maurizio Santoro, I
Patrick Eriksson S
Stephane Mugnier Pollet F



Fjärranalysgruppen
2000 fr. v.
Jan Askne
Patrick Eriksson
Carlos Jimenez
Gary Smith
Sverre Dokken
Murizio Santoro
Xianyun Luo
Britt-Marie Boisen
Patrik Dammert

L. Ulander, adj. prof. saknas

Appendix 2 Foton från fältexperiment – havsis

Fältexperiment är en viktig och intressant del av fjärranalysforskarens liv för att samla ihop referensmaterial för verifikation av tolkningar av fjärranalysmätningar.

Fjärranalys, eller som det ibland benämns jordobservationer, är vetenskapsområdet som syftar till att utföra mätningar av jordens yta och atmosfär från ett avstånd, ofta stort, till exempel från satellit eller flygplan. När det gäller atmosfären kan det också vara från jordytan. För att tolka mätningarna, som kan utgöras av punktmätningar men ofta en bild, vill man genomföra olika fältexperiment för att klargöra egenskaperna som man mäter med fjärranalysteknik och ofta då med begränsande teknik i förhållande till mätobjektets komplexitet. Vilka egenskaper är det man är mest känslig för och på vilket sätt skall dessa utvärderas?

Vi har använt sensorer på satelliter, flygplan, helikoptrar och isbrytare, och samtidigt har vi mätt olika egenskaper av havsis och dess snötäcke, isskrovlighet, isvallar, snöfuktighet, snödjup, istjocklek, smältpölar och så vidare, eller i skogen mätt trädens höjd och tjocklek, täthet, trädens fuktighet, med mera allt med syftet att i de mätresultat vi fått från fjärranalysensorerna känna igen de egenskaper som är viktiga för tillämpningen. Vi har utvecklat instrument för att ta fram dessa egenskaper, som till exempel ytojämnhetsmätning med laser eftersom ytojämnheten bestämmer bakåtspridningen för plana ytor mellan de objekt som i och för sig har större intresse, isvallar, träd och så vidare. Vi har köpt utrustning för att mäta fuktighet i snö, kameror för att mäta solljus som passerar genom trädkronor på nästan samma sätt som radarvågor, men också för allmändokumentation (exempelvis havsis med Hasselbladskamera från helikopter). Vid sidan om arbetet ute på fält, kontakt med naturen under bra likväl som tuffa förhållanden, har vi arbetat med datorer för bildanalys och

för utveckling och programmering av tolkningsalgoritmer med mera. Tillsammans med slutanvändarna har vi verkligen haft en tvärdisciplinär verksamhet.

1990 hade vi samverkan med Selcom (sedan 1998 del av LMI Technologies där de presenteras: The oldest company in that group of five was Selcom, a company that dates back to 1978 who developed one of the first industrial laser measurement sensors.) för utveckling av ytojämnhetsmätare. Från vår årsrapport 1990: "The new CUT Laser Profiler is specially designed for use on sea ice, which puts special demands on the detection capability of surfaces transparent to the laser beam, as well as requirements on environment protection and easy transportation. The profiler measures the surface height in one-millimeter steps over a distance of one meter.)"

Fältextperimenten är alltså en viktig del men kan också vara en kostsam del eller så måste vi etablera samarbete med verksamhet som förfogar över den utrustning vi behöver såsom flygplan, helikoptrar, isbrytare med mera. För de stora fältextperimenten deltar ofta forskare från många länder. Allt detta kräver planering långt i förväg. Detta har framförallt gällt isverksamheten med experiment såsom Pre-BEPERS 1987, BEPERS-87, Sealce-91, BEERS-92, BEERS-93, BEERS-94 och EMAC-95 i Bottenviken respektive Arktis-expeditioner, Arctic-91 och Arctic-96. Våra fältextperiment avseende skogsegenskaper har varit något mindre omfattande för vår del eftersom SLU har skogsområden som är väl dokumenterade eller som de tar ansvar för dokumentation till exempel genom personalkrävande manuella mätningar och med Airborne Lidar Scanning från helikopter eller flygplan. FOA / FOI har haft tillgång till flygtimmar med CARABAS.

Satellitbilder från ERS, Envisat, JERS och RADARSAT har vi fått från rymdorganisationerna efter att ha lämnat in ansökningar med beskrivning av forskningsprojektet vid vissa annonserade tillfällen. När man kunde få tillgång till SAR bilder från ERS-1 för första gången begränsades bildantalet till 20 st. 100x100 km² scener men senare har antalet bilder som tillgängliggjorts för forskning från ESA blivit rätt obegränsat. Från början trodde man att en ganska snabb kommersialisering skulle vara möjlig och ville därför begränsa antalet scener för forskning, en attityd som i mångt och

mycket har vänt efter att man bättre insett hur lång tid utvecklingen tar. Även andra rymdorganisationer distribuerar bilder till forskare som kan påvisa ett behov (och visat sin förmåga att analysera bilder) relativt obegränsat. Processning, analyser, tolkningar, fältexperiment med mera sätter naturliga gränser för antalet satellitscener en forskningsgrupp kan hantera.

I det följande illustreras en del fältexperiment avseende havsis som Fjärranalysgruppen genomfört.

PRE-BEPERS 1987



Lars Ulander vid
hemmabasen
och ut på isen
transporterades vi av en
helikopter



För att helikoptern skulle
hitta rätt om sikten för-
sämrades färgades isen röd.



BEPERS 1988



Planering

Barbara Burns

Roland

Johansson

Lars Ulander

Thomas

Thompson



Rolands laserutrustning för
ytojämnhetsmätning.

CV-580 Flygningar över Bottenviken



Några i den kanadensiska gruppen. Längst till höger Chuck Livingstone.

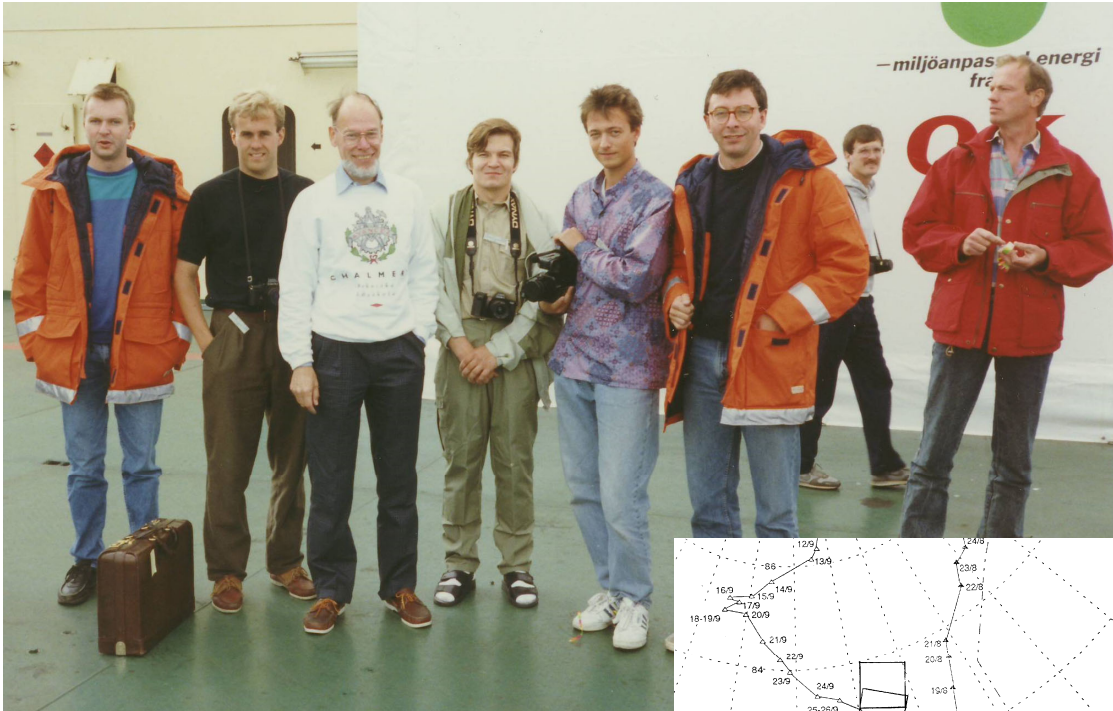
↑ På flygplatsen i Umeå. Kanske var det militären som var på väg ombord. Det var känsligt med denna kartläggning och den skulle gå igenom säkerhetskontrollen innan vi fick ta del av SAR-bilderna.

