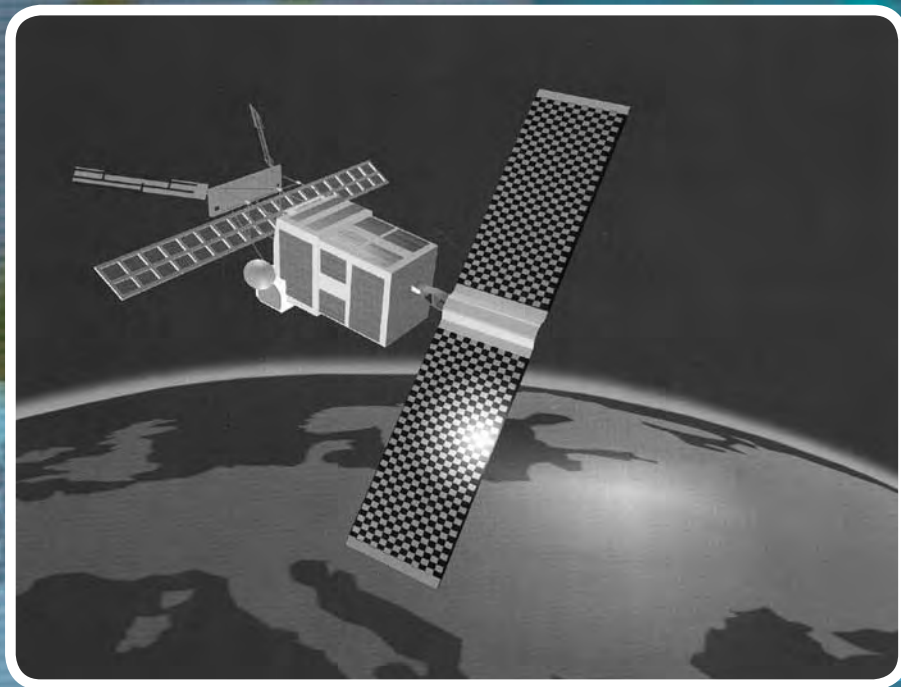


Fra Forsvarets forskningsinstitutt

HISTORIE

$$[M_1 \sin(\beta - \theta)]^2 = 7(M_0 \sin \beta)^2$$



Satellittovervåking



Det har vært en spennende oppgave å bidra til at mange av instituttets prosjekter helt fra begynnelsen av er blitt beskrevet på en oversiktlig og relativt lettfattelig måte. Slik kan interesserte skaffe seg kjennskap til meget av det instituttet har arbeidet med. Mange travle prosjektledere og medarbeidere har bidratt og har vist stor hjelpsomhet

og tålmodighet. Flere pensjonister har også gitt verdifulle bidrag. En spesiell takk til alle i Informasjonsenheten. Denne samlede innsatsen har vært avgjørende. Jeg takker alle for en svært interessant og lærerik tid.

Red.

Forord

Ved FFIs 50-årsjubileum i 1996 fikk Olav Njølstad og Olav Wicken, da ved Institutt for forsvarsstudier, i oppdrag å skrive FFIs historie for de første 25 år. Oppdraget tok spesielt sikte på å belyse instituttets rolle i en nasjonal sammenheng, i forhold til teknologiutvikling, industripolitikk og, med årene, forsvarsplanlegging. Kildematerialet var først og fremst FFIs arkiv med instituttets korrespondanse og møtereferater fra styrende organer, samt offentlige dokumenter av ulike slag, og Egil Eriksens og Egil Strømsøes samlede fremstilling av prosjektaktivitetene ved instituttet. Oppdraget ble løst på en utmerket måte ved utgivelsen av boken "Kunnskap som våpen". Den har i høy grad bidratt til å gi instituttet som helhet og dets tidlige ledere en velfortjent heder.

Imidlertid var det tidlig klart at oppdraget som ble gitt til Njølstad og Wicken ikke ville gi rom for nevneverdig omtale av selve gjennomføringen av instituttets prosjekter. Hvordan oppstod ideene som ledet til prosjektene? Hva var forutsetningene for gjennomføringen? Hvem stod for den, og hvilke utfordringer møtte de underveis? Med andre ord, vi savner vitnefastede nedtegnelser fra det "indre liv" i instituttet som frembrakte de resultatene som berømmes i nasjonalt perspektiv. Dette har vi bedt prosjektledere og prosjektmedarbeidere å fortelle om.

Hvordan skulle det gjenstående arbeidet legges an? Etter nøye vurdering har vi satset på en serie historiske hefter som hvert dekker et begrenset prosjekt eller fagområde. Det er flere fordeler ved denne løsningen: Arbeidene kan utgis etter hvert som de blir ferdige, og det krever ikke meget å utgi en forbedret utgave dersom feil eller mangler skulle bli påpekt.

Prosjektet har en risiko. Jo bedre vi lykkes med å få frem de viktige bidragene og bidragsyterne, desto kjedeligere blir det med de mangler som allikevel ikke unngås. Også med tanke på oppretting av slike mangler er hefteformen enklest.

Oppslutningen om dette prosjektet har vært meget stor, og mange tidligere og nåværende medarbeidere har bidratt. De er nevnt

som kilder for de enkelte heftene hvor deres bidrag befinner seg.

Instituttets uten sammenligning største og teknologisk bredeste prosjekt-område har vært utviklingen av sjømålsraketter. Den første Penguin-raketten ble i sin helhet utviklet av instituttet, og systemarbeider og kritiske deler er utviklet for de påfølgende versjoner av Penguin og NSM (Nytt SjømålsMissil). En samlet historisk fremstilling av denne virksomheten er i arbeid i regi av Kongsberg Defence & Aerospace. Vi har valgt å avvente den før vi tar stilling til om det er aktuelt å utgi et supplement innenfor denne hefteserien.

Erling Skogen er redaktør for det samlede prosjektet. Han har nedlagt et betydelig arbeid i bearbeiding av tekstene og fremskaffing og redigering av billedmaterialet.

Kjeller 1. mars 2003

Nils Holme

Satellittovervåking

– en nasjonal storsatsing

Utviklingen av en operativ havovervåkingstjeneste med radarsatellitter er en av de mest krevende og ambisiøse programmer FFI har vært med på å realisere. Dette heftet beskriver utviklingen med vekt på de første tiårene. FFI var den dominerende aktøren i utviklingen av metodene, strukturen og teknologien i et nært samarbeid med Forsvaret og nasjonale og internasjonale organisasjoner. FFIs arbeider inngikk i en nasjonal satsing på jordobservasjon koordinert av Norsk Romsenter og dets forløper.

Pionerer ved FFI la de faglige forutsetninger for forskning, utvikling og anvendelser av romvirksomheten innen et bredt felt. På nasjonalt plan var FFI en pådriver for at Norge skulle ta i bruk de nye mulighetene som satellitter åpnet for. Nasjonale organer, og en infrastruktur måtte bygges opp. Den første gryende aktiviteten blir også kort gjennomgått.

Henry Kjell Johansen og Terje Wahl var begge viktige medarbeidere i denne utviklingsperioden og har fortalt om den.

Visjonen

I 1977 gikk Norge til det drastiske skritt å erklære suverenitet over en økonomisk sone på 200 nm (nautiske mil). Etter hvert kom i tillegg en 200 nm fiskerisone rundt Jan Mayen og en fiskevernsonen rundt Svalbard. Det var en prioritert nasjonal oppgave å vise at myndighetene hadde midler til å håndheve norsk jurisdiksjon. Kystvakten ble bygget ut med nye fartøyer og tildelt bruk av Orion-fly for overvåking, i tillegg til andre overvåkingssystemer som Forsvaret rådte over. Kystvakten ble organisert under Forsvaret.

Overvåking av to mill km² havområder, til dels langt fra fastlandet, ville være en meget krevende og ressurskrevende oppgave med konvensjonelle midler.

FFI så tidlig muligheten av å kunne bruke planlagte sivile radarsatellitter for havovervåking. Den nye radarteknologien, kalt syntetisk aperturradar (SAR), kunne gi en nærmest fotografisk avbildning av jordoverflaten. Mye måtte på plass før Forsvaret kunne bruke satellitter som del av en operativ havovervåkingstjeneste:

- Kunne lese ned og prosessere SAR-data nasjonalt
- Skaffe rettigheter til å lese ned data

- Delta i satellittprogrammer som partner
- Bli medlem av aktuelle satellittorganisasjoner for å sikre rettigheter
- Bygge opp en nasjonal infrastruktur og organisasjon for drift av denne,

og ikke minst:

- Utvikle nødvendig teori for signalbehandling, nye datasystemer 1000x raskere enn det som var tilgjengelig, utvikle pålitelige tjenester, forstå begrensninger, evaluere systemtelsene og bidra til utvikling av industrien som skulle bygge infrastrukturen.

Ingen ting av dette hadde vi. FFI hadde bred teknologisk kompetanse, og helt avgjørende, unge forskere med optimisme og pågangsmot som ikke aksepterte at ting var umulig. Instituttet hadde en ledelse som kunne gå inn og bidra i de fora hvor de viktige beslutningene ble fattet, og de hadde evne til å skaffe finansiering til en mangeårig aktivitet og organisere store forskningsprosjekter. Som det vil fremgå, veien frem til en operativ tjeneste var både lang og komplisert – lengre enn noen forestilte seg i starten.



De nye norske soner som Kystvakten skulle overvåke.

Starten på norsk romvirksomhet

FFI og NTNF starter å bruke satellitter i 1960-årene

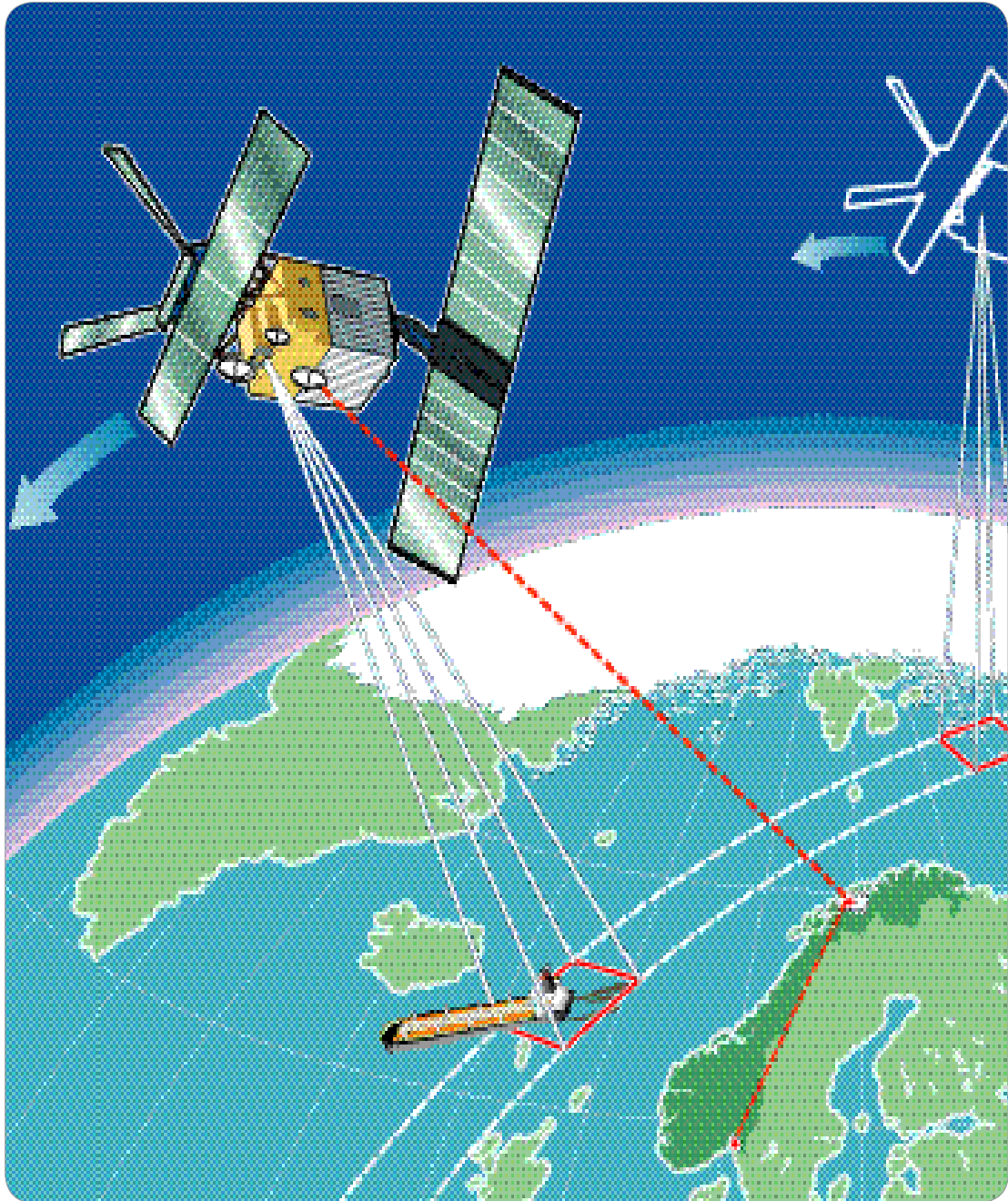
FFI var sentral i utvikling av norsk romvirksomhet. Allerede på slutten av 1950-tallet ivret Finn Lied for at Norge skulle komme med i den europeiske romorganisasjonen ESRO. Men Televerket, norsk industri og myndighetene var negative til å bruke forskningsmidler på såkalte prestisjeprosjekter, slik mange anså romvirksomhet for å være.

Den aller første satellitten, Sputnik-1, ble skutt opp av Sovjet 4. oktober 1957. Straks var FFI-forskere i gang med å måle på signalene fra denne satellitten.

Inspirert av en NATO AGARD-konferanse i 1959 sendte direktør Finn Lied og andre

nøkkelpersoner året etter et forslag til NTNf (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd) om å etablere en nasjonal romorganisasjon. Forslaget ble delvis tatt til følge, og NTNf opprettet en Interimskomite for romforskning.

I de første årene fokuserte denne komiteen på ionosfæreforskning med utbygging av infrastrukturen på Andøya og oppskyting av sonderaketter. FFI med Bjørn Landmark, Jan Trøim, Bernt Mæhlum og Eivind Thrane ble sentrale personer i en suksessfull grunnforskning. Forskingen krevde utvikling av instrumenter og teknologi for nyttelaster for raketter og satellitter i tillegg til bakkeinstrumentering. (Se hefte nr. 19, Ionosfæreforskning, i denne hefteserien.)



En radarsatellitt av søker en stripe av jordoverflaten. Data strømmer ned til en jordstasjon som distribuerer bilder til brukere.

Selv om Norge ikke var med i ESRO, var FFI-forskere, bl.a. Magne Eggestad, med i europeiske satellittprosjekter. På 1960-tallet var FFI engasjert i oppbyggingen av en telemetristasjon for satellitter på Svalbard for kontroll av europeiske forskningssatellitter. Etter noen år opphørte oppdragene og denne stasjonen ble lagt ned.

FFI, med Karl Holberg som viktig pådriver, var med på å fremme og bygge ut en tele-

metristasjon i Tromsø. Den første datamaskinen som Norsk Data (dannet 1967) leverte, gikk til Tromsø Telemetristasjon (TTS). Denne minimaskinen var basert på datamaskinutviklingen som Yngvar Lundh ledet på FFI. (se hefte nr. 3, Datateknologi, i denne hefteserien). Stasjonen skulle bli kjernen i den senere utvikling av en nedlesekapasitet for jordobservasjonssatellitter i Norge.

De nordiske landene ble i 1963 enige om å utvikle en nedlesestasjon på Råö i Sverige for amerikanske telesatellitter. Her fikk FFI ansvaret for å utvikle og lage det datastyrt reflektorspeilet til den store antennen.

Yngvar Lundh og Einar Evensen utviklet og Fellesverkstedet produserte den kritiske reflektoren. Dette ga Norge ytterligere kompetanse på jordstasjoner. Evensen og Fellesverkstedet lagde senere den første 10 m diskantennen på Eik for Televerkets jordstasjon.