Planering (Anders Nelander och Chuck Livingstone skymtar) t.v. och Jan Askne under flygning till höger

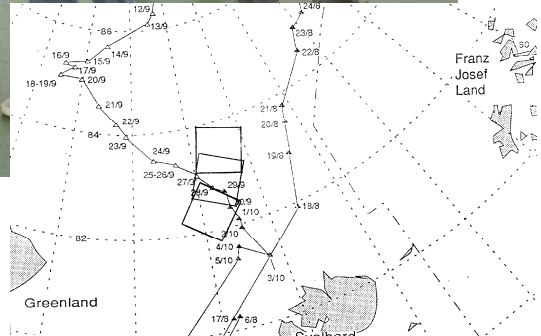


Arctic-91

Arctic 91: Gruppen för Fjärranalys och havsis: Från v. Anders Carlström, Jorma Pallonen, Jan Askne, Olli Salmela, Björn Olaf Johannessen,



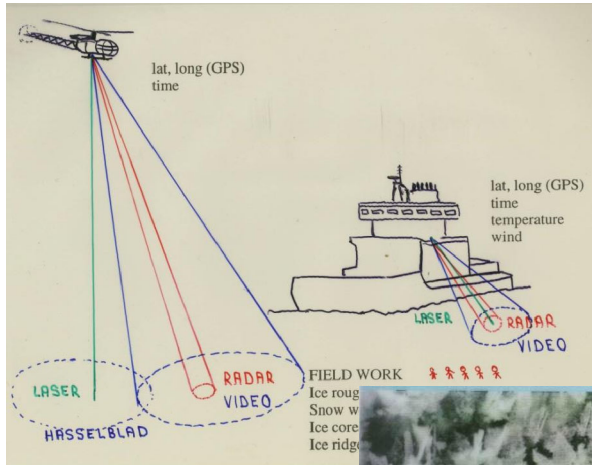
Lars Ulander tillsammans med expeditonsledaren Leif Andersson (till höger)



15 m upp hade vi en radar som mätte isegenskaper.

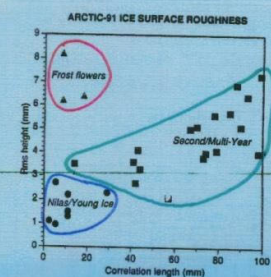
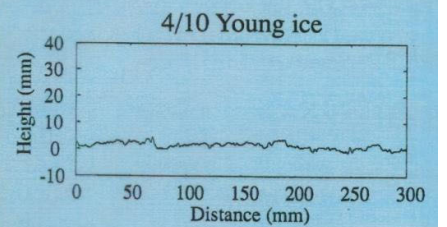
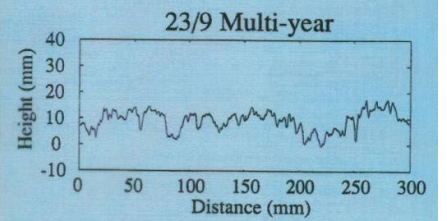
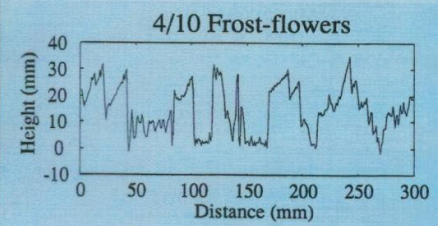
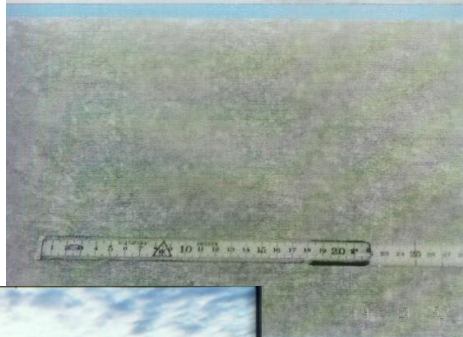
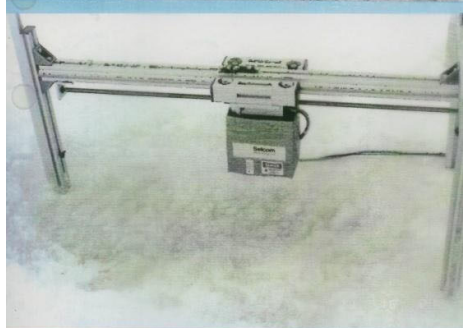
Vid hemfarten blev sjögången för stor för inredningen i gruppens kabin





Fältnätningar (kopia overhead-figur)

Ytojämnheten är en väsentlig faktor för radarspridningen.



Frostblommor nedan



BEERS -92

Baltic Experiment
for ERS -1

Field Measurements

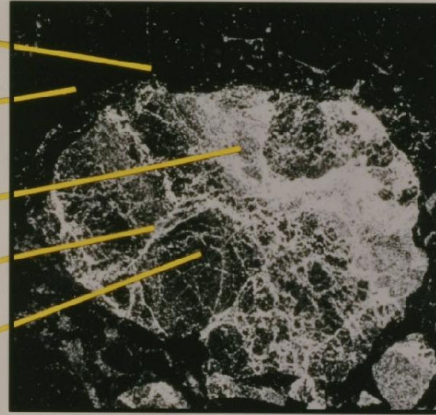
SHIP TRACK

NEW ICE

JAMMED BRASH

ICE RIDGE

LEVEL ICE



The objective is to establish the relationship between the SAR image and geophysical sea ice parameters.

ERS-1 SAR image acquired on 30 March 1992 in the Bay of Bothnia.
© ESA 1992 ERS-1-R.

Photography



Level ice area.

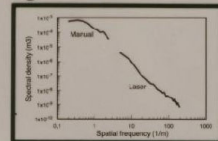


Jammed brash area.

Surface roughness



Laser (foreground) and manual (background) profiles of ice surface give information on surface roughness.



Power spectrum of surface heights in jammed brash area.

Dielectric properties



Ice cores give information on salinity, density and temperature.

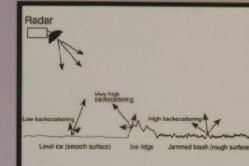


SMHI
Swedish Meteorological and Hydrological Institute

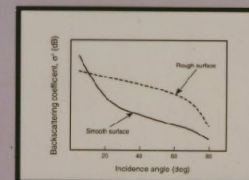
The snow fork measures the dielectric constant of snow.

Electromagnetic Modeling

Development and verification of scattering models for geophysical inversion of SAR images.

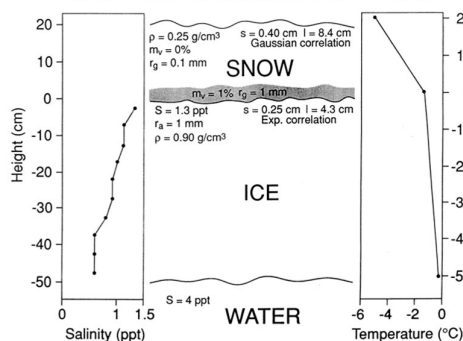


Illustrating radar backscattering from surfaces with different roughness scales.



Radar backscattering versus incidence angle.

Model of snow-covered sea ice near R/V Aranda



CTH

Chalmers University of Technology

FOA

National Defense Research Establishment

SSC

Swedish Space Corporation

BEERS93



Isbrytaren ATLE



Utkörning av utrustning

Laserutrustning för mätning av:
småskalig ytojämnhet
och storskalig



BEERS94



Den här gången
hade vi en
arbetsbod utsatt
på isen, dit vi
transporterades
med helikopter



Wolfgang Dierking och
Anders Carlström
förbereder försöken

På väg till "arbetet" att mäta
snöfuktighet



och istjocklek



samt isvallsegenskaper



Undervisning och administration

En viktig del av åren på Chalmers är naturligtvis min undervisning och administration. Undervisning eftersom jag trivdes med den, det var ju kontakten med studenterna och också möjligheten att locka dem till forskarutbildningen och eftersom jag hade en universitetslektorstjänst. Som forskarhandledare var det alltid roligt att diskutera forskningsproblemen och att följa upp utvecklingen. Administration, som jag delvis kände som mer påtvingad eftersom det blev en del av att inneha en av de få ordinarie lärartjänsterna på Elektrosektionen, men också en del av att utveckla mitt verksamhetsområde genom att delta i Chalmers-verksamhet liksom verksamhet nationellt och internationellt. Min forskningsgrupp var huvudsakligen externt finansierad och aldrig särskilt omfattande så det kunde vara svårt att få balans mellan den interna verksamheten i forskningsgruppen och den externa verksamheten.

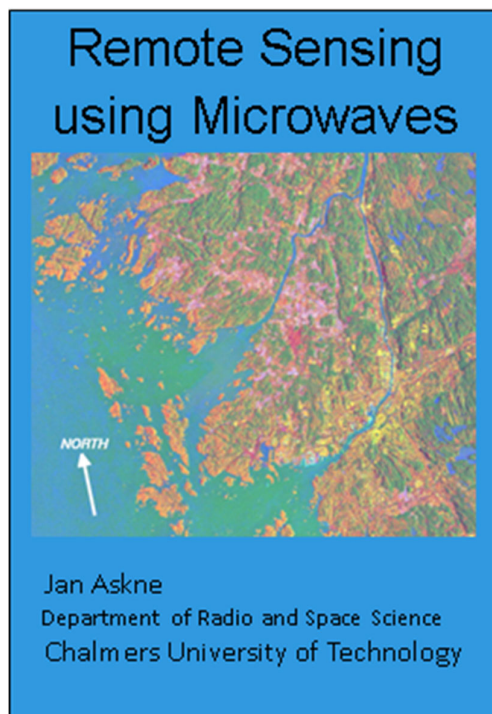
Som professor 1984 blev det mer tid för att initiera och leda forskning men också ansvar för att söka medel för forskning, men däremot inte i så hög grad tid för egen forskning.

Undervisning

Undervisningen på institutionen omfattade valfria fortsättningskurser under studenternas sista år. Det innebar att kurserna valdes av intresse och att deltagarantalet var litet, 10 – 30, och oftare 10 än 30.

Den första kursen jag ansvarade för på 60-talet avsåg vågutbredning i jonosfären, men så småningom lade jag till vågutbredning i troposfären. Vidare hade jag en kurs från Hans Wilhelmssons tid i Diffractionsteori som baserades på Sommerfelds bok Optics och som innehöll bland annat diffraction kring ett halvplan med Sommerfelds exakta lösning via integration i komplexa planet. På den tiden var matematiken en utmaning och fascinerande, men med tiden blev fysiken och "att förstå vågfenomen" centralt för mig. Detta var innan datateknikens genombrott. Denna

matematiska inriktning fick vi så småningom ge upp, de matematiska förkunskaperna hos teknologerna verkade bli sämre.



InSAR bild av Göteborg på omslaget

En kurs i Vågutbredning i periodiska media banade väg för att huvudkursen ändrades till Vågfysik, där allmänna vågutbredningsfenomen analyserades och tillämpades på specialavsnitt såsom fjärranalys och integrerad optik. 1984 fick jag medel för en nordisk forskarskola, se nedan. Ambitionen blev sedan att utveckla kursen "Remote Sensing using Microwaves", eftersom ingen lämplig kursbok fanns vid denna tid. Allt eftersom internet utvecklades såg man också en utveckling mot att Chalmers alltmer rekryterade utländska studenter och jag upplevde att det skulle bli viktigt att bli känd för undervisningen och att därmed "lägga ut" den på nätet. Under några år innan pensioneringen fanns kursmaterialet på internet och det fanns intresse från olika håll i världen att också använda det, men en brist var troligen att det förklarande ordflödet var kortfattat och innehållet hade slagsida mot ekvationer, i likhet med de kompendier som var typiska för Chalmersundervisningen. Kursen försvann från nätet i och med att institutionens server upphörde ett par år efter min pensionering.

Olof ville ha en kurs med kvantmekanik eller likartat för att få en grund för analys av molekylers spektra, något som var centralt för forskningsinriktningen på Råö. Jag stretade emot ett tag, det var inte i linje med min bakgrund och kunskaper, men jag fick ge med mig och fann en kursbok, Pantell & Puthoff Fundamentals of Quantum Electronics, till vilken jag bidrog med ett inledande kompendium. Kursen blev förvånansvärt populär, med många deltagare från Teknisk Fysik liksom Elektro. En anledning tycktes vara att den ansågs som en utmaning genom att den var "den svåraste på Elektro" då inte längre kvantmekanisk vågfysik utan matrismekanik (formulering av kvantmekanik enligt Heisenberg och i Diracs bra- och ket-vektorer) och liknande var centralt, det var nog sämre med molekylspektra.

Institutionens kurs i Radioastronomi kritiserades av näringslivsrepresentanten i utbildningskommittén och Olofs åsikt att man kunde undervisa om vad som helst i fyran, bara det var intressant och avancerat, fick vika. Som ersättning tog vi då fram en kurs i Rymdteknik, som var rätt översiktlig och tyvärr inte kunde gå på djupet i alla de tillämpningar som togs upp, men kunde vara en lämplig introduktionskurs och lämplig med tanke på Göteborgs tyngd inom rymdindustrin. Olika företrädare på Chalmers bidrog med föreläsningar.

Rymdutbildning i Kiruna

I Kiruna letade man efter verksamheter utöver malmbrytningen och vid något möte hade en journalist tagit upp begreppet Rymduniversitet med tanke på den rymdrelaterade verksamhet som fanns i och med Kiruna Geofysiska Centrum (som Olof en gång hade varit med om att initiera) numera Institutet för Rymdfysik, och satellitmottagningsstationen EISCAT. Man började diskutera hur man skulle bygga upp kompetensen och vi på Chalmers blev tillfrågade om vi kunde bidra. Det blev Bernt Rönnäng och jag som tog på oss att arrangera kurser. Till att börja med blev det huvudsakligen

personal i Kiruna som följde dem, och sedan försökte vi bredda underlaget och hade bland annat en del med internationella lärare och studenter från olika högskolor och universitet. Till exempel anordnade vi kurser i Syntetisk Aperturradar med internationella lärare 1988 och 1990.

Det var en mycket entusiastisk man som höll i Kiruna-verksamheten lokalt. Han hade bland annat en tanke på att få oss att förstå och fascineras av miljön kring Kiruna. Jag minns alldeles speciellt hur han tog mig med sig på en snöskoterfärd ut till Kebnekaise fjällstation en solig dag i maj då snön låg kvar men bäckarnas istäcke börjat spricka upp. Hela landskapet och de fantastiska vidderna speglades i hans hjälm där jag satt på bönpallen. Vid ett tillfälle 1987 ställde han till ett stort äventyr. Vi lyftes ut med helikopter, vandrade i fjällen och var med om en forsränning.