I 1965 opprettet NTNf en egen avdeling for Romvirksomhet, NTNFR. Det ble samtidig opprettet en Komite for romvirksomhet (Romkomiteen) hvor Finn Lied deltok fra FFI. Han ble erstattet av Tomas Krog da han ble industriminister i 1972.

I 1966 etablerte Romkomiteen et Utvalg for anvendelser av romvirksomheten (Anvendelsesutvalget) med Karl Holberg som formann. Bruk av satellitter for telekommunikasjon og datainnhenting tegnet til å bli interessante vekstområder og flere prosjekter ble igangsatt. Nic Knutdzson (tidligere FFI-forsker ved Avd. Radar, senere direktør ved Televerkets Forskningsinstitutt) ble utvalgets neste leder.

Henry Kjell Johansen (oftest kalt HK) overtok som formann i Anvendelsesutvalget i 1975. Utvalget satset på maritim satellittkommunikasjon. På NTNfs årsmøte i mai 1981, med bl.a. statsminister Gro Harlem Brundtland tilstede, kunne H.K. Johansen fortelle at en tidlig og bred innsats innen feltet maritim satellittkommunikasjon har gitt som resultat at Norge hadde fått en sterk posisjon innen jordstasjoner for telekommunikasjon og var blant de ledende i verden hva gjaldt satellitterminaler for skip. Utvalget arbeidet videre med bruk av navigasjonssatellitter og transpondere for konsesjonspliktige fartøyer. Norge deltok også i nødsatellittsystemet SARSAT, og NTNf finansierte utvikling av fri-flytbøyer i norsk industri og en kontrollstasjon ved TTS.

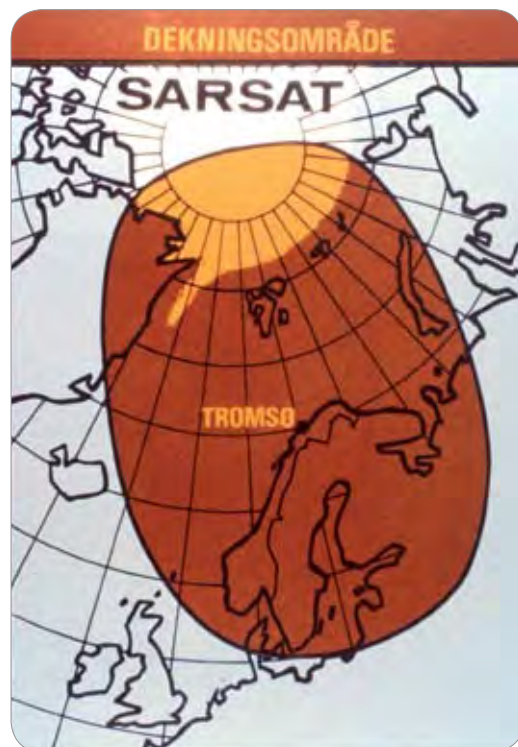
Nøyaktige algoritmer for lokalisering ble deretter utviklet av Kaare Aksnes, leder for Matematikkseksjonen ved instituttet. Sammen med forskerne Per Helge Andersen og Einar Haugen (NTNFR) utviklet han lokaliseringsprogrammet Satellite Doppler Positioning Program. Dette ble integrert i det datasystemet som Informasjonskontroll

(IK) leverte til TTS i 1982. Denne installasjonen ga Hovedredningssentralen en vesentlig bedret tjeneste, en tjeneste som er like viktig i dag (2006).

Norge tar i bruk satellitter for fjernmåling

Allerede på 1960-tallet begynte norske forskningsgrupper å lese av bøyer og fjerne målestasjoner via NASA-satellitten ATS. FFI ved Karl Holberg, Dag Gjessing oa. bisto i etableringen av eksperimentene.

NASA lanserte tidlig på 1970-tallet sitt LANDSAT-program for jordobservasjon. Disse satellittene kunne avbilde jordoverflaten i flere spektrale bånd i det visuelle og nærinfrarøde området. NTNFR startet et forskningsprogram i 1972. FFI bidro gjennom deltakelse i NTNfs fagkomiteer til at flere forskningsgrupper i Norge startet opp, foreløpig utenom FFI. Et forsøk på å få ESA til å velge Tromsø som nedlesningsstasjon for LANDSAT mislyktes. Sverige var medlem av ESA, Norge hadde valgt å holde seg utenfor, og Kiruna ble valgt til å forsyne det europeiske markedet med jordobservasjonsbilder i 1976. Dette kunne ha stoppet utbyggingen av TTS til en nedlesestasjon for jordobservasjonssatellitter.



Dekningsområdet til Tromsø Telemetristasjon (TTS) for nødsatellitten SARSAT.



FFI kom tidlig med i prosjekter for bruk av satellitter for vitenskaplige formål, og forsto snart hvilke nye tjenester som satellittene kunne gi samfunnet og Forsvaret. Pionerene var med på å starte vitenskaplig og industriell aktivitet innen feltet og deltok i å utvikle de første jordstasjoner for å ta i bruk de nye mulighetene.

Dette er noe av bakteppet for at FFI tidlig så mulighetene for å satse på å utvikle og ta i bruk data fra fjernmålingssatellitter for viktige nasjonale formål. Begrepet fjernmåling ble etter hvert erstattet av "jordobservasjon" for sivile anvendelser og "overvåking" for militære, selv om ordbruken ikke er konsekvent.

FFI bidrar til at NTNFR gjør satellittovervåking av norske havområder til et nasjonalt satsingsområde

De første studiene og initiativene på slutten av 1970-årene

Under forberedelsene til etableringen av Norsk økonomisk sone på 200 nm hjalp FFI Forsvarsdepartementet med å analysere bruk av kystvakten med fartøy og fly for å hevde norsk suverenitet. FFI var kjent med at den amerikanske radarsatellitten SEASAT skulle skytes opp i 1978. Den hadde et SAR-instrument som ville ha en allværs overvåkingskapasitet. En første preliminær studie ble gjennomført av Andreas Mortensen ved Systemgruppen i 1975. Den viste at polare radarsatellitter i samspill med fartøy og fly kunne være et interessant konsept.

Finn Lied så tidlig mulighetene. En artikkel i Aftenposten 23. juni 1976 "Satellitter for overvåking og utnyttelse av havområdene" var med på å overbevise myndighetene om å satse på en utbygging av TTS for dette formålet.

På bakgrunn av anbefalinger fra Romkomiteen, NTNFR og innspill fra FFI utarbeidet Industridepartementet (ID) en proposisjon hvor bruk av satellitter var foreslått. Stortinget vedtok så i 1977 å bevilge penger til en videre utvikling av TTS for å ta ned data fra fjernmålingssatellittene TIROS-1 og NIMBUS, samt å forberede mulig nedlesing fra SEASAT. Det skulle vise seg å ta flere år med arbeid før TTS var bygget ut til å ta ned og prosessere SAR-bilder, men utbyggingen

i 1979 var med på å gi TTS oppdrag knyttet til fjernmålingssatellitter i mellomtiden.

Etter de innledende studiene fortsatte Systemgruppen analyser ledet av Andreas Mortensen hvor bruk av satellitter av type SEASAT inngikk. Resultatene av studien forelå i 1977. Den viste de første beregningene av hvilken satellittdekning man kunne forvente med SEASAT og at man kunne koordinere bruk av satellitter med fly og skip på en effektiv måte. Resultatene var viktige for den videre argumentasjon fra FFI om å satse på radarsatellitter for å overvåke våre havområder.

Et problem knyttet seg til å identifisere skip, noe radarsatellittene ikke kunne. Systemgruppen fikk i 1977 en ettårig systemstudie fra NTNFR der bruk av transpondere på skip ble vurdert. Kombinasjon av radarsatellitter og transpondere ville være ideelt. Forslaget ble presentert bl.a. for Fiskeridepartementet. Det ble ikke fulgt opp av et utstyrs- og demonstrasjonsprosjekt ved FFI. Norske myndigheter deltok i forhandlinger om slike løsninger i internasjonale fora. FFI kom med flere utspill i årene fremover, men forhandlingen om å pålegge transpondere på konsesjonspliktige fartøyer trakk ut og er først blitt realisert i våre dager gjennom AIS-systemet, og i 2005 har igjen FFI igangsatt et større arbeid med å ta i bruk satellitter.

I juni 1977 ble Bjørn Landmark direktør for NTNFR. Han kom fra stillingen som avdelingssjef ved Avd. E og var godt kjent med studiene ved FFI. Han ivret for å kunne ta i bruk SEASAT for overvåking av økonomisk sone. På basis av studier ved FFI skrev Finn Lied til ID i okt 1977 og ba om en videre finansiering til å utrede de tekniske sider ved etablering av satellittovervåking. Statssekretær i FD, Johan Jørgen Holst, (tidligere forsker ved FFI) skrev brev til ID til støtte for forslaget. Landmark laget et forslag til en første studie for å klargjøre mulighetene for et utviklingsprosjekt. Romkomiteen der direktør Peder Th. Hiis (tidligere forskningsjef ved FFI) var formann, ga sin støtte. Etter kraftige påtrykk fra mange hold kom en første finansiering på plass. Det ble etablert en styringsgruppe hvor Bjørn Landmark, Tor Hagfors fra NTH og Yngvar Lundh fra FFI deltok. Studien skulle gjennomføres i et samarbeid mellom NTH, FFI og NTNFR.

Bjørn Landmarks engasjement i NTNFR for å få etablert nedlesning av radar-satellitter var avgjørende for etablering av utviklingsprogrammet for bruk av radarsatellitter.

Kartlegging av muligheter for satellitt-overvåking av 200 nm økonomiske soner i perioden 1977-79

Forprosjektet som FFI hadde ivret for og NTNFR finansiert, ble startet ved Avd. E årsskiftet 1977/78. H.K. Johansen som hadde blitt avdelingssjef etter Bjørn Landmark, gikk inn for at avdelingen skulle satse tungt. Som leder for NTNFs Anvendelsesutvalg og møter i Romkomiteen, var han godt kjent med planene.

H.K. Johansen ble en sterkt engasjert ansvarlig forskningssjef for satellittovervåkingsprosjektene i de kommende 20 år.

Den største tekniske utfordringen ville være å prosessere datastrømmen på over 100 Mb/s fra SAR-instrumentet hurtig nok for operative formål. Tungvekten innen datateknikk, Yngvar Lundh, ble derfor prosjektleder. Teknikken USA brukte for å behandle SEASAT-data i 1978 var basert på analog prosessering med optiske spesiallinser og analoge data på film. Det var kjent at kanadierne hadde utviklet et digitalt regneprogram, men beregningen av en SAR-scene på 100 x 100 km med 25 m bildeelement (pixel)-størrelse tok dager. FFI måtte utvikle en prosessor som var en faktor 1000 ganger raskere. Selv ikke de dyreste superprosessorene var hurtige nok.

Lundh var i ferd med å slutføre utviklingen av en kraftig multiprosessor MARTINUS for beregning av sonardata. Den raske teknologiske utviklingen kombinert med kompetansen til siffergruppen gjorde at han mente det ville være mulig å lage en multiprosessor som kunne lage SAR-bilder hurtig nok. Det er tvilsomt om man i dagens forsknings-Norge ville få støtte for et så risikofyllt utviklingsprosjekt.

Yngvar Lundhs klare vurdering av at FFI ville være i stand til å utvikle nødvendig prosesseringskapasitet, var viktig avklaring før vi gikk videre.

Algoritmene for prosessering av bilder fra SAR-data måtte utvikles. Professor Tor Hagfors, Institutt for radioteknikk og signalteori, NTH, hadde tidligere arbeidet på FFI. Allerede i 1966 hadde han utviklet noe lignende algoritmer for å analysere måneoverflaten vha. radar. Etter en forståelse mellom NTNFR og FFI ble student Einar-Arne Herland bedt om å utvikle den grunnleggende teori og algoritmer for SAR-prosessering. Han gjennomførte sitt dr-gradsarbeid under veiledning av Hagfors. Herland ble betalt av forprosjektet og fulgt opp av H.K. Johansen som var sensor for hans dr-grad. Herland ble deretter ansatt ved Avd. E i 1979. Bare USA, Canada og trolig UK hadde utviklet slike algoritmer, men kunnskapen var ikke tilgjengelig for andre land.

Einar-Arne Herlands algoritmearbeid var helt sentralt i avklaringen om at FFI kunne utvikle nær sanntid SAR-prosessering.

Det var også behov for å utvikle bedre baneberegninger og dekningsdiagram av aktuelle satellitter. Astronomen Kaare Aksnes var kommet tilbake fra USA etter mange års arbeid med baner for NASAs interplanetariske romsonder. Han fikk tillatelse til å arbeide med å videreutvikle et baneberegningsprogram han hadde utviklet. Han ble leder for Matematikkseksjonen og fikk flere dyktige matematikere med seg som senere kom til å spille en viktig rolle i FFIs satellittovervåkingsprosjekter. Aksnes simulerte banedata og beregnet deknningen til SEASAT-type satellitter. Arbeidet bekreftet tidligere analyser ved Systemgruppen og ble brukt i nasjonale utredninger og i internasjonale fora.

Kaare Aksnes sikret at FFI kunne beregne satellittbaner og dekningsdiagram av høy kvalitet.

NTNFR skulle planlegge innhenting av SAR-data fra SEASAT og prosjektere TTS for mottaking og bearbeiding av SAR-data. SEASAT ble skutt opp i 1978, og skuffelsen var stor da den sluttet å virke etter bare tre måneder. Den alt for optimistiske første planen om nedlesning av SEASAT-data ved TTS ble skrinlagt, og man begynte å vurdere andre planlagte radarsatellitter. Heldigvis hadde både ESA og Canada planer om å skyte opp slike satellitter. De lå riktignok langt frem i



Det første SAR-bildet fra SEASAT prosessert på FFI. Det viser skip og infrastruktur fra et elveløp i Canada.

tid. I mellomtiden kunne vi bruke dataene fra SEASAT til å analysere hvor egnet satellitter med SAR-instrument ville være for vårt hovedformål – havovervåking. Kunne vi se fartøyer og under hvilke forhold? Hva annet? Det var mange spørsmål som måtte besvares før FFI kunne satse for fullt på å utvikle et operativt overvåkingssystem.

Det var lagret store mengder rådata fra SEASAT, også over våre farvann. Men de var vanskelig å få tak i. Henvendelsene til NASA var negativ. De mente at FFI ikke kunne nyttiggjøre seg rådataene fordi vi ikke ville klare å prosessere dem. Canada samarbeidet med USA om SEASAT og hadde også rådata. Etter flere fremstøt fikk FFI noen scener fra Canadian Centre for Remote Sensing (CCRS) mot at de fikk en beskrivelse av våre SAR-algoritmer.

Spenningen var stor da Einar-Arne Herland fikk prosessert gjennom den første scenen over en bred elv i Canada. Vi så bygninger, bruer, og på elven flere fartøyer med kjølvannstriper!

Det første SAR-bildet overbeviste FFI og NTNFR om at radarsatellitter ville gi viktige data for havovervåking.

Nå var grunnlaget lagt for et større satellittovervåkingsprosjekt ved FFI. Selv om FFI primært tenkte på de mulige militære anvendelsene, var havovervåking også av stor interesse for sivile brukere. I den første fasen var det NTNFR og ID som kunne finansiere det omfattende prosjektet. Industrien måtte med for å sikre nasjonal produksjon av kritiske anlegg. Den gang betydde det først og fremst Norsk Data. En prosessor hurtig

nok til å bearbeide SAR-data kunne gi en teknologisk fornyelse av datamiljøet.

Gjennom utvikling av SAR-prosessering kunne Norge bli en troverdig og avansert samarbeidspartner med et hjemmemarked i internasjonale satellittprosjekter. Ved å komme med i aktuelle fora kunne spesifikasjonene til nye satellittsystemer påvirkes. Kontakten med NTNFR var sentral for å komme i inngrep med mulige utviklinger internasjonalt på sivil side og for å kunne etablere en nasjonal infrastruktur for nedlesing og prosessering av data for de kommende sivile satellittene. Militære satellittprogrammer for havovervåking var så langt ikke åpne for oss.