Antalet deltagare i kurserna tunnades dock ut och vi tyckte att det blev svårt att driva verksamheten från Chalmers, så efter ett antal år avslutade vi från Chalmers vår del. Numera finns det en rymdgymnasieutbildning vid IRF och en anknytning till Luleå tekniska högskola.

Nordisk forskarkurs i Mikrovågsfjärranalys

Bra och lämpligt undervisningsmaterial är av grundläggande betydelse för utbildningen. Bokmaterial fanns inte till att börja med förrän F. Ulaby, R. Moore och A. Fung publicerade sina flera tusen sidor omfattande bokserie Microwave Remote Sensing 1986. Böckerna var utmärkta för referensändamål och för doktorander men dock inte lämpliga för fjärde årets utbildning på elektrolinjen.

Med tanke på problemet tog jag kontakt med Preben Gudmandsen, DTU, för att initiera en nordisk forskarkurs i Mikrovågsfjärranalys. Jag tror det var Nordiska rådet som understödde dessa kurser. Vi fick medel och engagerade flera framstående forskare bland andra Richard Moore och Fawaz Ulaby, men Ulaby kunde i sista stund inte delta på grund av ändrade omständigheter.

Efter den nordiska forskarskolan på Lökebergs Konferenshotell 1984 sökte Preben och jag stöd från ESA för att utveckla lämpligt studiematerial. Martti Hallikainen var också involverad. Tyvärr fick vi beskedet att undervisning inte låg inom ESA:s uppdrag, något som senare har ändrats.

På basis av den nordiska forskarkursen påbörjade jag dock ett kompendium på engelska för eventuellt samutnyttjande nordiskt, Remote Sensing using Microwaves, ett kompendium som successivt uppdaterades och fick visst stöd från Rymdstyrelsen, men aldrig utnyttjades nordiskt. Materialet lades så småningom ut på Internet och utnyttjades av ett antal grupper världen över.

Rymdutbildning i Dundee

I Dundee, Skottland, anordnade Arthur Cracknell internationella fjärranalyskurser inom ramen för NATO Advanced Study Institute Series, och jag deltog vid två tillfällen, 1988 vid "Microwave Remote Sensing for Oceanographic and Marine Weather-Forecast Models" med avsnittet "General Principles of Relevant Satellite Systems" och 1994 "The determination of geophysical parameters from space" med avsnittet "Synthetic Aperture Radar: Principles and Applications". Materialet från sommarskolorna publicerades i bokform.

Utställningar

Vid två tillfällen blev jag involverad i att bidra till utställningar av fjärranalysmaterial. Astronomerna hade en stor ambulerande utställning som hette "Rymden från jorden" och jag kunde inte låta bli att föreslå ett bidrag med en del som hette "Jorden från rymden" och min grupp och jag snickrade ihop skärmar och belysning med glatt humör och allt som behövdes på Rondo, Liseberg.

På Universeum skulle olika material ställas i ordning och Marie Rådbo var pådrivande. Jag bidrog bland annat med ett arrangemang om satelliter med en radarbild över Västsverige i centrum, en bild som ESA tagit fram till konferensen 2000, samt förklarande text och bilder om fjärranalys.

Administration

Att delta i det administrativa arbetet var en skyldighet och nödvändighet, delvis genom att jag hade en av de få lärartjänsterna, men även som assistent ingick det att bidra till institutionsarbetet.

Min första administrativa uppgift var att ta hand om biblioteket som drevs med hjälp av två arkivarbetare. Det innebar till exempel beslut om vilka tidskrifter vi skulle prenumerera på, men det var bara att fullfölja tidigare beslut och följa upp att det fungerade. Tidningarna cirkulerade till alla intresserade och här var det problem för de fastnade hos vissa individer. För att undvika detta beslöt jag efter något år att inkomna tidskrifter skulle läggas ut på biblioteksbordet varje måndag och att man kunde anteckna om man ville ha kopia av någon artikel. Systemet fungerade väl även om protester hördes i början.

Jag var bland annat ordförande i Undervisningskommittén vid elektro och dator-sektionen under en period, men jag minns inte mycket om undervisningsfrågorna, som inte väckte några större dispyter, utan snarare att jag fick igenom att viss del av ordförandens löneandel skulle gå tillbaka till moderinstitutionen vilket inte skedde tidigare. Mitt argument var att det

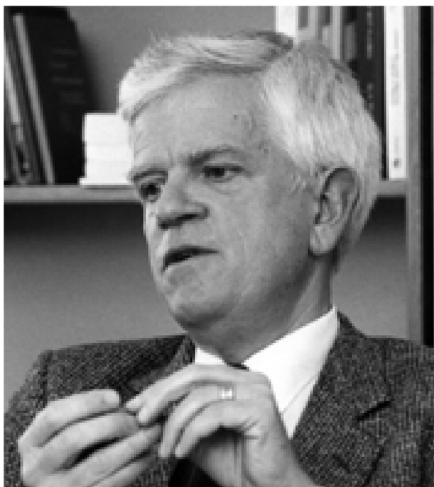


fanns en tendens att några få tog på sig ledningsuppdrag och att institutionen blev lidande. Detsamma blev fallet för dekanus och vicedekanusuppdragen. Som vicedekanus under Torkel Wallmark (←bild) (1972 – 78?) arbetade jag bland annat med programbudgetfrågor och för att fördelning av forskningsmedel inte skulle ske så

schablonartat som tidigare utan relaterat till insatser, till exempel antalet examinerade doktorer och storleken på externa anslag (som ju var en bedömning från utomstående på forskningens kvalitet). Ett misstag som rektor Olving senare korrigerade, efter att professor Vlastos klagat högljutt, var att en institution med mycket tung experimentell verksamhet behövde få

extra stöd trots att kopplingen till prestation inte var klar utan snarare på grund av att högskolan hade inrättat en professur med speciella behov. Fördelning av forskningsmedel är fortfarande i dag ett diskussionsämne med många divergerande synpunkter.

Senare verkade Torkel och jag för att det skulle bli ett gemensamt bibliotek för ED-sektionen, av den typen som vi hade på Elektronfysikinstitutionerna. Den ansträngningen misslyckades, biblioteken var viktiga för många ämnesrepresentanter och närheten till böcker och tidskrifter likaså. Allt detta förändrades, men långt senare, med att tidskrifter och böcker blev allt dyrare och i synnerhet i spåren av Internets utveckling.



En het fråga under min andra vice-dekanus period, då Hans Wilhelmsson var dekanus, (← bild) var frågan om utrymmen. Personalen på en del institutioner hade ökat mer än på andra och både två och tre doktorander fick dela rum på sina håll. Vissa professorer hade dessutom mycket stora rum, tre till fyra fönstermoduler (som var rätt stora i de äldre byggnaderna) och till och

med egen toalett. Tiderna förändrades och det var nödvändigt att något gjordes, men sektionen hade inte haft frågan tidigare på bordet och de som hade utrymme vägrade att lämna ifrån sig till dem som inte hade. Det talades om att vi skulle betala hyra till Akademiska Hus, men detta var ännu inte verklighet. I samband med att Hans Wilhelmsson var borta en period för forskning och jag agerade dekanus fick jag igenom ett beslut att varje institution fick behålla sina lokaler men att institutionsanslagen skulle påverkas så att anslagen delvis fördelades i proportion till personal och verksamhet samtidigt som utrymmena belastades med en kostnad. Då gick det att diskutera omfördelning av utrymmen!

Högskolan gick över till att dra in gemensamma medel genom allmänna pålagor på löne-medel. Ett problem för dem som hade externa medel till stor del för sin verksamhet var att forskningsråden vägrade att betala extra medel för administration. Samtidigt var utvecklingen på högskolan sådan att centrala medel endast räckte för det mest grundläggande, professors lön, del i sekreterarlön och något annat.