De store CESAR-prosjektene ved FFI tidlig på 1980-tallet

Det første CESAR-prosjektet (Computer for Experimental SAR)

Prosjektet startet i mai 1979 med Yngvar Lundh som prosjektleder. Målet var at en eksperimentell multiprosessor skulle stå klar i 1982. Den skulle behandle nedleste SEASAT rådata fra magnetbånd.

Planen var alt for optimistisk. Utviklingen av MARTINUS-datamaskinen ble forsinket og personellet derfra kunne ikke overføres til CESAR-prosjektet som planlagt. Man tenkte seg å bruke moduler fra MARTINUS til å bygge opp et første demonstrasjonsanlegg. I forhold til MARTINUS måtte CESAR ha 100 ganger større regnekapasitet. Oppgaven var mer krevende enn først antatt og en ny arkitektur og nye regneenheter måtte utvikles.

Prosjektet ble reorganisert, og Oddvar Søråsen ble prosjektleder i tillegg til at han hadde ansvaret for utvikling av den nye arkitekturen og nye integrerte regneenheter. Einar-Arne Herland ledet videreutviklingen av algoritmene og Torstein Haugland fikk ansvaret for å utvikle et høyereordens programmeringsspråk for multiprosessorer (HOLM). Alt dette var nybrottsarbeid og trekløvert ble sentralt i utviklingen av SAR-prosessering og CESAR i årene fremover. De hadde stor hjelp av bl.a. Bjørn Solberg, Martin Viktil, Thorkild Kåsa, Per Sørnes, Morten Toverud og flere.

En vektorprosessorarkitektur (SVOP) basert på et systolic array (MALU) med egenkonstruerte VLSI-prosessorer (S-elementet)

ble utviklet. Den originale arkitekturen vakte internasjonal interesse.

Oddvar Søråsen var ansvarlig for den unike CESAR-arkitekturen og Torstein Haugland for høynivåspråket for multiprosessorer

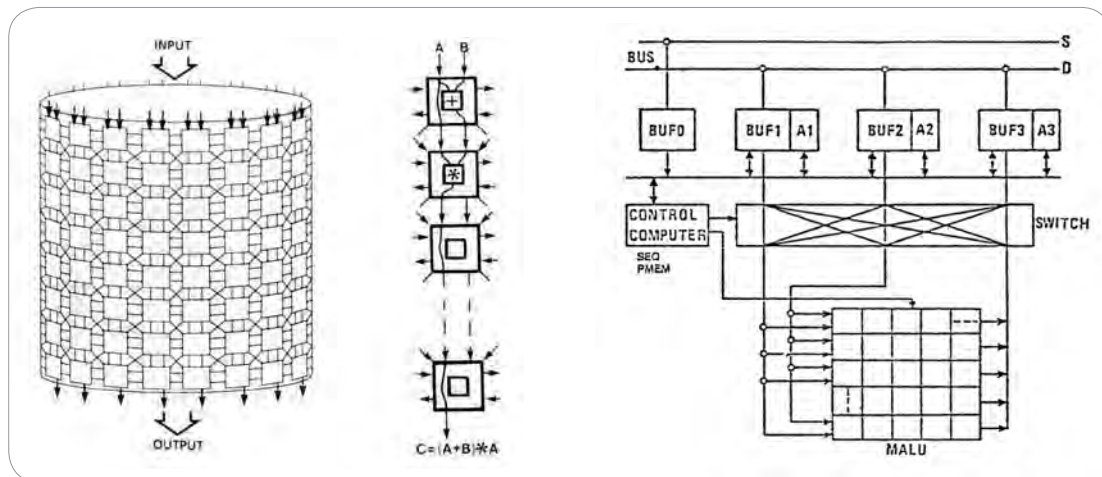
SAR-algoritmene trengte nøyaktige bandedata for å gi skarpe bilder. For sanntidsanvendelser var dette et stort problem. Bandedata måtte leveres av satellittorganisasjonen og ville ikke være tilgjengelig i tide for operative formål. Det var derfor et stort fremskritt da Herland klarte å utvikle autofokuserende algoritmer som ikke trengte nøyaktige bandedata. FFIs klare SAR-bilder vakte internasjonal oppsikt.

For å nå de ambisiøse målene og øke finansieringen ble det etablert et bredt samarbeid nasjonalt og internasjonalt. Foruten samarbeidet med Forsvaret ble det etablert teknologisamarbeid med:

- Norsk Data (ND) som aktiv industripartner – leverte Nord-100 og 500-maskiner for simulering av SAR-algoritmer og stilte med to siv. ing. i prosjektet på FFI
- SINTEF ved ELAB for å bistå i forutviklingen av nye prosessorelementer
- Informasjonskontroll (IK) samt flere konsulentfirmaer og underleverandører, bl.a. Drive Electronics, forløperen for Spacetec
- Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft und Raumfahrt (DFVLR, senere kalt DLR) for utvikling av HOLM. De bidro også med 1,2 mill DM fra 1981. Arbeidet ble gjort med faglig støtte fra Norsk regnesentral og det tyske aerospacefirmaet ERNO
- European Space Agency (ESA) som ga ND/FFI studien: Multiple processor machine for image processing

Arbeidene internasjonalt var viktig for å gjøre CESAR kjent blant mulige kunder.

Metoder for deteksjon av skip for operativ bruk basert på digitale SAR-bilder var også et nybrottsarbeid. Dette arbeidet ble ledet



CESARs vektorprocessorarkitektur vakte internasjonal oppmerksomhet.

av Kaare Aksnes. Med seg hadde han Terje Wahl og Vidar S. Andersen som begge ble ledere av CESAR-prosjekter senere.

FFIs demonstrasjon av resultater i 1983 var imponerende:

- Vi kunne beregne SAR-data nasjonalt og få bilder med høy oppløsning
- Vi hadde utviklet en prosessorarkitektur og demonstrert teknologi som ville gjøre det mulig å prosessere bilder raskt nok for operative formål
- Vi kunne detektere fartøy under mange forhold
- Vi kunne beregne baner og dekningsdiagram

Men avgjørende saker gjensto. Norge hadde ikke tilgang til satellitter med SAR-instrument, og det manglet en egnet nasjonal infrastruktur for nedlesing, behandling og distribusjon av overvåkingsdata. Dessuten, vi hadde ikke laget en full demonstrator. Det var langt igjen.

Det skulle utvikles en rekke nasjonale og internasjonale samarbeidsordninger for å sikre Norge rettigheter til å lese ned satellittdata. En stor innsats fra ledelsen var igangsatt for å få til et bredt samarbeid. Oppbyggingen av en nasjonal tjeneste krevde en nasjonal plan og en finansiering vedtatt av Stortinget.

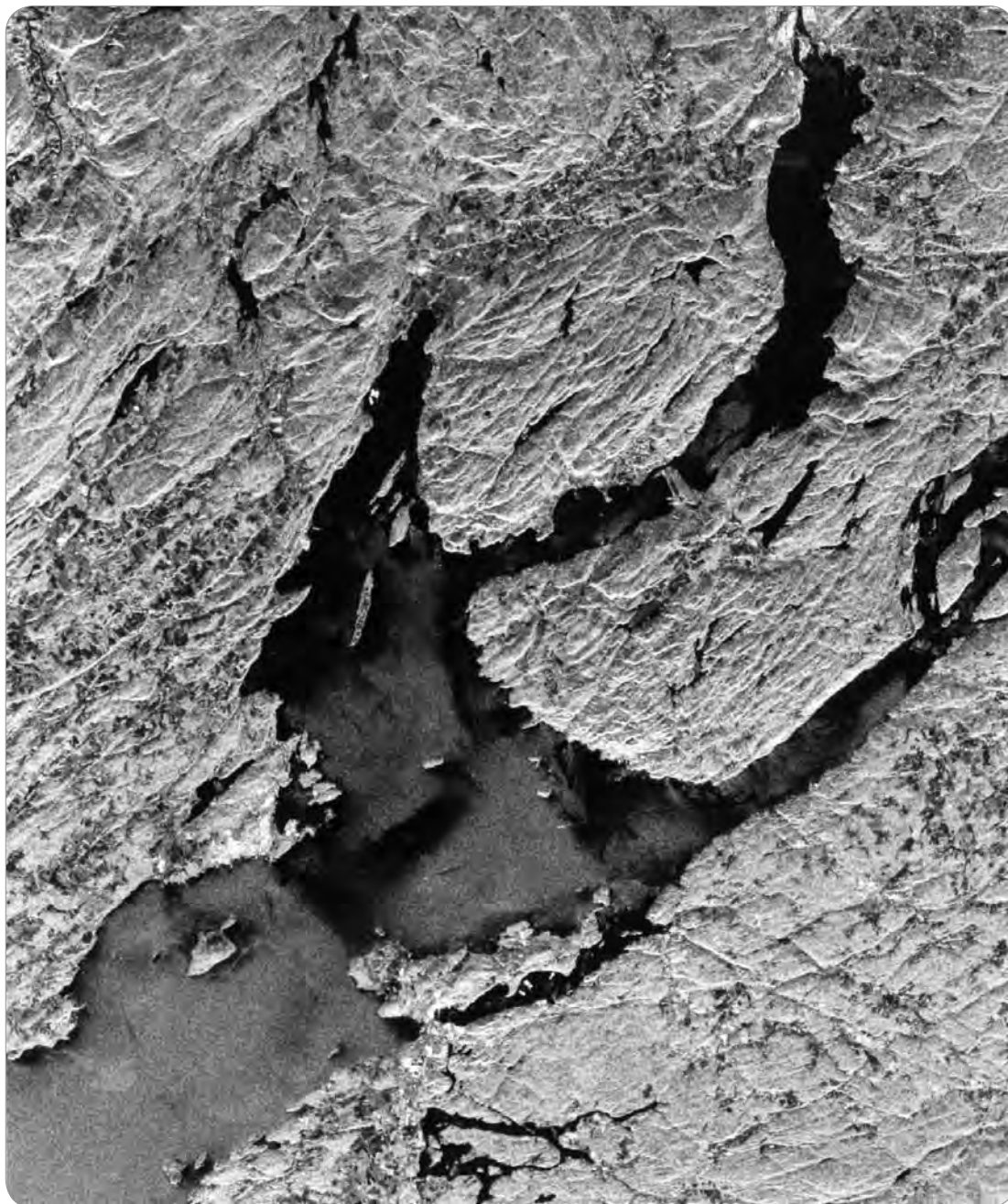
FFI arbeider sammen med NTNFR og ID om å komme med i ESAs fjernmålingsprogrammer i første halvdel av 1980-årene

Norge kommer med i ESAs jordobservasjonsprogram ERS-1

Romkomiteen anbefalte allerede i 1979 at Norge skulle komme med i ESAs Remote Sensing Preparatory Programme. NTNFR godkjente dette og ESA aksepterte at Norge kom med i fase A i 1980 som observatør. ESA hadde startet planleggingen av en Earth Remote Sensing satellitt (ERS-1) med SAR. Planen var å skyte denne opp i 1986. Det tidspunktet skulle bli forskyvet mange ganger. De nasjonale utviklingsplaner ble synkronisert med ESAs ERS-1-program.

H.K. Johansen kom med i ESAs Programme Board for Remote Sensing (PB-RS) fra starten av. CESAR-prosjektet og planene for en utbygging av TTS ble jevnlig presentert for ESA. Norge lå langt fremme i utvikling av en operativ bruk av SAR for havovervåking.

Vi hadde et alvorlig problem. Norge var ikke medlem av ESA. Som utenforland hadde Norge begrensede muligheter til å påvirke krav i vår retning og sikre sentrale leveranser til ERS-programmet. Helst ville vi at TTS skulle bli ESAs nedlesestasjon for SAR-data. NTNFRs Romkomite anbefalte på oppfordring av Bjørn Landmark og Finn Lied at NTNFR sendte en ny anmodning om norsk deltakelse i ESA. Brevet ble sendt til Industridepartementet i 1979.



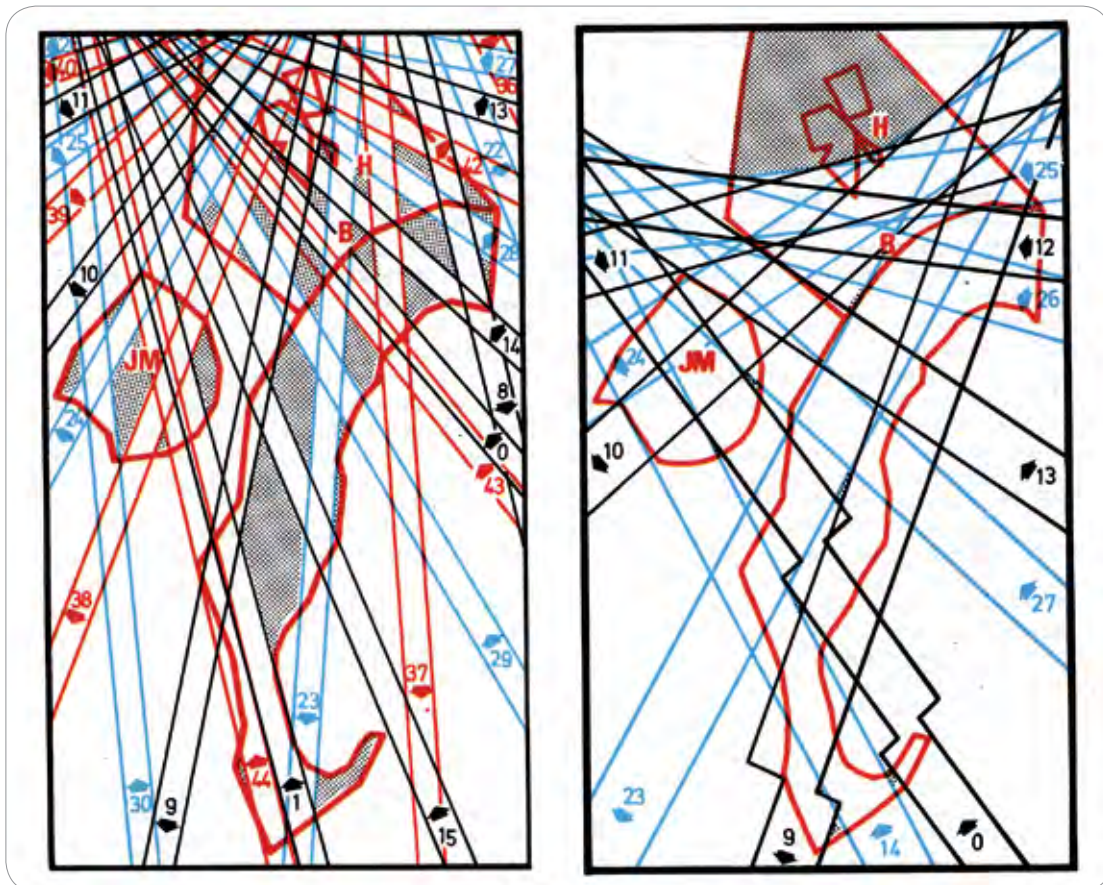
SAR-bilde over Oslofjorden prosessert med autofokusering.

Dette medvirket til at en assosieringsavtale med ESA kom på plass allerede i 1981. Da kunne Norge bli fullt medlem etter en overgangsperiode, dersom Stortinget ga sin tilslutning.

Norge ble medlem fra 1987. Det skyldes ikke minst innstillingene fra Finn Lied-utvalgene i 1983 og 1986.

Finn Lied leder Utvalg for satellittfjernmåling i 1982

Miljødepartementet nedsatte i 1982 et utredningsutvalg med Finn Lied som formann og med medlemmer fra NTNFR, Meteorologisk Institutt, Statens Kartverk og politikere ved Peter Thomassen som tidligere hadde arbeidet ved FFI. NTNFR og FFI hadde vært pådrivere i å få gjennomført en slik utredning. På FFI bisto H.K. Johansen med å skrive deler av utredningen, men det var Lied som skapte formen som gjorde at NOU 1983:24



Simulert dekning av våre havområder med ERS-1 hhv. RADARSAT over en tredagers periode.

– Satellittfjernmåling – ble en lærebok i satellittfjernmåling, samtidig som den evnet å synliggjøre behovet og formidle en klar strategi for det videre arbeid innen feltet. Den fikk stor innflytelse på de beslutninger regjering og storting tok og som etter hvert førte frem til organiseringen og finansieringen av en operativ jordobservasjonstjeneste i Norge.