Fjärranalys har en mycket stark anknytning till miljöbehov och det blev naturligt för mig att engagera mig i Miljösektionens utveckling först i styrelsen och sedan också som vicedekanus för forskningen under Oliver Lindkvists dekanustid. Min ambition då var att anordna så kallade minisymposier inom CTH och GU för att underlätta samverkan men också att få i gång forskarkurser.

Däremot har jag inte varit beredd att åta mig att bli dekanus. Som ensam handledare och ansvarig för driften i min grupp och med huvudsakligen externa forskningsmedel var det helt enkelt inte möjligt. Jag visste också hur tidskrävande det kunde vara, men också ansvarskrävande.

Administration innebar också att delta i Rymdstyrelsens Fjärranalyskommitté, som under många år hade de svenska professorerna i fjärranalys med i kommittén. Vi deltog naturligtvis inte i handläggningen av våra egna ansökningar, men ansågs tillföra den kompetens som behövdes i övrigt. Då ESA införde en huvudsakligen teknisk kommitté för ERS-1:s förberedelsearbete, ERS-1 Operation Plan Advisory Group, EOPAG, blev jag tillsammans med Olle Fäst från Rymdbolaget Sveriges ledamöter vilket ledde till tjugo möten, huvudsakligen i Paris, under 1986 - 92. ESA hade också ett antal scientific advisory groups, SAG och jag var först med under en begränsad tid i en SAG för atmosfärmätningar, men kom sedan över till ASAR (Advanced SAR) SAG. ESA-grupperna gav mycket intressant information och många viktiga internationella kontakter, och var grunden för att den stora konferensen för ESA:s ERS och Envisat satelliter år 2000 genomfördes på Svenska Mässan i Göteborg.



EOPAG-mötena ägde rum två till tre gånger per år med två till tre deltagare från varje land som deltog i ESA-samarbetet plus ESA representanter. Mötena leddes av Guy Duchossois (bild) och diskuterade satellitens planering och egenskaper. Det fanns fyra instrument ombord, scatterometer, syntetisk aperturradar, SAR, altimeter och mikrovågsradiometer för korrekationer av altimetern. Scatterometer och

SAR mätte snett åt sidan, medan altimetern mätte rakt under satelliten. De hade helt olika krav på satellitbanan. Tillämpningarna hade också helt olika krav. Scatterometern var avsedd för att bestämma vind över hav, syntetiska aperturradarn att mäta is- och landegenskaper, radaraltimetern för att bestämma egenskaper av havsbotten och vågegenskaper och så vidare. ERS avsågs att vara en experimentell satellit för att utforska tillämpningarna av de olika sensorerna. Detta ledde till komplicerade diskussioner om satellitens bana som ledde fram till att banan ändrades ett relativt stort antal gånger under satellitens livstid, komplicerade manövrar som ifrågasattes till och från. Bland annat den andra gången banan inriktades för mätning av havsis, januari – mars 1994 (liksom tidigare 1992). Meningen var då att satelliten skulle komma tillbaka över samma områden med tre dagars periodicitet eftersom isen förändras snabbt. Eftersom det krävdes en 35-dagars cykel för att täcka in hela världen med SAR, med 80 km stråkbredd, som var målet vid denna tid (senare 100 km), innebar det att stora delar av världen inte kunde studeras under den här perioden, vilket ledde till hårda diskussioner. Sverige och Finland (Finland var inte med i ESA och EOPAG vid denna tid) var intresserade av att mäta isförhållandena i Östersjön och med stöd av Kanada och Tyskland fick vi SAR-stråket att täcka en stor del av Östersjön. Bland annat från fransk sida tvekade man om att äventyra satelliten med banförändringar. Även för stora delar av diskussionerna kring interferometri var det mycket betydelsefullt att kunna delta i EOPAG och ASAR SAG.

EOPAG var en viktig grupp och mötena skedde med simultantolkning mellan de större språken. Oftast var diskussionerna på engelska men under i stort sett hela perioden pratade fransmännen franska enligt direktiv uppifrån. Mötena ledde till en del resande, men någon större förlustelse innebar det inte att komma till Paris. Endast vid ett tillfälle, som jag minns, slutade vi lite tidigare än planerat och det var tal om att Olle och jag skulle göra ett besök på Louvren, men till syvende och sist räckte aldrig tiden till. Hotellet vi utnyttjade var ett två-stjärnigt hotell, en liten bit från ESA:s byggnad, vars ägare vi lärde känna och som tidigare hade idkat affärer med Sverige. ASAR SAG mötena var mer informella, alltid på engelska och mestadels på ESTEC, den holländska ESA anläggningen inriktad mot teknisk utveckling. Här var det flyg till Schiphol och sedan ESA-bil i flygande fläng tre mil till Noordwijk. Känslan vid alla dessa sammanträden var att man åkte från sammanträdesrum till sammanträdesrum. Undantaget var när det var aktuellt med besök i ESA:s anläggning i Frascati, inriktad på utveckling av tillämpningar och där olika konferenser hölls. Då kunde inkvartering ske i gamla palatsliknande anläggningar omgjorda till hotell.

Efterföljaren till ERS-1 och ERS-2 satelliterna var Envisat-satelliten, som hade en mer avancerad SAR som därför kallades ASAR. Det första ASAR SAG mötet gick av stapeln 1993 och det nittonde och sista jag deltog i var 2001. Vi var tio experter från olika ESA-länder inklusive Kanada som samverkade med ESA avseende ERS och Envisat, och cirka tio ESA-experten. Mötena leddes av Ewert Attema ESA. Till att börja med var frågorna inriktade mot kraven på radarn, markprocessning och produkter som skulle tas fram från radarn. Ett problem som vi aldrig löste var att Envisats SAR hade specificerats med en 20 MHz annorlunda centerfrekvens än ERS, vilket skulle närmast omöjliggöra interferometri mellan ERS och Envisat och som särskilt Fabio Rocca och jag påtalade. Utvecklingen i industrin hade tyvärr kommit för långt när denna fråga kom upp på andra mötet i januari 1994.

Även i en fas B-utvärdering av ESA:s intressanta CRYOSAT deltog jag. CRYOSAT är den första satelliten som utlovade möjligheten att mäta

istjockleken i Arktis genom att mäta isens nivå relativt omgivande vattennivå, en satellit utnyttjande kombinerad altimetri- och SAR-teknik för vilken initiativet kom från Mullard Space Science Laboratory, MSSL.

Konferenser

Tre konferenser anordnades i Göteborg under min tid (förutom några workshops), MSRS84, "Microwave Signatures in Remote Sensing" 1984, 14th EARSeL Symposium 1994 (jag var nationell representant i EARSeL, European Association of Remote Sensing Laboratories, vid denna tid) "Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing" tillsammans med en workshop "Topography from Space" och ESA:s ERS-Envisat Symposium Looking down to earth in the New Millennium" 2000.

MSRS84 var ett URSI (Union Radio-Scientifique Internationale) symposium, som Folke Eklund och Åke Blomquist FOA hade tagit initiativ till, men de ansåg att Chalmers var mest lämpat att ta hand om arrangemanget. Göran Johansson, Göteborgs starke man (kommunstyrelsens ordförande) vid denna tid, hade ett möte med olika Chalmers-representanter (bland andra. mig) där han betonade betydelsen av konferenser för Göteborgs utveckling, vilket gav "kraft" för mina initiativ till att föreslå Göteborg för EARSeL:s och ESA:s möten. En kvällstillställning för MSRS84 kunde avhållas i Konstmuseet.

Det första mötet 1984 arrangerade jag tillsammans med hjälp av vår sekreterare, 1994 hade Chalmers ett konferenssekretariat som hjälpte till mycket. Båda avhölls i Chalmers lokaler och hade 100 – 200 deltagare. ESA-mötet 2000 hölls på Svenska Mässan eftersom det hade ca 600 deltagare. ESA hade en stor stab för konferensarrangemang och min uppgift var att hjälpa till vid de lokala arrangemangen. Detta var det fjärde ERS Earth Observation symposiet efter de som ordnats i Cannes (1992), Hamburg (1993) och Florence (1997) och var det första ENVISAT symposiet. Efter det i Florence hade jag gått fram till ordföranden Guy Duchossois (som jag ju kände genom EOPAG-mötena) och påtalade att nu hade symposiet varit i ESAs tre stora deltagarländer så nu var det tid för ett av de mindre länderna

att stå värd, och varför då inte Sverige. Till min överraskning blev det så! Vid konferensen höll jag ett inledande föredrag om verksamheten i Sverige (se nedan) som också blev en bakåtblick såväl som en framåtblick kort före pensioneringen.

Förknippat med MSSRS84 och EARSeL symposiet kom också ett ansvar att se till att föredragen publicerades, MSSRS84 i International Journal of Remote Sensing 8, #11, Nov. 1987 (145 sidor) och EARSeL symposiet i en bok publicerad av Balkema 1995 (490 sidor) plus workshoppublikation (150 sidor). ESA publicerade föredragen från Göteborg som konferensproceedings i form av en DVD (526 MB). Omfattningen ger också en grov bild av fjärranalysområdets tillväxt under åren.

Inledning ESA konferensen oktober 2000:

A welcome to Sweden and Chalmers University of Technology
by J. Askne

It is an honour to have this symposium arranged in Gothenburg, particularly because space technology is important for Gothenburg and Chalmers University of Technology. Recently we have created a Centre for Astrophysics and Space Techniques to strengthen the activities related to Onsala Space Observatory and ongoing research related to radio waves (microwaves and sub millimetre waves). The historic roots were in ionospheric research and wave propagation, moving later to include radio astronomy and, more recently, remote sensing.

The Odin satellite, a collaborative project between Canada, Finland, France, and Sweden, is due to be launched early next year. Odin will be used both for radio astronomy and, in a limb-sounding mode, for studies related to the ozone chemistry in the upper atmosphere. The development work for Odin's sub-millimetre receiver has been performed at Chalmers, and both radio astronomical and aeronomy observations will be very important for future work as well as work related to other satellites. In Gothenburg we also have one of the major Swedish space related industries, Saab Ericsson Space. Remote sensing at Chalmers using microwaves goes back to the 70s. The first remote sensing conference in Gothenburg was in 1987, when the URSI "Microwave Signatures in Remote Sensing" was arranged. In 1994, the EARSeL General Assembly "Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing" and the workshop on "Topography from Space", were arranged here. Now the ESA ERS-Envisat conference "Looking Down to Earth in the New Millennium" means a further step in the development towards the usefulness of remote sensing.

The Swedish remote sensing program has always been focused on applications. A preparatory program for ERS was initiated by the Swedish National Space Board in the mid 80s. The Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) together with key remote sensing and technical groups such as Chalmers, the National Defence Research Institute, and the Swedish Space Corporation set the goals. The goal was to support the icebreaker operations in the Baltic with near real-time SAR imagery. An important part of the project was collaboration with similar interests in Finland, and this was quickly established enabling joint airborne campaigns and in-situ observations to be carried out in 1986 and 1987. The 3-day orbit of ERS-1 in 1992 and 1994 was related to the needs of the sea ice community as represented by the ESA initiated PIPOR group. The final choice of the orbit was very much influenced by the needs to cover the Baltic. Today support by means of synthetic aperture radar images is established as an operational service in the sense that each winter season a large number of SAR images is used (and paid for...).

Sea ice remote sensing is of great interest for the northern countries, and the cloud independence of radar is rather important. In 1991, the first Swedish Arctic expedition was arranged. With the strong support of ESA, some of the very first ERS-1 images

(from August 1991) were delivered for covering part of the expedition area. A group onboard the icebreaker Oden made observations of ice properties and used measurements with scatterometers to establish our understanding of scattering processes. In 1996, a second expedition to the central Arctic was carried out with Oden, again carrying a group studying ice properties and comparing with simultaneous ERS and Radarsat SAR images. Arctic sea ice is a sensitive indicator to global change and properties such as ice extent, concentration, polynyas, etc. are important to follow up over long periods of time. From SSM/I we have long term and global data sets, but with low resolution and accuracy problems. SAR is an important complement for accurate information on ice properties, concentration, polynyas etc.

Although sea ice has been an important area for microwave remote sensing, the land applications have always been of interest. 52% of Sweden is covered by forests, and play a key role in the country's economy and environment. Remote sensing for change detection and stem volume retrieval is very important. Radar backscatter from forests is highly variable, but interferometry offers the extra information necessary to estimate stem

volume and biomass. The 3-day ice orbit suddenly offered the short repeat period, which is necessary for forest applications, and the "tandem" mission offered still shorter repeat times. The "experimental" aspects of ERS-1/2 (different orbits), together with the very high stability of the satellite, provided the basis for developing the interferometric applications. The Kyoto Protocol allows carbon emission to be balanced by carbon sinks represented by vegetation. For this purpose, aboveground vegetation biomass needs to be

quantified. For boreal forests, InSAR seems to be an extremely interesting possibility for observations during wintertime with stable ground conditions.

ERS-1/2 have offered opportunities for major remote sensing applications for a country like Sweden, with large coverage of sea ice and forest. Envisat is a major step ahead, offering important developments for e.g. sea ice, where the SAR wide swath, the global mode and the alternating polarisation mode will be very important. The forestry applications of interferometry for forestry were based on the short repeat period available

during periods of the ERS-1/2 missions and are not expected to be possible with Envisat. Instead, the SAR alternating polarisation and the use of MERIS are expected to give interesting information.

With each ERS symposium, the focus moves a step further from the technical issues, and more towards the applications — in particular environmental applications. The need for global data sets with high accuracy, and stability over long time periods, is crucial to answer many questions concerning global change. For those of us doing research in the field of microwave remote sensing the ESA satellites have been a fascinating and interesting development. Let me hope this symposium will be useful and effective, and lay the ground for observations in the new Millennium.

Emeritus 2001 -

Innan jag pensionerades 1 juli 2001, 65 år gammal, som var gränsen vid denna tid, hade dekanus frågat om jag tänkte fortsätta handleda doktorander. Jag svarade att jag tyckte att en doktorand skulle ha en handledare som följde med i utvecklingen på olika sätt och inte vara beroende av en pensionär. Svaret har jag delvis ångrat, möjligen skulle en roll som biträdande handledare fungera, men samtidigt ville jag inte vara uppbunden.

Pensioneringen gav tillfälle att ägna mig åt det som egentligen var drivfjädern för verksamheten vid Chalmers, att få tid att forska. Under en stor del av yrkesåren blev huvudinsatsen att diskutera med doktoranderna om forskningsprojekten samt administrativa insatser och undervisning. Tiden att själv arbeta med forskning på sin kammare var begränsad även om det fanns ett utrymme. Nu fanns däremot möjlighet till fortsatt forskning och det fanns obearbetade mätningar. Mätningar med interferometrisk syntetisk aperturradarteknik, InSAR, av skogens biomassa tyckte jag var ett försummat område på grund av fjärranalysutvecklingen allmänt och därmed också av de områden som min grupp var inriktad mot. En anledning till detta var troligen att mätningarna måste utföras under särskilda väderförhållanden för att bli tillräckligt bra, några minusgrader, ett snötäcke på marken och en vindstyrka om fem, sex meter per sekund. Men under sådana förhållanden verkade ingen annan mätmetod ge bättre resultat vid mätningar av boreal skog. En annan anledning var att man ansåg/anser att skogens biomassa bäst mäts vid låga frekvenser och att Sverige genom CARABAS-utvecklingen hade ett försprång på denna lågfrekventa teknik (VHF, UHF, P-band) i stället för C-band. För att övertyga om C-bands teknikens möjligheter krävdes mer bevis, mer analys av flera testområden.