Et sentralt argument ble behovet for en bedre overvåking av Norges økonomiske sone, Fiskerisone rundt Jan Mayen og Fiskevernsonen rundt Svalbard. ERS-1 og den planlagte kanadiske satellitten RADARSAT ville være aktuelle å lese ned når de ble operative.

Utvalget anbefalte deltakelse i ESAs jordobservasjonsprogram og sikre rettigheter til å lese ned data. Da måtte Norge få fullt medlemskap i ESA. I tillegg til brukerinteressene påpekte utvalget på de betydelige industrielle muligheter for utvikling av utstyr og tjenester som jordobservasjon åpnet for.

For å kunne ta i bruk satellittjenestene for tidskritiske formål der Kystvakten, Statens forurensningstilsyn (SFT) og Meteorologisk institutt (DNMI) var aktuelle brukere, anbefalte utvalget å bygge ut TTS. Nedlesestasjonen burde etableres som en stiftelse og få ansvaret for en rekke tjenester innen fjernmåling. FFIs første anslag for utbygningskostnadene for nedlesning og bildebehandling av ERS-1 lå på 40 mill kr.

NOU 1982:42 – Satellittfjernmåling – ga avgjørende retningslinjer for utbyggingen av en nasjonal satellittovervåkingskapasitet.

Kampen om nedlesestasjon for SAR

Norge hadde kommet med i ERS-1 Fase B i 1982. ESA planla en nedlesestasjon for ERS-1-data i Nord-Europa. Norge forsøkte å få ESA til å bygge ut TTS for å ta ned og prosessere SAR-data. Sverige kjempet for å sikre en videre utbygging av Kiruna satellittstasjon hvor ESA hadde investert i anlegg for nedlesning av optiske bilder fra LANDSAT. Flere land var positive til det norske for-



slaget, men i den kritiske slutfasen ble de norske representantene i PB-RS bedt om å forlate møtet etter krav fra Sverige som var fullt medlem av ESA. Det ble tungen på vekt-skålen. Medlemmer skulle favoriseres.

Kampen om å få ERS-1-data for norske overvåkingsformål

Norge ble en pådriver i PB-RS for at ERS-1 skulle ha havovervåking som et viktig bruksområde, særlig i nordlige farvann. Det var ikke med i ESAs tidlige programforslag. FFI utarbeidet et forslag om bruk av satellitter for havovervåking som ble presentert for ESA i januar 1984. Norge krevde også at nasjonale stasjoner skulle kunne lese ned data gratis for bruk til nasjonale formål. Begge disse forslagene ble etter hvert godkjent. Dette var en sentral milepæl på veien mot et operativt havovervåkingsystem og en forutsetning for at Norge fortsatt kunne satse stort på satellittovervåking

Kampen om industrioppgavene i ESA

Norsk industri hadde i 1983 lagt inn bindende tilbud på leveranser både til satellittsegmentet og bakkeselementet. Det var stor diskusjon i PB-RS om fordeling av industrioppgaver. IK ga et tilbud på leveranse av Fast Delivery SAR-prosessor basert på CESAR til ESAs nedlesestasjon i Kiruna. ESA endret kravet til regnetid fra 8 min pr. scene til 20 min slik at det kanadiske firmaet MDA kunne få leveransen. Den norske delegasjonen protesterte på avgjørelsen da det norske tilbudet lå 20 % under i pris, samtidig som CESAR hadde tre ganger så høy ytelse. Canada ble tildelt SAR-prosessoren fordi landet ikke hadde fått leveranser til satellittsegmentet av industripolitiske grunner. Politikk gjorde at vi tapte det slaget. Et moment var også at med leveranse av SAR-prosessoren ville Norge få en for stor industriretur og Canada for liten. Norge deltok bare med 1,5 % mot Canadas 9 %. Det var en stor skuffelse da en slik leveranse ville gitt muligheter for et større marked for CESAR og medvirke til finansieringen av TTS.

Til gjengjeld fikk vi forhandlet frem en god industripakke hvor IK, Drive Electronics (senere Spacetec) og ND fikk leveransen av lavbiterateprosessoren til Kiruna-stasjonen og AME fikk chirp-generatoren til høydemåleren. Uten den svært konkurransedyktige CESAR som pressmiddel hadde vi neppe klart dette.

For Spacetec og AME ga det starten på flere senere leveranser og nye produktlinjer bygget på den kompetansen som ble utviklet.

FFI deltar i arbeidet med å få etablert en nasjonal overvåkings-tjeneste på 1980-tallet

FFI sikret seg innflytelse i de nasjonale programmene slik at utbyggingen av sivile tjenester også kunne tjene Forsvarets formål.

FFI får sentrale posisjoner i NTNFs komiteer

I Utvalg for fjernmålingsanalyse deltok FFI med Y. Lundh fra 1979 til nedleggelsen i 1981. Satellittfjernmåling var en viktig sak for Romkomiteen hvor H.K. Johansen kom med fra 1981. Romkomiteen ble så innlemmet i NTNFs Komite for elektronikk og databehandling i 1982 med samme representasjon fra FFI. Under denne komiteen opprettet NTNf et Programstyre for Teknologi og metoder for satellittanvendelser hvor Johansen ble formann. I 1985 til 1987 ble dette programstyret erstattet av en ny NTNf-komite for romvirksomhet med samme deltakelse fra FFI.

Dette gjorde at FFI hadde sentrale posisjoner i NTNFs programmer innen satellittovervåking og kunne følge opp og påvirke de nasjonale programmene. I 1987 ble Norsk Romsenter (NRS) opprettet, og FFI fortsatte arbeidet inn mot denne organisasjonen.

FFI er aktiv i planleggingen av Tromsø Telemetristasjon

FFI fulgte opp anbefalingene i NOU 1983:24 og i 1984 leverte Johansen flere forslag til NTNf om utbygging, organisering og finansiering av TTS. Det ble påpekt at ERS-1 var et eksperimentelt system, og potensielle kunder ville neppe være villige til å finansiere utbygging og drift av stasjonen. TTSs hovedoppgave ville derfor være å bidra til å utvikle brukermiljøer gjennom å demonstrere viktige preoperative tjenester. Dette kunne danne grunnlaget for senere operative tjenester drevet på kommersiell basis.

Det ble påpekt at TTS burde yte viktige sanntidstjenester og sikres en ytelse og en drift slik at stasjonen kunne inngå i ESAs distribusjonssystem for spesielle produkter til et europeisk marked. Da måtte stasjonen oppfylle



visse minimumskrav slik at den kunne virke som backup for ESAs stasjoner og gi ESA rett til å kjøpe data. TTS burde videre delta i ESAs kampanjer i samarbeid med norske brukermiljøer.

Staten ble foreslått å være hovedinteressent i TTS slik at stasjonen kunne ta ansvaret for å forhandle avtaler med internasjonale og nasjonale satellittorganisasjoner om tilgang på data. Videre burde TTS ha ansvaret for å bygge opp nødvendig utstyr for å demonstrere nye tjenester. Et datanett for spredning av nær sanntidsprodukter ble foreslått utredet.

På bakgrunn av NOU 1983:24 og videre arbeider i ID, NTNFR og FFI, besluttet Stortinget å bygge ut TSS for ERS-1 og andre formål. I St. prp. nr. 1 for 1985-86 anslo Industridepartementet, på basis av data fra NTNFR og FFI, kostnadene å være 42 mill kr. Det var antatt at stasjonen ville være selvfinansiert fra 1990 slik planen for oppskyting av ERS-1 den gang var.

Med beslutningen i Stortinget om utbygging av Tromsø Telemetristasjon i 1985 hadde vi fått en nasjonal plan for det videre arbeidet.

Norge måtte med i ESA som fullt medlem og komme med i de avgjørende siste faser av ERS-1-programmet. Organiseringen av norsk romvirksomhet og TTS gjensto også. Dette var beslutninger som måtte tas av Stortinget. En ny utredning var nødvendig.

NOU 1986:1 Norsk romvirksomhet

Igjen ble Finn Lied valgt til å lede en bredt sammensatt komite i 1985. Fra FFI deltok også Johansen. Komiteen hadde representanter fra forskningsmiljøer, industri, brukermiljøet og NTNFR. Komiteen skulle trekke opp hovedlinjene og en handlingsplan for norsk romvirksomhet og hvordan denne skulle organiseres. Komiteen la fram sin innstilling i januar 1986.

Komiteen mente at ESA ville utgjøre bærebjelken i norsk romengasjement og satte opp et overslag over kostnadene ved å delta i ESA, investeringer i infrastruktur, og følgerpenger for utvikling av industri.

Størst prioritet burde ligge på telesatellitt- og jordobservasjonsprogrammene. Komiteen

påpekte betydningen av å delta i ERS-2 og EOPP (Earth Observation Preparatory Programme) for fremtidige jordobservasjonsprogrammer.

Komiteen foreslo å organisere romvirksomheten i Norge i en egen stiftelse, Norsk Romsenter (NRS), med syv eierdepartement, deriblant Forsvarsdepartementet, og med Industridepartementet som hovedansvarlig. NRS burde ha ansvaret for Andøya rakettskytefelt og TTS, og overta aktivitetene og personene i NTNFR.

Norge blir fullt medlem av ESA i 1987

ID gjennomførte i 1986 forhandlingene med ESA om medlemskap og Regjeringen gikk inn for forslaget om fullt medlem fra 1987. (Dette var i mot Finansdepartementets anbefaling som ikke hadde registrert stor interesse fra industrien.) Med medlemskapet fulgte fulle rettigheter i ESAs programmer.

Fullt medlemskap i European Space Agency var en avgjørende beslutning på veien mot operativ bruk av satellitter for havovervåking.

Fra 1986 ble PB-RS erstattet av PB-E0 (Programme Board-Earth Observation) som tok ansvaret for ERS-2 og etterfølgende programmer innen jordobservasjon. Norge besluttet å delta i ERS-2 og EOPP. Bruk av fremtidige satellitter med SAR var da sikret. H.K. Johansen fortsatte som delegat til mai 1992. Da overtok NRS denne oppgaven alene. FFI bidro aktivt til norsk deltakelse i disse programmene. Da ESA opprettet en Rådgivende komite for jordobservasjon i tiden 1987-88 for å avklare en del viktige krav til operasjonen av ERS-1, ble Kaare Aksnes med som medlem. Vi var blitt et aktivt medlemsland i organisasjonen, spesielt på brukersiden.

FFI-prosjekter fører frem til leveranse til Tromsø i 1991

CESAR prototyp, demonstrasjonsmaskin og industrialisering

I det neste prosjektet som startet i 1983 var planen at FFI med industripartnerne skulle ha en prototyp klar i løpet av 1985. Forsvaret var kommet aktivt med i prosjektet og i finansieringen.



Nøkkelfolkene på prosjektet var de samme som i det forrige. Roar Skogstrøm kom inn på elektronikkonstruksjon. Han ble en sentral forsker i de påfølgende prosjekter. Vidar S. Andersen kom inn på programutviklingen. Herland hadde studieopphold i Japan, og Matematikkseksjonen assisterte ved behandling av SAR-bilder til han kom tilbake i 1985.

Fiskerioppsyn i tillegg til militær havovervåking var hovedfokus. I tillegg ville ERS-1 kunne brukes til isvarsling, strømvarsling og deteksjon av oljesøl for å nevne noe. Man tenkte seg at SAR-bilder fra TTS kunne overføres til et militært operasjonssenter for videre tolkning sammen med andre tilgjengelige data. Dette skulle demonstreres i første omgang ved en overføring av data til FFI.

I desember 1985, var mesteparten av CESAR bygget opp og programmert, men det gjensto fortsatt å produsere og teste ut noen VLSI-kretser. Hele systemet var simulert i detalj slik at man var rimelig sikker på at vektorprosessoren ville la seg realisere.

Bildet var ikke bare lyst. Samarbeidet med DFVLR ble avsluttet da de bestemte seg for å kjøpe den kostbare superprosessoren Crey-1. FFI-prosjektet hadde stor gjennomtrekk av forskere og ingeniører. Under dette og de etterfølgende prosjektene forlot over 50 dataekspertene prosjektet. Norske databedrifter vokste raskt, og de støvsuget markedet for folk. FFI ble en utdanningsinstitusjon av dataekspertene i tillegg til at vi skulle utvikle krevende ny datamaskinteknologi.

Mer alvorlig var at FFI hadde utviklet de kritiske kretsene i NMOS-teknologi mens det var CMOS som ville være den fremtidsrettete teknologien. Ledelsen tok da en drastisk beslutning i begynnelsen av det neste prosjektet i 1985. Med CMOS-kretser kunne vi redusere antall kretskort fra 130 til 13. Dette ville gi en mer konkurransedyktig maskin. Men det betydde at kretsene måtte konstrueres om. Dette var en dristig avgjørelse så sent i utviklingen. Med forsinkelsene i ERS-1-programmet med oppskytningen i 1988-89 (den skulle vise seg å skje i 1991) tok vi sjansen.

Det ble en del utskiftninger av nøkkelfolk i 1985-86. Søråsen gikk til UiO og Vidar Andersen overtok som prosjektleder og

ansvaret for programvareutviklingen da Haugland gikk over til Forsvarets Tele- og Datatjeneste. Morten Toverud fikk ansvaret for maskinvareutviklingen. Av nye medarbeidere som ble med i flere år, kan nevnes Harald Blom, Bård Tokerud, Per Atle Våland, Halvor Bjordal, Steinar Johnsrud, Ivar Tansem og Kjell Arntzen.

Kravet til regnehastighet for en operativt sett sanntidsbehandling av SAR-dataene var satt til 8 min for en 100 x 100 km scene med 25 m pixelstørrelse. Da ville alle data som var lest ned ved TTS være prosessert før satellitten etter 90 min kunne være innenfor dekningsområdet igjen. CESAR måtte da klare 320 MFLOPs i effektiv regnehastighet. Ingen annen jordstasjon var planlagt med lignende prosesseringskapasitet.

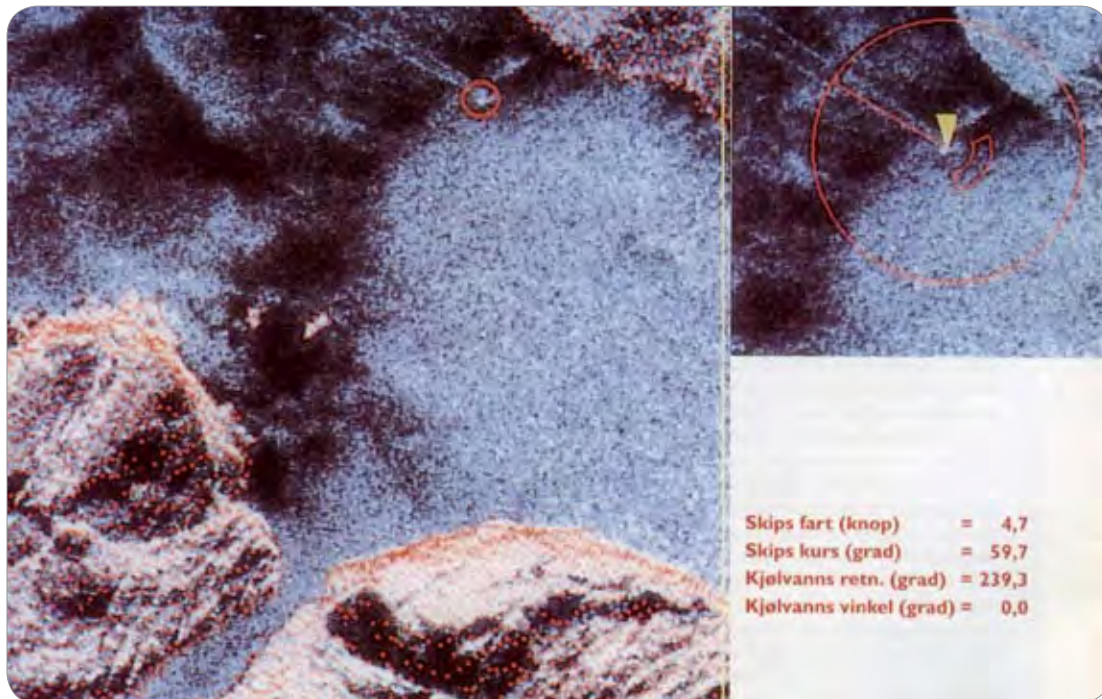
Ved forlengelsen av prosjektet til høsten 1989 oppsto en alvorlig krise til. Det var ulike oppfatninger i Forsvaret om prosjektet, og pengestøtten stoppet. Flere mente at Norge var et for lite land til å kunne ha en egen nedlesestasjon for operative formål. Vi burde overlate dette til stormaktene og lage avtaler med disse om tilgang på data. Med Erik Klippenbergs og Nils Holmes hjelp ble forsvarssjefen, gen. Bull Hansen, presentert for våre planer og muligheter. Han ga så grønt lys for videreføringen.