Glädjen och stimulansen i forskning ligger inte bara i att få tid att ägna sig åt den utan också att få diskutera med någon lika intresserad, och jag hade turen att få samverka med Maurizio Santoro under hans tid hos professor Christine Schmullius i Jena och senare vid GAMMA Remote Sensing AG,

Kontakten har skötts via internet och utan speciella ekonomiska resurser, vilket inte varit ett problem för mig som pensionär men i praktiken för mina samarbetspartner som fått genomföra arbetet vid sidan om sina forskningskontrakt. Senare blev det Henrik Persson, SLU, och oftast Lars Ulander.

2010 ändrades bilden för InSAR mätningar av bland annat skogens biomassa radikalt genom att en andra tysk satellit sköts upp för att tillsammans med TerraSAR-X bilda TanDEM-X-konstellationen. Huvudinriktningen var att bestämma en global digital elevationsmodell, DEM, med hög noggrannhet. TanDEM-konfigurationen med två samtidiga mätningar av samma område eliminerade de problem som var fallet vid mätningar med två ERS-mätningar med en eller tre dagars mellanrum varvid i synnerhet vind hade påverkat skogen. Nu hade man två samtidiga mätningar och med InSAR-teknik bestämdes en höjdnivå som påverkades av bland annat skogens höjd och täthet. Om man hade tillgång till en DTM för marknivån (från lidarmätningar vilket numera finns för hela landet) kunde man bestämma skogens så kallade fashöjd som är starkt kopplad till skogens stamvolym/biomassa.

Jag var intresserad av att undersöka fortsatta möjligheter att utveckla vår C-bands modell från 1997, Interferometric Water Cloud Model, IWCM. InSAR och IWCM var en teknik som var ett intressant alternativ till lågfrekvent radarteknik. Lars Ulander sökte tillgång till TanDEM-X data för skogsinriktade projekt. Maciej Soja fick som ett av sina mål i doktorsexamen att bland annat processa TanDEM-X data från rådata till grundläggande mätdata och bestämma till exempel fashöjd med dess tillämpningar. Tillsammans publicerade vi 2013 en första artikel över bestämning av skogens biomassa i Remningstorpområdet, tolkat med IWCM. Det visade sig att man på detta sätt med X-band kunde bestämma skogens biomassa med mycket hög noggrannhet, bland de allra bästa resultaten för området Remningstorp, där mycket satellitanalys genomförts.

Själv har jag varit intresserad av att utforska IWCM-modellens noggrannhet och därmed koncentrerat mig på två områden i Sverige, Remningstorp och Krycklan för vilka SLU har gjort många omfattande referensmätningar. Samarbetet med SLU involverade Henrik Persson, SLU, och Lars.

Den fortsatta utvecklingen av C-bands mätningar med ERS-satelliterna gav alltså plötsligt möjlighet att vara med i forskningsfronten med TanDEM-X mätningar. Ett förslag 2016, SESAME, såsom ett Earth Explorer-9 satellitprojekt (två små satelliter som skulle följa en Sentinel-satellit) gick dock inte igenom på grund av något för höga kostnader.

För att mäta skogens biomassa med radarteknik, ett mål som jag tog upp med SLU 1991, har vi fortfarande en bit kvar men med BIOMASS-satelliten, planerad till 2022, förväntas även tropisk skog kunna bestämmas. En utmaning är att undersöka om IWCM kan tillämpas för tropiska skogar, och möjlighet att studera ett område i Gabon lockar, men kräver datortillgång, förutom lönemedel för samarbetspartner, problem som kanske inte kan överbryggas. Hälsoproblem förutom Covid-19 har i praktiken gjort att verksamheten går på sparlåga efter 2019.

Många av betydelse

Det här har varit en berättelse med anknytning till teknikutvecklingen och några av de personer som då har stått fram i mitt minne (som inte är vad det borde vara). Samtidigt har det varit många fler som har funnits vid institutionen som har möjliggjort denna utveckling, alla specialister inom sina verksamhetsområden. När jag ser tillbaka är det ju framför allt de för institutionen gemensamma sekreterartjänsterna som har varit betydelsefulla bland annat för mig på olika sätt, Lilian Grusell och Gunnel Aspevik på Olofs tid i Göteborg, Kerstin Bergkvist, Monica Hansen, Irmgard Molin Larsson, och Britt-Marie Boisen på senare år. Arkivarbetarna som jag under en period var ansvarig för framträder onekligen också i minnet. Inte alltför ofta besökte jag institutionens verkstad, vilken behövdes för speciellt Onsalas behov och för maserutvecklingens, men det hände och man kunde alltid få hjälp med speciella saker trots rudimentära ritningar. Naturligtvis var det väldigt många andra som finns med på olika sätt i minnesbilderna av tiden på institutionen och ute på observatoriet, Bert Hansson, Joel Elldér och Bertil Höglund för att nu nämna några.

Sedan pensioneringen 2001 har vi varit några stycken som ätit ärtsoppa på Chalmers varje torsdag, primärt under ärtsoppssäsongen (månader med r i namnet) och om vi inte har haft förfall, Sven G. Gustafsson, Jan Rohlin, Jan Torin, och på senare tid Kjell-Olof Yngvesson och tidigare Erik Kollberg och Stig Ekman. Jag tror att det har betytt mycket för allesammans eftersom vi har hållit på så regelbundet och så länge. Sven G. är speciell i detta sammanhang eftersom vi hade kontakt redan under fjärde året på Chalmers och sedan under stora delar våra liv då han bland annat varit chef för Ericssons fjärranalysverksamhet men också i olika positioner i förhållande till forskningsverksamhet vid Chalmers. Umgänget, även med familjer, har knutit ihop privatlivet och Chalmerslivet.

Det var Sven som drev på att vi skulle skriva ner berättelserna om våra arbetsliv. För egen del dröjde det men det var intressant att se tillbaka på tiden som gått.

Bilaga: Formella aspekter av professuren

Professur i fjärranalys 1984

1984 inrättades med stöd från Rymdstyrelsen och efter förslag i en internationell utvärdering av svensk fjärranalys en extra professur i fjärranalys, särskilt mikrovågsradiometri vid Chalmers. Chalmers kunde vid denna tid inrätta så kallade extra professurer, det var alltså professurer med tillsvidareförordnanden och utan "kunglig fullmakt". Ämnesområdet skulle omfatta: "teorin för och experimentell tillämpning av elektromagnetisk vågutbredning med speciell inriktning mot fjärranalys. Av särskild vikt är de problem som sammanhänger med interaktion mellan våg och medium samt metoder att från den registrerade strålningen utvinna information om mediet. Ett betydelsefullt tillämpningsområde är mikrovågsradiometri."

Preben Gudmandsen, professor Electromagnetic Institute DTU, Andreas Tønning, professor i Teoretisk elektroteknik, NTH och Torleiv Orhaug, forskningschef FOI, var sakkunniga.

Utvärderingar av verksamheten

Utöver utvärderingen 1983, som gav underlag för inrättandet av professuren, skedde två utvärderingar av fjärranalysgruppen under min tid, dels 1992 av the Swedish Council for Planning and Co-ordination of Research, FRN, av deltagarna i den arktiska expeditionen, dels 1998 i samband med Rymdstyrelsens internationella utvärdering av svensk fjärranalys. Från den första utvärderingen, 1992, har jag följande anteckningar:

"The group is producing research of highest quality. The staff is highly motivated, articulate and takes an exceedingly professional view of their work and its presentations. This is reflected in i) the substantial publication output in highly regarded international peer-reviewed journals, ii) the large number of presentations and representations at international science meetings and conferences, iii) the range of collaborations established with leading remote sensing groups around the world (eg, Jet Propulsion Laboratory, USA, Mullard Space Science Laboratory, UK, TUD, Denmark,

Canadian Centre for remote Sensing) and involvement in major international projects such as PIPOR, iv) a steady flow of candidates for higher degrees.”

Man föreslog vidare en konsolidering av de starkaste elementen i svensk polarforskning och föreslog tre områden av vilket det tredje var: Remote sensing of the polar regions.

I utvärderingen 1998 av “the Swedish Remote Sensing Programme” skrevs inledande om verksamheten: "The department has an international reputation as a centre of excellence for radar remote sensing research and has a well-established track record in training high quality postdoctoral researchers." och under General comments and recommendations: “The group has made cost effective progress in important areas of technological and methodological research with a clear practical focus as demonstrated by the above projects and specific studies on microwave applications They have demonstrated an ability to select appropriate collaborators and to work with these successfully to achieve an operational product. The work on new technology is both exciting and important and will require ongoing support. Of concern is the impending retirement of Professor Jan Askne. Although Professor Askne is actively working to ensure a succession and the continued support of the group within the university, it is recommended that SNSB take action to express its strong interest that the group be regarded as an important national asset and that its existence be sustained. The support by professorial chairs of the university in the fields of both radar technology and remote sensing applications is regarded as especially important.”

I den övergripande sammanfattningen av utvärderingen står: The teams at Chalmers University of Technology... “must be mentioned particularly and have good standing in comparison to similar centres in other countries”.

I utvärderingen påpekades också svagheter i svensk fjärranalys i form av fem rekommendationer. Bland annat påpekas det: “While remotely sensed data can provide valuable input into global climate change research, Sweden has

not played a significant role in such work to date.”, och rekommendation nummer fyra lyder:

”SNSB should make a decision on policy regarding the Swedish contribution to climate change research, whether to undertake extensive national research, participate in some ongoing international efforts, or decline from climate change research.”

Bland “Opportunities deriving from the ongoing programme” nämns bland annat “Particular note should be made of the CARABAS radar sensor. This long wavelength facility is unique in the world and addresses a problem of global concern: how to measure forest biomass directly. This work, if well directed, offers not only the opportunity to make significant scientific and technical advances, but also to develop a commercial capability.”

Som allmän kommentar utifrån dessa internationella utvärderingar kan man tycka att dessa borde följas upp efter några år.

Doktorander i gruppen

Examinator för doktorander då Olof Rydbeck var bortrest längre tid

Namn	Tek.Lic.	Tek. Dr	Senaste känd verksamhet
Bengt Isaksson	?	?	tidigare Business Support Radio, Ericsson
Per Ingvarsson	?	?	tidigare ansvarig för antennavdelningen Ericsson

Bengt Isaksson hade ursprungligen Sigfrid Yngvesson som handledare. Per Ingvarsson gjorde examensarbete för mig, men togs sedan över av Olof Rydbeck, som dock var i USA under Bengts och Pers sista tid som doktorand.
(? = osäker tidsangivelse)

Doktorander med vågutbredningsinriktning

Dan Anderson	?	1974?	Prof. Chalmers, plasmafusion
Mietek Lisak	?	1976	Prof. Chalmers, plasmafusion

Dans och Mieteks avhandlingar var inriktade på effekter på vågutbredning i olika komplexa plasmamedia.

Bland många examensarbetare minns jag bland andra Hans Olofsson, senare professor och föreståndare för Onsalaobservatoriet, Lars-Åke Nyman, bland annat driftchef på APEX i Chile. Hans gjorde ett examensarbete om utbredning och excitation av magnetoelastiska vågor i yttriumjärngranat (YIG), något som sedan utnyttjades för en laboration i Vågutbredningskursen, och Lars-Åke med Stellan Jakobsson Monte Carlo simuleringar av kosmiska moln.

Doktorander avseende Markbaserad atmosfärradiometri

Namn	Tek.Lic.	Tek. Dr	Senaste känd verksamhet
Göran Skoog	1983	-	tidigare Business Support Radio, Ericsson
Erik Winberg	1986	-	Senior Director Business Development, Saab AB
Harald Nordius	1989	-	Bombardier Transportation

Doktorander avseende ODIN-relaterad atmosfärradiometri

Patrick Eriksson	1996	1999	Prof. Chalmers Global miljömätteknik
Carlos Jimenez	2000	2003	forskare Estellus, Paris, associerad med Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique, Observatoire de Paris.

Doktorander avseende radarfjärranalys

Mycket på basis av forskningsanslagen från Rymdstyrelsen har ett antal doktorander kunnat examineras, huvudsakligen med anknytning till ERS-1:

<i>Namn</i>	<i>Lic</i>	<i>PhD</i>	<i>Nu</i>
Lars Ulander	1987	1991	Professor radarfjärranalys Chalmers
Roland Johansson	1988		Patentfrågor - radar
Anders Carlström	1992	1995	systemtekniker RUAG
Yan Sun	1993	1995	tidigare Ericsson
Jonas Noréus	1993	1996	konsult
Hans Israelsson	1993	1998	Ericsson - telekommunikation
Jan Hagberg	1994		Volvo Cars - Senior Director Base Software Development
Mats Pettersson	1995		Prof. Blekinge Tekn. H. radar
Patrik Dammert	1997	1999	radarspecialist Saab Carabas (UHF-radar) Adj. Prof.
Gary Smith Jonforsen	1998	2000	radarspecialist vid Quamcom Research and Technology
Sverre Dokken	1998	2000	Eget internationellt företag inom marin fjärranalys
Maurizio Santoro	2001		forskare Gamma Remote Sensing, CH

Utvecklingen avseende bestämning av skogens biomassa var baserad på samarbete med SLU i Umeå där Johan Fransson, disputerade 1999 med mig som biträdande handledare.

Johan Fransson	1999	professor Linné-universitetet
----------------	------	-------------------------------

Externt handledda, men med mig som examinator

<i>Namn</i>	<i>Lic</i>	<i>PhD</i>	<i>handledare</i>
Per-Olov Fröling	1998		Lars Ulander, FOA
Maria Lundin	2001		Bertil Håkansson, SMHI

Efterord

Vad är då det viktigaste en forskningsgrupp presterar? Naturligtvis goda forskningsresultat som för utvecklingen framåt, men lika viktigt är utbildningen av självständiga forskare som för forskningen vidare och ingenjörer som bidrar till utvecklingen i industrin. Fyra av doktoranderna har blivit professorer vid institutionen: Dan Andersson och Mietek Lisak avseende elektromagnetisk vågutbredning särskilt plasmafusion, Lars Ulander avseende radarfjärranalys (efter tid som forskningschef på FOI), med särskilt intresse för skog, och Patrick Eriksson avseende global miljömätteknik och då tolkning av satellitmätningar av övre atmosfären.

Johan Fransson blev professor vid Linnéuniversitetet. Mats Pettersson gick efter lic.-examen över till signalanalys bland annat avseende fjärranalys och är nu professor på Blekinge Högskola, och Patrik Dammert (specialist på Saab) är adjungerad professor i signalbehandling vid Chalmers. Ytterligare en del doktorer/licentiater finns i olika forskningsorganisationer, men majoriteten har gått till industrin, varav en har startat eget företag inom fjärranalysområdet (Sverre Docken). Det har varit en förmån att få träffa så många duktiga individer både nationellt och internationellt.

Verksamhetens framgång beror mycket på om man lyckas attrahera duktiga doktorander. Den snabba utvecklingen av satellitteknik och datorteknik för analys av satellitbilder bidrog till detta och det tvärvetenskapliga området med mycket naturanknytning och den internationella miljön gjorde arbetet till det bästa jag för min del kunde tänka mig även om det kändes tufft ibland, oftast under Olofs tid. Men tankarna går ändå till den grund Olof Rydbeck lade och som hans olika doktorander på olika sätt drivit vidare bland annat beroende på att verksamheterna på något sätt legat rätt i tiden men kanske också mänskliga attityder som förts vidare.