I 1989 hadde FFI en CESAR-maskin som produserte SAR-bilder raskere enn kravet. Videre hadde vi dataassisterte analyser av SAR-bilder og et opplegg for overføring av data fra TTS til et eksperimentelt brukersenter for Forsvaret.

I 1989 nådde FFI en viktig milepæl ved ferdigstillingen av CESAR demonstrasjonsmaskin.

Vi var ikke helt i mål. FFI hadde inngått avtale med ND om å assistere med industrialisering slik at de kunne levere et anlegg til Tromsø Satellittstasjon (TSS), det nye navnet på TTS.

I et eget prosjekt assisterte FFI ND med industrialiseringen av demonstrasjonsversjonen av CESAR for leveranse i 1991. TSS bisto med oppbyggingen av hele prosesseringskjeden for SAR. Morten Toverud ledet prosjektet, godt hjulpet av forskere og inge-



Automatisk deteksjon av skip i trange farvann.

niører fra det forrige prosjektet. Problemer med leveransene av de kompliserte VLSI-kretsene gjorde at det ble en mer hektisk innspurt enn forventet, men produksjonsversjonen av CESAR ble levert i tide.

Tidlig i 1991 leverte Norsk Data den første CESAR til Tromsø Satellittstasjon.

Anvendelser av satellitter for etterretning og havovervåking

Allerede i 1984 ble det igangsatt utvikling ved Matematikkseksjonen av metoder for dataassistert deteksjon av fartøyer og kjølvannsstriper under ulike værforhold for å effektivisere overvåkingen av aktiviteten i aktuelle farvann. FFI gjennomførte også en studie for ESA på skipsdeteksjon. Den viser FFIs sterke posisjon på bildebehandling.

Utvikling av skipsdeteksjon ved Kaare Aksnes og Terje Wahl var viktig for den sentrale anvendelsen av SAR-data.

Ved årsskiftet 1988/89 gikk Kaare Aksnes over i ny stilling som professor i astronomi ved Universitetet i Oslo, og Matematikkseksjon ble lagt ned. De fleste forskerne ble overført til satellittprosjektene på Avd. E.

På Avd. E startet et anvendelsesprosjekt i 1988 med Einar-Arne Herland som leder. Det varte til 1991. Herland flyttet til Finland sommeren 1989 der han bygget opp Finlands SAR-miljø. Terje Wahl overtok prosjektledelsen, en lederrolle han skulle ha i 12 år.

Wahl ledet også arbeidet med havovervåking hvor han fikk med seg Åge Skøelv på analyse av SAR-bilder. Knut Eldhuset ble arvtakeren etter Herland på algoritmeutvikling. Han ble en av de ledende i Europa på effektive og nøyaktige algoritmer for ulike SAR-systemer. Dan Weydahl startet med å undersøke bruk av SAR-bilder for landovervåking. Kjell Viken ledet utviklingen av et eksperimentelt brukersystem, også kalt DIMAS, for operatørstyrt analyse av satellittdata. Han hadde med seg Olav Dahle og Helge Sanden, et trekløver som arbeidet sammen i mange år.

Sivile satellitter med optiske sensorer som LANDSAT og SPOT hadde fått en oppløsning som gjorde bildene interessante for militære formål. Pål Bjerke fikk ansvaret for å behandle slike bilder i tillegg til SAR-bilder. SPOT hadde en pixelstørrelse på 10 x 10 m. Gjennom stereobilder var det mulig å lage 3D-kart. Det ble utviklet metoder for kartlegging av veier, terrenghøyde, infrastruktur, vegetasjon, osv. For Forsvaret var kartlegging

av Kolahalvøya og tematiske kart over norske områder spesielt interessant. Både Etterretningstjenesten og Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT) så stor nytteverdi av dette arbeidet.

Dette skulle bli en vedvarende tjenesteutvikling for Forsvaret. Bjerke utviklet digitale topografiske kart med vegetasjonsdata i aktuelle områder med upålitelige kart. Dette arbeidet ble gjennomført i nær kontakt med Statens Kartverk i tillegg til FMGT. Det ble startet opplæring av Forsvarets personell og overføring av programmer. Etter hvert ble oppløsningen fra sivile satellitter vesentlig bedre og tjenestene ytterligere forbedret.

På FFI ble SATOV-laben bygget opp som et eksperimentelt datasystem for nær sanntids

havovervåking med operatørstøttet deteksjon av skip fra SAR-bilder. Man kunne beregne posisjon, fart og kurs avhengig av værforholdene. I tillegg ble det startet utvikling av algoritmer for deteksjon av vindfronter og strømskjær med sikte på bruk for militær oseanografi. Det ble også demonstrert overføring av SAR-data fra Tromsø til FFI.

Forsvaret fikk en første leveranse av et eksperimentelt system DIMAS for operatørstyrt analyse av satellittdata.

De første store skrittene med å utvikle anvendelser av satellittdata var tatt. Nå måtte metodene grundig evalueres bl.a. gjennom kontrollerte forsøk med ERS-1-data før Forsvaret kunne etablere en operativ tjeneste.



CESAR-installasjon ved Tromsø Satellittstasjon.



Tromsø Satellittstasjon blir nasjonal nedlesestasjon for ERS-1

Organiseringen av TSS og Norsk Rom-senter (NRS)

TTS ble en egen stiftelse i 1986 med Forsvarsdepartementet som ett av syv eierdepartement. Direktør Erik Klippenberg ble formann, men trer ut året etter. Da ble NRS opprettet som en stiftelse under ID slik NOU 1986:1 anbefalte. FFI kom ikke med i styret, men Erik Klippenberg ble leder for NRSs Råd. Det hadde representanter fra en rekke interesseorganisasjoner. Nils Holme overtok formannsvervet da han ble utnevnt til FFIs direktør i 1993.

I 1987 ble Olav Holt, direktør ved NORUT og tidligere forsker ved FFI, styreformann i TTS med H.K. Johansen som nestleder. Stasjonen ble omdøpt til Tromsø Satellittsenter (TSS) året etter. Han satt i styret til utgangen av 1990. Da ble TSS omorganisert og lagt inn under NRS. Den videre utviklingen av stasjonen fulgte Johansen opp gjennom deltakelse i faglige råd og grupper under NRS. FFI var meget aktiv med i planleggingen og oppfølgingen av oppbyggingen av TSS i disse årene.

I 1987 startet utbyggingsprosjektet for ERS-1 ved stasjonen med en ramme på 45 Mkr. I tillegg kom bygninger og annen infrastruktur. På slutten av året fikk ND med IK og FFI som underleverandører kontrakt på leveranse av SAR-prosessoren. Spacetec fikk ansvaret for installasjonen av anlegget og utvikling av utstyr og programvare for datalagring, distribusjon og monitorering – en omfattende leveranse.

Stasjonen forhandlet med ESA om leveranse av spesielle SAR-produkter og ble kvalifisert. TSS fikk noen mindre oppdrag for ESA da ERS-1 ble operativ.

Tromsø Satellittstasjon åpnes som nedlesestasjon for ERS-1 i 1991

ERS-1 ble skutt opp 17. juli samme år og gjort tilgjengelig for brukere senere på året. TSS ble offisielt åpnet 27. september 1991 av Lars Uno Thuling, Departementsråd i ID. Det var en merkedag i norsk romvirksomhet.

Det var investert nær 60 Mkr i nedlesestasjonen for ERS-1. Store deler av leveransene kom fra norsk industri. Rådataene ble

lagret på en båndstasjon, systemet finner de prioriterte scener og CESAR prosesserer et quick-look bilde og et 100 x 100 km bilde med full oppløsning 20 x 16 m (31,5 Mpx) på under 8 min.

Under åpningen ble det satt uoffisiell verdensrekord i å levere radarbilder til brukere. En halv time etter at dataene fra ERS-1 ble mottatt kom de første bildene til brukerne.

SAR-bildene kunne overføres via INTELSAT eller jordnett til brukere som i første omgang var Nansensenteret, Oseanor, Forsvaret og ikke minst, FFI.

En nasjonal milepæl var nådd. Norge har en operativ stasjon som kan lese ned ERS-1-data og prosessere disse i nær sann tid, den eneste i Europa egnet for operativ havovervåking.

De andre jordstasjonene til ESA og i Tyskland og UK egnet seg bare til forskningsformål og eksperimenter.

Forsvaret ga verdifull støtte til utviklingen over mange år

Etterretningsstaben (FO/E) så tidlig betydningen av å utvikle egenkompetanse innen satellittovervåking. Gjennom samarbeidspartnere hadde Norge en viss tilgang på satellittbilder fra militære satellitter. Norge kunne også lese ned satellittdata i Nord-Norge, men hadde begrenset evne til selv å prosessere rådata frem til bilder. Med solid egenkompetanse ville det være lettere å få informasjon fra samarbeidspartnere innen Nato og USA. Nils Holme var kontaktpunktet mot FO/E. Han bidro til at en nøkkelperson som Terje Kristensen var godt informert. Dette bidro til at FO/E ga avgjørende støtte til prosjektene ved FFI og var med i prosjektrådene.

Da FFI etter hvert prosesserte SAR-bilder av høy kvalitet og i nær sann tid, viste Kristensen og Holme bildene til viktige samarbeidspartnere. De bekreftet senere at våre bilder holdt minst like god kvalitet om ikke bedre enn det de selv hadde prosessert.

Dette ble innledningen til et utvidet samarbeid, bl.a. med USA om nedlesning og leveranse av bearbejdede SAR-bilder fra ERS-1 for militær oseanografi. Dette ga sårt



tiltrente midler til bearbeiding av satellitt-data for våre egne formål og var med på å sette Norge på kartet som en av de ledende nasjoner hva gjaldt nedlesing og nær sanntidsprosessering av SAR-bilder.

FFI etablerte videre et godt samarbeid med Forsvarskommando Nord-Norge, og da spesielt med SJØOPS. FKN ble etter hvert en viktig samarbeidspartner og bidro avgjørende til finansieringen av FFIs prosjekter, ved evaluering og demonstrasjon av nye tjenester under øvelser og preoperativ bruk av SAR-data for havovervåking.

Det nære samarbeidet med FO/E og FKN var avgjørende for at prosjektene ved FFI kunne bli gjennomført.

FFI utvider samarbeidet om satellittovervåking til Western European Armament Group (WEAG)

Det var viktig å komme med i europeisk samarbeid om vi skulle kunne videreutvikle bruk av overvåkingssatellitter for Forsvarets formål. Et utvidet samarbeid om forsvarsmateriell og forsvarsforskning var etablert under WEAG. Panel II, Forsvarsforskning, var meget aktivt. Så langt hadde WEAG ikke arbeidet med satellitter.

I 1989 foreslo H.K. Johansen for WEAG å etablere en Common European Priority Area, CEPA 9 on Satellite Surveillance. Forslaget ble vedtatt kort tid etter, og Norge ved ham fikk formannskapet. Det første møtet i CEPA 9 ble holdt i Oslo i desember samme år og det første programmet for aktiviteten ble akseptert av deltakerne i 1990. Det dekket teknologiutviklinger av stor betydning for Norge.

De fem første prosjektene som ble vedtatt, hadde en ramme på 25 mill €. Disse prosjektene var ment å dekke utvikling av kritisk teknologi for hele kjeden av hovedkomponenter som inngår i et satellittbasert overvåkingssystem. Forsvarsdepartementet godkjente og finansierte tre av prosjektene etter FFIs anbefaling. Det gjaldt nye teknologikonsepter hvor Terje Wahl deltok aktivt, sanntidsprosessering og databehandling, samt bakkestasjonsteknologi, de to siste med norsk ledelse.

Disse prosjektene dannet rammen for senere oppfølgings- og videreutviklingsprosjekter. Dette har fortsatt helt til i dag (2006). Det var IK og etter hvert mer og mer Spacetec som ledet industrikonsortiene. FFI hadde ansvar for kritiske delprosjekter. Terje Wahl og Vidar Andersen vekslet om å lede myndighetenes Styringsgrupper.

Norge fikk en sentral plass i utviklingen av konsepter og ikke minst innen databehandling med sanntidsprosessering og nedlestasjoner. Spacetec utviklet viktige deler av sin jordstasjonsteknologi for hurtig datahåndtering gjennom disse prosjektene. Dette ga teknologi som ble brukt i TSS og i systemer som ble solgt på verdensmarkedet. Gjennom disse arbeidene markerte FFI og norsk industri seg som kompetente partnere med ledende teknologi på nær sanntidsbehandling av data fra radarsatellitter.

FFI hadde nådd målet med å komme i inn-grep med sentrale forskningsmiljøer innen militær satellittovervåking i Europa.

Vestunionen forsøker å etablere et romprogram

Før 1995 hadde ikke Europa egne militære overvåkingssatellitter og Den europeiske vestunionens (VEUs) satellittsenter (WEU Satellite Centre) i Torreón utenfor Madrid samlet inn data fra sivile satellitter og analyserte disse på oppdrag fra militærkomiteen i VEU og fra medlemslandene.

CEPA 9 etablerte kontakt med WEU Satellite Centre for å sikre at prosjektene var kjent av og koordinert med senterets planer, samtidig som Norges kompetanse ble synliggjort.

VEU hadde 10 medlemmer. De var både EU- og Nato-medlemmer, mens Norge var assosiert medlem uten stemmerett gjennom sitt Nato-medlemskap. H.K. Johansen tok initiativet til at Norge kom med i samarbeidet i WEU Satellite Centre, og Forsvarsdepartementet utpekte Etterretningsstaben og FFI ved ham som norske medlemmer. Nå kunne vi starte å arbeide oss inn i de aktuelle programmene.

En oppgave var å medvirke til å endre rettingene til de assosierte medlemmer slik at de kunne ha personell ved satellittsente-



ret og kunne bestille tolkede satellittdata. Dette løste seg og FO/E hadde personell ved senteret i perioder, deltok i Senterets ressursgruppe og bestilte en del tolkede data. Videre kom vi med i den overordnede policy-gruppen WEU Space Group.

Først i 1995 fikk Europa den første militære, optiske overvåkingssatellitt HELIOS gjennom et samarbeid mellom Frankrike, Italia og Spania. De tre landene aksepterte at Satellittsenteret kunne få bearbeide bilder under strenge vilkår. Som assosiert medlem fikk vi ikke direkte adgang til disse dataene.

På WEAGs konferanse i 1994 presenterte Johansen CEPA 9s strategi. Måldokumentet ga verdifulle bidrag til en mulighetsstudie ved VEU i 1995 av et europeisk militært satellitt-overvåkingssystem. De europeiske nasjonene gjennom VEU så muligheten av å etablere og operere satellitter med optiske sensorer og SAR-instrumenter.

VEUs Space Technical Working Group skulle utrede kravene til et mulig militært overvåkingssatellittsystem i Europa. Synliggjøringen gjennom CEPA 9 gjorde at Johansen kom med i gruppen, og studier utført ved FFI kunne inkorporeres i arbeidene.

VEU tenkte seg at Tyskland skulle være en ledernasjon for militære radarsatellitter, HORUS, og Frankrike på satellitter med optiske sensorer, HELIOS 2. Det ble utredet en norsk bakkestasjon for HORUS.

Det tegnet til å bli et militært satellittbæret overvåkingssystem som Norge kunne komme med i.

Men utviklingen skulle bli en annen, som vi senere skal se.

Videreutvikling av CESAR og anvendelser av satellittovervåking 1991-95

Praktiske anvendelser av ERS-1

Nå når ERS-1 var i bane, demonstrerte FFI med det samme teamet, ledet av Terje Wahl, praktiske anvendelse frem til 1996. Forsvaret, NRS og FD gjennom WEAG-prosjektene finansierte arbeidene.

ERS-1 opererte i et annet bølgelengdeområde enn SEASAT (5 cm mot 21) Hva betydde det for muligheten til å detektere fartøyer under forskjellige værforhold? Omfattende målekampanjer var nødvendig. Mer enn 1000 SAR-bilder fra ERS-1 ble analysert på

FFI viste på 1990-tallet deteksjon av skip og oljesøl. Instituttet var en aktiv pådriver for operativ bruk.



ERS-1 SAR-bilde, 25 m oppløsning, tatt utenfor Gøteborg 5. august 1991

Det første SAR-bildet som FFI mottok fra Tromsø Satellittstasjon etter oppskytingen av radarsatellitten ERS-1. Her kunne man se skip, kjølvann, oljesøl og spennende oseanografiske fenomener.



FFI SATOV-laben. SAR-bilder ble sammenlignet med informasjon fra kystradarene og havnekontorene. I tillegg ble meteorologiske vind- og bølgedata innhentet. Det ble innledet samarbeid med Defence Research Agency i UK, og data og informasjon ble utvekslet. Det ble også gjort opptak under Natos flåteøvelser. Etter hvert tegnet det seg et bilde av muligheter og begrensninger for operativ bruk av ERS-1 for deteksjon av skip. Ved vindstyrker over ca. 8 m/s ble de fleste strukturer i sjøen visket ut, og det ble vanskelig å detektere mindre skip. ERS-1 var en utmerket satellitt for å se oljesøl og større krigsskip, men den var ikke til å stole på når det gjaldt fiskefartøyer som typisk er 40 til 50 m lange i sterk vind.

SAR-bilder fra TSS ble overført til FFI straks CESAR hadde prosessert dem via en 2 Mb/s satellittlink. SATOV-laben ble et eksperimentelt operasjonssenter hvor FFI kunne tolke SAR-bilder 1-2 timer etter satellittpassering. Sammen med FKN demonstrerte FFI operativ og taktisk bruk av ERS-1-bilde under militærøvelser. Da ble tolkede SAR-bilder sendt fra FFI til SJØOPS på Reitan på faks. Dette demonstrerte at radarsatellitter kunne gi interessant tilleggsinformasjon i et sjøinvasjonssenario. En studie sammen med Systemgruppen ga samme resultat.

Under den store Nato-øvelsen Strong Resolve i 1995 demonstrerte FFI hvordan marinefartøy kunne detekteres og grovklassifiseres i norske kystfarvann. Dette var medvirkende til at Forsvaret besluttet å opprette et tolkningssenter for radarsatellittbilder. FFI gjennomførte opplæring i tolkning av SAR-bilder og betjening av brukersystemet DIMAS. Et anlegg for operativt bruk ble levert av FFI. Dette ble så brukt under øvelsen Battle Griffin i 1996.

Opprettelsen av Forsvarets tolkningssenter for prøvedrift markerte en viktig milepæl.

Forsvaret var også interessert i observasjon av isforholdene i arktiske farvann. Med ERS-1 var det mulig å detektere iskant og type av is. Dette ble demonstrert brukt under tokt med H.U. Sverdrup nord om Novaja Zemlja. Det ble også gjennomført målekampanje og tokt sammen med Polarinstituttet på

deteksjon av isfjell i Barentshavet, betalt av oljeindustrien.

Virvler, indre bølger og strømskjær i havet var ofte synlig i SAR-bildene. Under en Nato MILOC-kampanje i Vestfjorden bidro FFI under toktene med tolkede bilder. Resultatene var lovende. Slike fenomener kunne påvirke sonarforholdene. Arbeidet ble derfor fortsatt bl.a. i samarbeid med ledende miljøer i USA og UK. Det var fortsatt lang frem til en operativ tjeneste.

Deteksjon av oljesøl ble også evaluert. Gjennom en demonstrasjonskampanje i 1992-93 ble ERS-1-bilder overført til FFI hver dag for analyse, og tolkningsresultatene sendt SFT som disponerte fly for verifikasjon. Igjen viste demonstrasjonen at SAR-bilder kunne gi viktig informasjon.

FFI videreutviklet algoritmene for deteksjon av olje. Disse ble overført til TSS som etablerte en kommersiell oljesøltjeneste i 1995-96. TSS fikk oppdrag for flere nordsjøland.

En ny oljesøltjeneste ble etablert ved Tromsø Satellittstasjon basert på FFIs mangeårige arbeid.

Refleksjon fra naturlige og menneskeskapte objekter på land ble studert grundig av Weydahl og sammenliknet med flyfoto og ved befarung. Det ble lagt ned mye arbeid i å utvikle metoder for forandringsdeteksjon og teste ut dette for aktuelle militære objekter. Omfattende arbeider ble gjort, men det var vanskelig å etablere praktiske anvendelser med den oppløsningen ERS-1 hadde.

En helt ny metode basert på interferometri syntes å gi nye muligheter. Ved hjelp av data fra to satellittpasseringer i baner med få meters separasjon var det mulig å beregne forskjellen i gangavstanden fra et objekt til satellitten i de to banene. På denne måten kunne man få en oppløsning i vertikalretningen på noen cm! Det krevde nøyaktige baneberegningensprogrammet som Per Helge Andersen hadde videreutviklet, til nytte. Metoden bød på ett stort problem. Hvis scenen endret seg fra passering til passering, noe som ville være typisk for vegetasjon i vind, ble bildet uklart, signalene ble inkoherente. For operativt bruk ville det være best å ha to antenner



på samme satellitt for å sikre koherens. Det var et godt stykke frem til operativ bruk.

FFI arbeider videre med CESAR-teknologi og anvendelser for nye satellitter med SAR

Allerede i 1990 startet FFI med videreutvikling av CESAR-teknologien. ND med FFI fikk en ny kontrakt for ESA for å studere om CESAR kunne utvikles til å prosessere en 100 x 100 km scene på 2 min, dvs. fire ganger hurtigere. Løsninger ble funnet og nye kretser prøvet ut. Ny VLSI-teknologi kunne øke hastigheten på vektorenheten åtte ganger og flere enheter kunne parallellkoples. CESAR-arkitekturen hadde store vekstpotensialer.

Morten Toverud gikk til Tandberg og Per-Atle Våland overtok prosjektledelsen fra slutten av 1992. Ellers fortsatte nøkkelpersonene.

En ny versjon av CESAR med doblet regnehastighet (600 MFLOPS) ble fullført i 1993. Den var styrt av en standard arbeidsstasjon og kunne programmeres i standard-språket C.

CESAR hadde en superdatamaskins regnekapasitet hva gjaldt vektoroperasjoner mens prisen bare var en brøkdel. En rekke anvendelser syntes mulig. For Forsvaret var deteksjon av stillestående ubåter blitt mer krevende. Instituttets avdeling for undervannsforsvar (Avd. U) hadde utviklet nye regnekrevende signalbehandlingsmetoder som ville øke rekkevidden og nøyaktigheten til sonarer med lange, tauede antenner med et stort antall hydrofoner. Bjordal førte dette arbeidet frem til en komplett sanntids LOFAR-prosessering på CESAR. Underveis i utviklingen ble ytelsen vellykket demonstrert med data fra Nato-prøver og var med på å styrke FFIs omdømme innen undervannskrigføring.

Dette ledet til at IK og senere KDA ga tilbud på sonarsystemer til ubåter. På midten av nittiårene ble det gjort prøver med LOFAR-prosessering og tauede antenner på Kobbenklasse UVBer. Imidlertid skulle det ta mange år før et anskaffelsesprogram kom på plass for Ula-klassen UVB-er. Da var CESAR ikke lenger aktuell da nye kraftige arbeidsstasjoner var blitt raske nok, men algoritmene og kunnskapen ble brukt.

FFI hadde også et prosjekt innen Storskala-beregninger under ledelse av Øyvind Andreassen. Her ble det bl.a. utviklet meget regnekrevende algoritmer for lydbølgeforplantning i grunne farvann. CESAR kunne være interessant for å møte det store regnebehovet for mulige anvendelser. Hvis det lyktes, kunne det gi et "kvantesprang" i evne til deteksjon under vann. Det ble forsøkt å utvikle slike anvendelser gjennom flere prosjekter. Det skulle imidlertid vise seg vanskelig å etablere praktiske anvendelser. Arbeidene ble derimot viktige når det gjaldt å studere strømningsfenomener for vitenskaplige formål.

Innen SAR-prosessering ble det frem mot 1997 utviklet nye, svært nøyaktige algoritmer ved FFI som også kan brukes på radarsatellitter med 1 m oppløsning og med bevaring av fase slik at dataen kan brukes interferometrisk, som omtalt tidligere. Algoritmene ble kommersialisert av Spacetec.

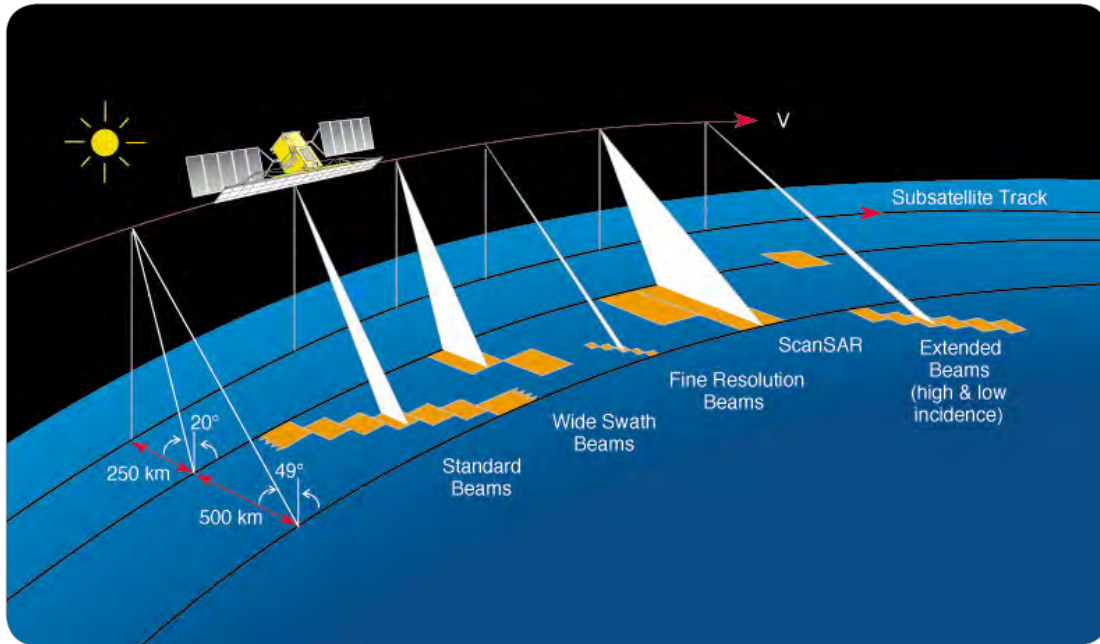
ESA fullfinansierte utviklingen av metoder for prosessering av data fra nye, mer avanserte SAR-instrumenter som ScanSAR på den planlagte nye radarsatellitten ENVISAT. Eldhuset hadde utviklet en spisskompetanse på SAR-algoritmer og FFI hadde algoritmene klar da nye anvendelser bød seg. Først ute med ScanSAR var den kanadiske RADARSAT.

ERS-2 og RADARSAT-1 sikrer operative overvåkingstjenester

Nye satellitter

Med bare ERS-1 i bane, var det vanskelig å etablere sikre, operative tjenester. Fra 1996 av ble situasjonen en annen. ERS-2 blir skutt opp i 1995. Den var en kopi av ERS-1 som fortsatt var operativ. Overlappfasen mellom de to satellittene viste seg å bli hele fem år. ERS-2 er fortsatt operativ, 10 år etter. Dette økte dekningsområdet av norske områder. I tillegg kunne man gjennomføre nye eksperimenter, bl.a. med interferometri.

Canadian Space Agency (CSC) hadde over flere år utviklet RADARSAT. De så et behov for spesielt isovervåking av sine farvann. Dette ville gi viktige tjenester til skipsfarten. FFI var godt kjent med programmet og startet tidlig utvikling av algoritmer som kunne håndtere de avanserte modi dette SAR-instrumentet hadde. Satellitten ble skutt



RADARSATs mange operasjonsmodi.

opp sent i 1995 og har så langt feiret sitt tiårsjubileum i bane.

Med ScanSAR økte dekningen dramatisk slik at en operativ tjeneste for norske farvann ville forbedres vesentlig. Med en 300 km stripe og 50 m pixelstørrelse ville en full dekning pr. døgn være mulig. Radarstrålens vinkel med havoverflaten kunne endres. Det ville gi bedre evne til å detektere mindre fartøyer.

CSC ga Radarsat International (RSI) rett til å kommersialisere SAR-produktene. For Norge ble det viktig å sikre tilgang til SAR-data fra RADARSAT. Derfor inngikk NRS og TSS avtaler med CSC og RSI om lisenser og rettigheter til salg. På basis av disse avtalene kunne TSS bygges ut til å håndtere både ERS-1, 2 og RADARSAT-1.

Flere satellitter var under utvikling, Norge deltok i ESAs utvikling av ENVISAT. Denne ville videreføre ERS-1-satellittene, men i tillegg få en rekke nye SAR-modi som kunne gi økt deteksjonsevne. En RADARSAT-2 var også planlagt i tillegg til flere europeiske. Dette lovet godt for mer langvarige operative tjenester.

TSS bygges ut til å håndtere data fra RADARSAT i 1996

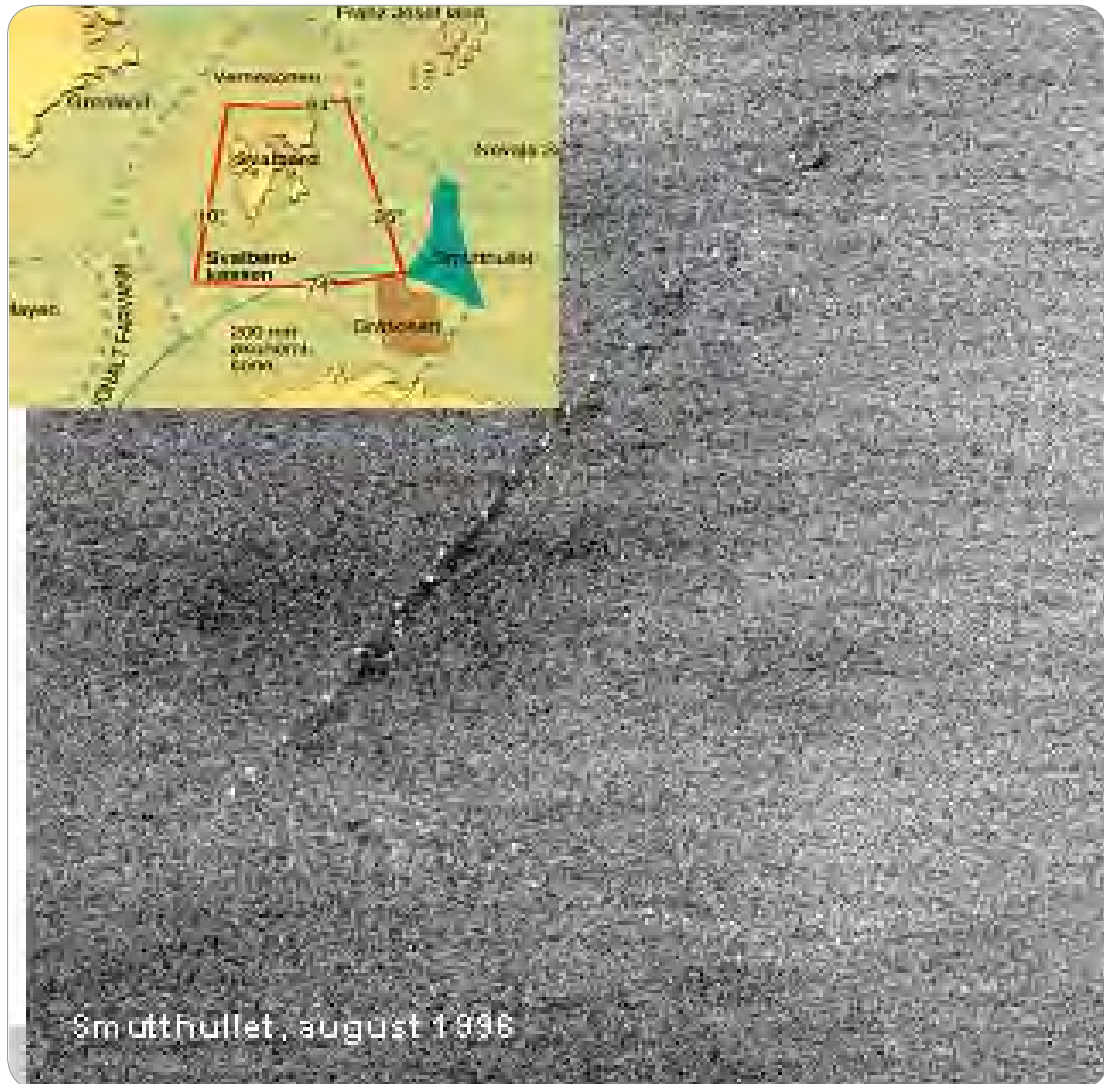
FFI deltok aktivt i arbeidsgrupper og i Nasjonal rådgivingsgruppe for jordobservasjon som

NRS hadde opprettet bl.a. for planleggingen av den videre utbygging av TSS. Terje Wahl kom stadig mer med i disse gruppene og overtok FFIs rolle da H.K. Johansen gikk over til å lede utviklingen av FFIs Gruppe for næringsstrategi i 1996. Vidar Andersen overtok samme år som ansvarlig forskningssjef.

Det var Kongsbergbedriftene Spacetec og IK som fikk ansvaret for leveransene til TSS.



Kompakt CESAR for prosessering av SAR-data fra ERS-1/2 og RADARSAT ved TSS.



Det første RADARSAT-bildet viste mer enn 40 utenlandske trålere som fisket i Smuttuhullet i Barentshavet inntil grensene til norske soner.

FFI hadde i lengre tid forberedt teknologi og anvendelser for de nye satellittene. Alle de nye funksjonene var utviklet som f.eks. ScanSAR og overført til industrien. I tillegg hadde FFI utviklet en kompakt CESAR som var industrialisert av IK. Denne CESAR-maskinen hadde en ytre form som en sylinder. Som en kuriositet kan det nevnes at prosessoren fikk Designprisen da den ytre form gjenspeilte den sylindriske matrisen av prosessorer.

FFIs algoritmer for oljesøtdeteksjon ble overført til TSS som etablerte en kommersiell oljesøtdeteksjonstjeneste. TSS fikk oppdrag for SFT og flere nordsjøland. TSS etablerte også en rekke andre tjenester for sivile myndigheter og leverte data til Forsvarets tolkningscenter. TSS var den første stasjonen utenom Ca-

nada som kunne levere bilder fra RADARSAT i tillegg til nye, nær sanntidstjenester.

TSS etablerte i 1995 en full operativ satellittbasert havovervåkingstjeneste.

FFI evaluerer de nye tjenestene og utvikler nye

FFI hadde ventet på RADARSAT i mange år og var spent på om man ville få de ytelseser som var forventet. Allerede det første SAR-bildet TSS prosesserte ga grunn til stor optimisme.

Bildet vakte betydelig oppsikt. Båtene ligger som gjerdestolper på grenselinjene til Svalbardsonen og økonomisk sone.



SATOV-gjengen og noen gjester ved avslutning av siste SATOV-prosjekt. Fra venstre: Thorkild Kåsa, Pål Bjerke, to representanter fra FO/E, Åge Skælv, Knut Eldhuset, Helge Waastad, Terje Wahl, Else Kurland, Dan Weydahl, Olav Dahle, Kjell Viken, Morten Hoff (FMGT) og Helge Sanden.

FFI evaluerte ytelsene hva gjaldt skipsdeteksjon og etablerte brukertabeller til støtte for operatørene. Forsvaret hadde nå en grundig forståelse for hvordan radarsatellitter kunne brukes for operativ havovervåking. Etter en prøvedrift i 1996-97 gikk Forsvarets Tolkningssenter i 1998 inn i en operativ fase med bruk av sivile radarsatellitter for skipsdeteksjon. Også her var Norge først ute.

Forsvarets Tolkningstjeneste blir fullt operativ i 1988 og SAR-bilder brukes rutinemessig av Kystvakten.

FFI hadde over flere år arbeidet med å utvikle og demonstrere mulige tjenester innen militær oseanografi. Dette arbeidet ble ytterligere intensivert da Richard Olsen ble ansatt. Han hadde verdifull erfaring innen dette feltet fra Canadian Center for Remote Sensing (CCRS). Sammen med veteranene hadde FFI nå en gruppe med svært høy kompetanse.

Flere hundre SAR-bilder av hav- og kystområder ble analysert. Under flåteøvelsen Strong Resolve i 1998 deltok FFI og sendte operativ kommando informasjon om strømskjær.

Denne informasjonen ble brukt i ubåt-operasjoner. Det ble også utviklet en lovende metode for beregning av vind, en viktig informasjon for varsling av strøm. Dette var lovende resultater. Det ble etablert samarbeid med Meteorologisk institutt og Forsvaret med sikte på å utvikle operative tjenester. Dette arbeidet pågår fortsatt (2006).

Det er gjennom flere år gjort grundige studier ved FFI av hvordan forandringer i den naturlige bakgrunn, punktmål og infrastruktur framtrer i SAR-bilder. RADARSAT har en modus med 10 m oppløsning som gir noen interessante muligheter, men operativ bruk krever 3 m eller bedre. Dette er ytelser planlagt bl.a. for RADARSAT-2.

FFI har etablert en komplett kjede for meget nøyaktig interferometriske SAR-opptak gjort på forskjellige datoer. Svalbard ble valgt som testområde, noe som Norsk Polarinstitutt har nyttiggjort seg til å studere isbreenes bevegelse. Spacetec har industrialisert algoritmene gjennom et WEAG-prosjekt som de ledet. Interessante militære anvendelser er under arbeid.



ENVISAT kommer i bane

ESAs siste prestisjeprosjekt innen jordobservasjon, den 7,9 tonn tunge ENVISAT, kom i bane 1. mars 2002 etter to års forsinkelser. Gjennom deltakelse i planleggingsgrupper i ESA og NRS var FFI med på å forberede en utbygging av TSS. FFI hadde i mange år arbeidet med algoritmer for å utnytte de mange nye modi og forberedt tjenester som denne satellittens SAR-instrument kunne gi. Disse arbeidene ble lagt til grunn for den videre utbygging av stasjonen.

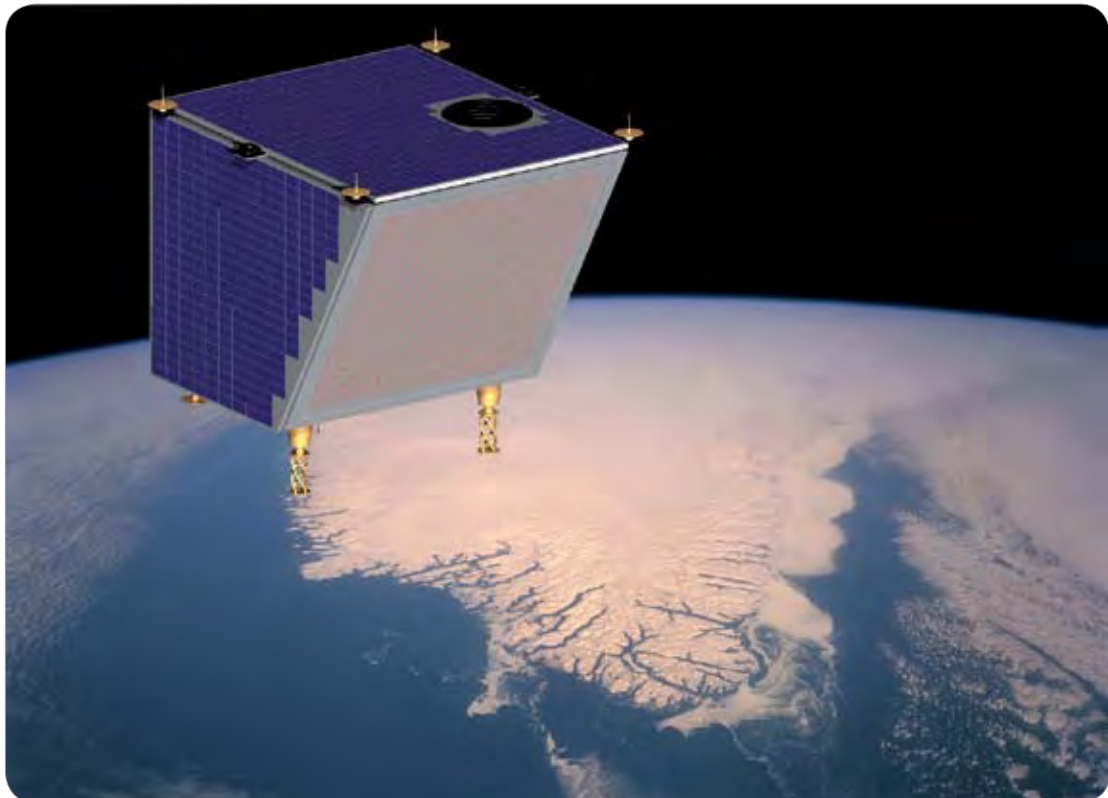
FFI samarbeidet med Kongsberg Spacetec og TSS for å forberede utbyggingen av tjenestene der. Forbedrede algoritmer for SAR-prosessering gjør at Norge fortsatt ligger i teten internasjonalt. Nye kraftige arbeidsstasjoner gjør at prosessering nå kan gjøres uten spesialmaskiner som CESAR. ENVISAT har ScanSAR og nye modi som to polariseringer som kan øke evnen til å detektere skip. FFI har gjennomført en omfattende evaluering av ENVISATs evne til å detektere skip, oljesøl og oseanografiske fenomener.

ENVISAT er en eksperimentell satellitt, men SAR med flere polariseringer planlegges også for RADARSAT-2 som skal opp i 2006. En operativ tjeneste vil kunne utnytte denne kunnskapen til å øke evnen til å detektere fartøy, oljesøl og oseanografiske fenomener under vanskelig forhold.

Norsk småsatellitt

Sputnik-1 veide under 100 kg, men satellittene ble raskt større. Utover på 1990-tallet ble det imidlertid fornyet interesse for små satellitter da teknologien gjorde det mulig å miniatyrisere mange instrumenter. Også Avdeling for elektronikk (Avd. E) så muligheter for bruk av små satellitter. Et forslag til en norsk forskningssatellitt, NISSE (Norwegian Ionospheric Small Satellite Experiment) ble først fremlagt, men lyktes ikke å få den nødvendige støtte fra Norges forskningsråd.

FFI så imidlertid en mulig militær anvendelse av småsatellitt for overvåking. En lytte/peile-satellitt for bruk til havovervåking så ut til å kunne realiseres innenfor en ramme på ca. 50 kg. NSAT-1 gikk igjennom de ulike trinnene, Fase-O, Fase-A og Fase-B i årene



Småsatellitt utviklet ved FFI. Her i tenkt bane.

1998-2003. Sentralt i dette arbeidet sto Bjørn T. Narheim (som også hadde ledet NISSE-teamet) og Torkild Eriksen. Han ble senere prosjektleder for NSAT-1 Fase B. Gudrun Høye ble også ansatt i denne perioden.

FFI ledet også et WEAG CEPA 9-prosjekt om bruk av mikrosatellitter for overvåking. Den norske innsatsen var godt synlig internasjonalt.

En rekke bedrifter kom med i arbeidet med NSAT-1, deriblant Kongsberg Defence and Aerospace (KDA), Ericsson Radar og Spacotec. Mottakerantenne og signalprosessering ble vurdert til å være de mest kritiske elementene. Her var det nøyaktighetskravene som presset prisen i været. FFIs Fellesverksted laget en fullskala modell av satellitten, som ble utstilt flere steder. Bendik Sagsveen var sentral her.

NSAT-planen vakte betydelig oppmerksomhet utenfor Norges grenser. Forsvaret viste stor interesse og NSAT var med i Forsvarssjefens militærfaglige utredning i 2003 som en opsjon, men nådde ikke opp i den siste omgangen med harde prioriteringer. Forsvaret skulle gjennom en alvorlig slankekur og

det var ikke rom for en norsk småsatellitt. St. Prp. nr. 42 og det påfølgende iverksettelsesbrevet høsten 2004 sa klart ifra at arbeidet med en nasjonal militær småsatellitt skulle stoppes.

En liten trøst, NSAT-teamet vant premien for årets beste FFI-Rapport både i 2001 (for Fase-A rapporten) og i 2003 (for Fase-B rapporten). Gudrun Høye vant også premie for beste foredrag på en småsatellittkonferanse i Berlin.

Kort resymé av de siste års utvikling – hva kom ut av innsatsen

CESAR og satellittovervåking har gitt FFI stor publisitet

Utviklingen av superdatamaskinen CESAR og overvåking med radarsatellitter ga FFI mye PR. Hel og halvsides artikler med bilder i avisene ga bred dekning av utviklingen og gjorde prosjektet viden kjent. Noen få eksempler på overskrifter:

- Aftenposten 12. juli 1983: Superdata-anlegg utvikles på Kjeller
- Arbeiderbladet 28. juli 1983: Norsk data-revolusjon "Storebror ser deg" på Kjeller

Oljesølet brytes ned av uværet

Sterk vind og høye bølger bryter store deler av oljesølet fra «Braer» ned i havet.

ROLF L. LARSEN

På grunn av det ekstreme været på Shetland og i farvannet rundt øygruppen ligger sannsynligvis deler av oljen som lekker ut fra «Braer», ca. 20-30 meter under overflaten. Deler av oljesølet er brutt helt ned i sjøen, mener forskere Aftenposten har vært i kontakt med.

Det første bildet fra miljøsatellitten ERS-1 over havaristen ble tatt natt til søndag. Det var overskyet med regn- og haglbyger over Shetland, og bølgehøyden var mellom fem og seks meter.

— Vi fikk natt til søndag meget viktig informasjon om miljøsatellitens muligheter og begrensninger, sier forsker Terje Wahl og avdelingsjef Henry Kjell Johansen ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på Kjeller.

Det er første gang miljøsatellitten ERS-1 blir «støtet» mot oljesøl ved en større oljekatastrofe til sjøs, og norske forskere får nå ene-



— EKSPERTENE: Avdelingsjef Henry Kjell Johansen (lv) og forsker Terje Wahl fra FFI studerer satellittbildene fra havaristen ved Shetland.

Foto: PER TO

Fra Aftenposten januar 1993: H.K. Johansen og Terje Wahl studerer satellittbilder fra havaristen ved Shetland.

Norsk ledertrøye i satellitt-prosjekt

Av DAG TINHOLT

ASKER: Norge har fått ledertrøyen i et stort, internasjonalt satellittprosjekt. Prosjektet skal komme frem til effektive systemer for fjernmåling av jordoverflaten, og er en del av EUCLID-samarbeidet mellom de europeiske NATO-landene.

EUCLID skal utvikle europeisk forsvarsindustri på utvalgte områder.

Belgia, Tyskland, Italia og Norge deltar i prosjektet.

Norges andel i prosjektet er 20 millioner kroner.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har skrevet en fire-årig kontrakt med Informasjonskontroll AS i Asker for å utvikle teknologi som skal behandle militære data fra radar-satellitter.

Kontrakten er på 80 millioner kroner.

Prioriterte

EUCLID-programmet har en



Fra Norsk Næringsliv 1999: Administrerende direktør Ingmar Nyheim (t.v.) og prosjektleder Morten Toverud i Informasjonskontroll AS, viser frem datamaskinen CESAR. CESAR er utviklet for sivile og militære formål. Selskapet skal nå lede deler av et europeisk satellittprosjekt.

- Akershus 19. desember 1986: Superhjerne født på Kjeller (førsteside pluss ny omtale to dager senere: Slik ser CESAR Nedre Romerike om natta).
- Dagens næringsliv 8. august 1990: ND og FFI med supermaskin
- Aftenposten 13. juli 1991: Slik ser Norge alt på havet i nord
- Akershus 16. august 1993: Markerer FFI på Europakartet
- Befalsbladet nr. 7/93: Gjennombrudd for norsk satellittteknologi: Ser alt i Barentshavet
- Kapital DATA nr. 2/1999: Historien om hvordan topphemmelig militær teknologi ble til supercomputing for alle

Det ble holdt en rekke foredrag om CESAR og havovervåking på ulike nasjonale konferanser som Studiemøtet, Kursdagene på NTH, NTNf, NHO, og internasjonalt i ESA, Nato, WEAG, IEEE, EARSel-ESA og i andre faglig renommerte fora. En rekke publikasjoner, alt fra overordnede systembeskrivelser til dyptpløyende artikler om signalbehandling og datateknologi, gjorde FFI kjent i det internasjonale superdatamaskin- og jordobservasjonsmiljøet. Bidragene inn mot ESA og WEAG CEPA 9 ble også lagt merke til.

SATOV-låben ble flittig besøkt av besøkende til FFI i alle disse årene. Omtaler av CESAR brukt for havovervåking var fast punkt på agendaen ved viktige besøk.

Neste generasjons multiprocessor og avslutningen av prosessorutviklingen på FFI

Under det løpende CESAR-prosjektet ble det i 1992-94 utviklet en funksjonell modell av en



neste generasjons vektorprosessor basert på CESAR-konseptet. Den ville få en kapasitet 100x høyere enn den eksisterende! Dette ville være behovet dersom full sanntidsprosessering av SAR-data var ønskelig ifølge en WEAG-studie Norge ledet.

IK fikk støtte fra Statens Nærings- og Utviklingsfond (SND) til å utvikle denne maskinen i samarbeid med FFI. H.K. Johansen satt i styringsgruppen. Vidar Andersen hadde ledet et parallelt prosjekt med å utvikle en meget hurtig bildbehandlingsprosessor for sanntidsanalyse av bilder fra en IR-sensor (BASIS). Disse kunne videreutvikles og knyttes sammen med et meget hurtig nettverk utviklet av Dolphin.

Imidlertid ble det besluttet å terminere utviklingen av en ny vektorprosessor med egenutviklede kretser i 1994. Det hadde ikke utviklet seg umiddelbare behov i Forsvaret for en så hurtig prosessor, og utviklingen ville være kostbar. Men samarbeidet med IK fortsatte. Utviklingen av mikroprosessorer gikk så raskt at man bestemte seg for å basere seg på standardprosessorer knyttet sammen i det hurtige datanettverket FFI hadde basert utviklingen på. Også annen kunnskap fra CESAR ble overført. Det ble etter hvert IK som førte an i utviklingen av en skalerbar superprosessor som ble markedsført under navnet SCALI.

På FFI fortsatte nøkkelpersonene fra CESAR i andre prosjekter. Hurtig signalbehandling av sonar og radio/radarsignaler åpnet for videre utvikling av spesialprosessorer og videreutvikling av algoritmer utviklet under CESAR-prosjektet. Et aktuelt bruksområde var bistatisk radar. Ut over SAR ble dette den videre vei i utviklingen av FFIs prosessor- og signalbehandlingskompetanse etter 1997.

Forsvarets bruk av sivile radarsatellitter

Forsvaret bruker i dag radarsatellittdata operativt som støtte til fiskerioppsyn og overvåking av skipstrafikk i nordområdene. Kystvakten melder inn sine behov for støtte til Landsdelskommando Nord-Norge (LDKN), som sammen med Forsvarets tolkningssenter utarbeider plan for bestilling av SAR-bilder. FFI har videreutviklet dataanlegget for operatørstøttet tolkning og tabeller for forventet deteksjonsevne.

SAR-data fra radarsatellitter leses ned i Tromsø og overføres til Tolkningscenteret. Der utarbeider operatørene rapporter som sendes til LDKN og resten av Forsvaret i form av meldinger som kan leses direkte inn i de operative kommando- og kontrollsystemene. Før endelig bruk i operasjonsrommet, sammenfattes disse rapportene med annen informasjon fra rapporteringssystemet AIS, kystradar samt andre rapporter. På denne måten blir mest mulig informasjon sammenfattet om hvert fartøy som detekteres. Deretter kan det avgjøres om noen av fartøyene bør inspiseres nærmere.

Militær satellittovervåking – den senere tids utvikling

VEU lyktes ikke med å etablere et europeisk militært radarsatellittsystem HORUS med Tyskland og Frankrike som de sentrale aktørene, og med Norge som mulig partner i 1996. Dette til tross for at de europeiske stormaktene erklærte at overvåking med egne satellitter skulle gis høyeste prioritet. Etter store nedskjæringer i forsvarsbudsjettet kunne ikke Tyskland finansiere gjennomføringen av programmet.

WEU Satellite Centre ble overført til EU i juli 2001 som EU Satellite Centre (EUSC). Senteret samler viktig etterretningsdata som støtte til EUs Sikkerhets- og forsvarspolitik, spesielt ved krisehåndtering. Som et byrå under EUs Råd, har Norge fått redusert innflytelse i senteret sammenlignet med tidligere og kan ikke lenger delta i dets styre. Etterretningsstaben kan bruke senteret, men kan ikke regne med å få tilgang til spesielt følsom informasjon. FFI deltar fortsatt i brukerkomiteer.

Først i tidsrommet 2006-08 får Tyskland et operativt militært system med fem satellitter kalt SAR-Lupe. Med pixelstørrelse på 0,5-3 m avhengig av modus, er systemet spesielt egnet for landovervåking. Flere land ble invitert til å delta i industrikonsortiet som bygger satellittene. Tyskland og Frankrike planlegger et felles senter for behandling av SAR-Lupe og HELIOS 2-data. DLR vil skyte opp to satellitter, TerraSAR-X i samme tidsrom. Deres ytelse kunne være interessante for Norge. DLR har invitert til samarbeid.

I WEAG CEPA 9 overtok Terje Wahl formannskapet i mai 1998 og førte linjene videre slik at CEPA 9 fortsatte å være en av de mest



vellykkede CEPA-ene i WEAG. I 2003 overtok Belgia formannskapet og Richard Olsen ble medlem. Prosjekter med militær oseanografi ble etablert og Richard Olsen ble styringsgruppeleder og Spacotec konsortieleder. Også et prosjekt om mikrosatellitter ble ledet av Norge.

Innen EU etablerte Militærkomiteen et sett av European Capability Action Plan (ECAP)-grupper som skulle foreslå europeiske programmer som skulle bryte på mangler ved EUs Reaksjonsstyrke. Richard Olsen kom med i en gruppe om satellittovervåking. Sammen med Frankrike bidro Norge mest i arbeidet med å definere kravene til et europeisk satellittsystem.

EU etablerte European Defence Agency (EDA) og WEAG og ECAP-ene ble overført til det nye byrået i løpet av 2005. Norge kan delta i prosjekter under EDA, men er stengt ute fra styrende organer. Det er usikkert om Norge kan få spille samme rolle i EUs virksomhet innen militær satellittovervåking.

Utviklingen videre for nedlesestasjonen i Tromsø

TSS hadde problemer med å tjene nok penger på leveranser av satellittjenester. I et forsøk på å utvide kundebasen og rasjonalisere operasjonene av satellittstasjonene på høye breddegrader, ble svenske Rymdbolaget 50 % eier sammen med NRS fra 1995. Dette viste seg ikke å gi den effektivisering som var ventet, nasjonale interesser veide tyngst. Spesielt ble dette et problem under arbeidet med en stasjon ved Longyearbyen.

I 2002 kjøpte KDA Rymdbolagets andel. Kongsberg Satellite Services (KSAT) drifter nå Tromsøstasjonen, nedlesestasjonen som ble bygget opp på Svalbard (SvalSat), og en jordstasjon ved Grimstad. SvalSat har en ideell beliggenhet ved at den kan se alle omløpene til polare satellitter. Den har derfor fått mange oppdrag for sivile fjernmålings- og meteorologiske satellitter. Ifølge Svalbardtraktaten kan ikke Forsvaret bruke denne stasjonen for militære formål. Den videre utbyggingen i Tromsø var derfor viktig for å dekke Forsvarets behov for SAR-bilder.

Tjenestene som FFI har utviklet og implementert ved KSAT, er:

- Nær sanntids SAR-bilder
- Skipsovervåkingstjenester
- Oljesøltjenester i kyst- og havområder
- Tjenester for isovervåking og isvarsling i Arktis
- Bølgespektertjenester basert på SAR-data for bølgevarsling

I tillegg kommer den vellykkede nødtjenesten COSPAS/SARSAT.

KSAT leverer regelmessig SAR-data til Forsvarets tolkningstjeneste, og samarbeidet med FFI fortsetter.

Betydningen av FFI-prosjektene for industriutviklingen

FFI inngikk et samarbeid med ND allerede i 1979. FFI anskaffet Nord-maskiner for bruk i de første prosjektene, og personer fra ND oppholdt seg ved FFI. ND frontet CESAR-prosjektet utad ved inngåelse av kontrakter bl.a. mot ID og ESA. Industrialiseringen av CESAR ble finansiert av NTNFR, ID og ESA. Særlig viktig ble NDs innsats ved produksjonen av det første CESAR-anlegget levert til TSS i 1991.

Samarbeidet førte ikke til en satsing på superprosessorer. ND kom i en krisesituasjon i 1987 og valgte å fokusere på "core business". ND benyttet ikke kompetansen og den første leveransen til å komme inn på superprosessormarkedet. Ansvaret for CESAR ble overtatt av et nystartet firma med folk fra ND. FFI mente at dette firmaet ikke ville ha styrke til å markedsføre og videreutvikle CESAR og terminerte samarbeidet.

FFI overførte videreføringen til IK som ble kjøpt opp av KDA. IK hadde vært med i prosjektet i mange år og hadde ansvaret for programmeringen av CESAR. IK fikk underleveranser til det første CESAR-anlegget til TSS, og fikk flere kontrakter fra ESA. IK industrialiserte den kompakte, neste versjon av CESAR som ble installert ved TSS i 1996. Den ble forsøkt solgt til andre kunder uten at det lyktes. Men IK fortsatte samarbeidet med FFI om en neste generasjon CESAR. Som tidligere nevnt resulterte dette i multi-prosessorer kalt SCALI.



I 1997 ble det dannet et eget selskap, SCALI, delvis eiet av KDA. Dette selskapet har lyktes med å levere superprosessorer av forskjellige størrelser til en rekke større bedrifter innen olje, bilproduksjon, aerospace, osv. og til universiteter og institusjoner over hele verden. SCALI vurderes å være meget konkurransedyktig på pris, og har et konsept som kan følge opp den raske utviklingen på prosessorsiden.

Spacetec i Tromsø hadde arbeidet inn mot TTS siden det ble startet i 1982 (fra Drive Electronics). De fikk ansvaret for å bygge opp installasjonen for ERS-1 levert til TSS i 1991. Dette omfattet utvikling av utstyr og programvare for datalagring, distribusjon og monitorering. I 1994 kjøpte KDA Spacetec. Det ble Kongsberg Spacetec og ikke Kongsberg Informasjonskontroll som skulle ha ansvar for utstyr til SAR-prosessering.

Spacetec fikk ansvaret for utbyggingen av TSS til å prosessere RADARSAT-data i 1996, med IK som underleverandør av den kompakte CESAR. Det ble den siste leveransen av CESAR.

Mye av Spacetecs kompetanse var utviklet gjennom et nært samarbeid med FFI over mange år og gjennom WEAG CEPA 9-prosjekter som de ledet, spesielt innen utvikling av kritiske datahåndteringssystemer for satellitter med SAR. FFI inngikk avtaler med Spacetec om industrialisering av nøyaktige SAR-algoritmer og anvendelsesprogrammer for bl.a. skipsdeteksjon og oljesødeteksjon. Spacetec implementerte dem på kraftige arbeidsstasjoner som ble markedsført med stort hell på verdensmarkedet. Spacetec ble nå en av de ledende leverandører av systemer for analyser og til nedlesestasjoner for SAR-data.

Spacetec fikk store oppbygningsoppgaver ifm. SvalSAT og andre stasjoner basert på den brede kompetansen de etter hvert har bygget opp, og utbyggingen av KSAT for ENVISAT som kom i bane i 2002. De har en ledende posisjon innen dette segmentet.

FFI fortsetter utvikling av nye og bedre operative anvendelser av satellittovervåking

FFI fortsetter å utvikle forbedrede tjenester basert på tilgjengelige overvåkingssatellitter. Det utvikles metoder og konsepter for bruk

av satellittdata i nettverksbasert forsvarsstruktur (NbF), og det ytes støtte til øvelser og til operasjoner hjemme og internasjonalt. Målet er å demonstrere bruk av data fra nye satellitter i hovedkvarter og i felt og videreutvikle havovervåking og den nasjonale kapasiteten til å lese ned, prosessere og analysere rombaserte sensordata. FFI vil også fortsette å yte støtte til Forsvarets tolkningscenter.

Videre er FFI i ferd med å demonstrere og få etablert en operativ tjeneste for meteorologisk og oseanografisk informasjon til Sjøforsvaret i samarbeid med Meteorologisk institutt. Informasjonen vil effektivisere operasjonene til fregatter og UVB-er.

Med avtalene om å lese ned RADARSAT 2 ved KSAT vil Norge også få adgang til SAR-data med høy oppløsning egnet for landovervåking. Deltakelse i europeiske programmer er også aktuelle.

Et annet viktig arbeid er å overføre data fra AIS-transponderne for registrering av fartøysdata over satellitt. I dag overføres dataene til radiostasjoner på land, noe som begrenser rekkevidden. KSAT har en tjeneste med å integrere skipsobservasjoner med radar-satellitter og AIS. Lykkes FFI med å få til en satellittoverføring, vil man ha realisert det konseptet FFI skisserte på 1970-tallet og som man så på som det optimale satellittovervåkingssystem.

FFI vil fortsette å spille en viktig rolle fremover og satellittovervåking er en moden tjeneste som blir stadig viktigere for Forsvaret.

**Forkortelser**

AIS	Automatic Identification System
AME	Aksjeselskapet Mikroelektronikk
CCRS	Canadian Centre for Remote Sensing
CEPA	Common European Priority Group
DFVLR	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft und Raumfahrt
EDA	European Defence Agency
EOPP	Earth Observation Preparatory Programme
ERS	Earth Remote Sensing
ESA	European Space Agency
ESRO	European Space Research Organisation
FD	Forsvarsdepartementet
FKN	Forsvarskommando Nord-Norge
FMGT	Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste
ID	Industridepartementet
IK	Informasjonskontroll
KDA	Kongsberg Defence & Aerospace
KSAT	Kongsberg Satellite Services
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ND	Norsk Data
nm	Nautiske mil
NRS	Norsk Romsenter
NTH	Norges Tekniske høyskole
NTNF	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd
PB-RS	Programme Board for Remote Sensing
RSI	Radarsat International
SAR	Syntetisk apertur radar
SATOV	Satellittovervåking
SFT	Statens Forurensningstilsyn
SJØOPS	Sjøoperasjonssenteret på Reitan
TSS	Tromsø Satellittstasjon
TTS	Tromsø Telemetristasjon
VEU	Den europeiske vestunion
VLSI	Very Large Scale Integration
WEAG	Western European Armament Group

Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne – et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi
4. Radiolinjer
5. Virkninger av kjernevåpen
6. Spredning av stridsgasser
Kamouflasje
7. Ildledning og navigasjon
8. Luftvern og sårbarhet av flystasjoner
Olje, gass og norsk sikkerhet
9. Bildebehandling og mønstergjenkjenning
10. Noen spesielle teknologiområder
11. Elektrooptikk
12. Nærhetsbrannrør for 81 mm bombekastergranat
13. HUGIN – Utvikling av autonome undervannsfarkoster ved FFI
14. Bioenergi
Teltovn M 94 – flytende brensel
Hermes og Jeeves
15. Batteriteknologi
16. Kommunikasjon
17. Fellesverkstedets utvikling 1953-2003
18. Nevrobiologi
Strålingsbiologi
19. Ionosfæreforskning

