

Fra Forsvarets forskningsinstitutt

HISTORIE



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



Radiolinjer

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 ved publikasjonsavdelingen. 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



Radiolinjer

En av de fremste prosjektene ved FFI etter etableringen i 1946 var utviklingen av mikrobølge radiolinjer. Telefonsambandet i Norge var i ytterst dårlig forfatning og ved Avd R satte en raskt i gang å utvikle utstyr for å etablere radiolinjeforbindelser fra fjelltopp til fjelltopp som etter hvert skulle dekke hele landet, både militært og sivilt. Det ble en stor suksess. Foruten å skaffe landet et moderne og effektivt telesamband resulterte det også i industriell produksjon med eksport til en rekke land.

En revolusjon innen norsk telekommunikasjon

Tanken om et norsk kommunikasjonssystem basert på radiolinjer ble unnfanget i England under Den annen verdenskrig. Blant de som var kommet over fra Norge i årene 1941-42 var en del ingeniører og universitetsfolk som etter hvert fikk arbeid i britiske forskningsinstitutter. Britene manglet fagfolk innen flere felt, særlig radioteknikk, og dette førte til at flere norske spesialister ble mobilisert av Forsvarets overkommando (FO). En del av dem hadde også hatt forbindelse med britiske forskere tidligere. Noen av spesialistene arbeidet med utvikling av mikrobølgerlinjer, noe som var spissteknologi på den tiden.

Etter frigjøringen våren 1945 ble det raskt satt i gang forskning på flere felter, der en fant lokaler og et passende fagmiljø, selv om Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) ikke ble formelt opprettet før 11. april 1946.

Avdeling for radar (Avd R) startet i Bergen

Avd R begynte sin virksomhet i Christian Michelsens Institutt (CMI) lokaler på Florida i Bergen. Etter et års tid overtok FFI halvparten av en to-etajers brakke som tidligere hadde vært tysk militærpsykehus. Den andre halvparten ble disponert som norsk militærpsykehus. På området var også en mindre brakke som ble det første tilholdssted for Avdeling for telekommunikasjon (Avd T). Da Avd T siden flyttet til Kjeller, overtok Avd R også denne lille brakken, som ble benyttet som bolig for vaktmester Kåre Pettersen og som mekanisk verksted. Her holdt også Ernst Jacobsen til, som arbeidet med prosjektet "Forglemmeiei", et utviklingsprosjekt for søke- og lyttmottaker for radar.

De første ansatte på forskningssiden var Knut Martinsen, Ernst Jacobsen, Hjalmar T. Christensen og Alex Krag. Senere kom:

Sture Koch og Peder Thorvald Hiis, 1947
 Andreas Tønning og Haakon Sørbye, 1948
 Nic Knudtzon, 1949
 Karl Wilhelm Ekeland og Herman Daae, 1950
 Finn Olesen, 1951
 Frantz Karsten Smith, 1953
 Dag Gjessing, 1954
 Johannes Johnsrud, 1955
 Tore Wessel-Berg, 1957
 Erik Gjeruldsen, 1959.

Avd R satser på radiolinjer

Avdelingen sto overfor et viktig prioriteringsproblem når det gjaldt satsningsområde: Radarteknikk eller mikrobølgesamband. En skjønte hva radarteknikken ville komme til å bety for handelsflåten og fiskeriene, som begge var blant de ledende i verden, og en visste at Forsvaret satt inne med god teknologisk kunnskap innen radar. Den amerikanske og engelske industri var også kommet langt når det gjaldt produksjon av slikt utstyr.

Når det gjaldt telefonsamband, så sto det dårlig til i Norge. Telegrafverkets telefonnett var ikke på langt nær landsdekkende, dessuten var det nedslitt etter fem års okkupasjon. Det tok flere år å få innlagt telefon, og det kunne ta flere timer å få satt opp en rikstelefonamtale, selv til dobbelt "il-takst". Telegrafverket sto overfor enorme problemer med utbygging av sine telefonlinjer, enten som luftlinjer eller med jordkabler. Dette langstrakte fjellandet skapte nesten uovervinnelige tekniske og økonomiske problemer.

Ideen om radiolinjer kom i en gymnastikksal Helmer Dahl og Ernst Jacobsen hadde erfaring med mikrobølgerlinjer fra England. I

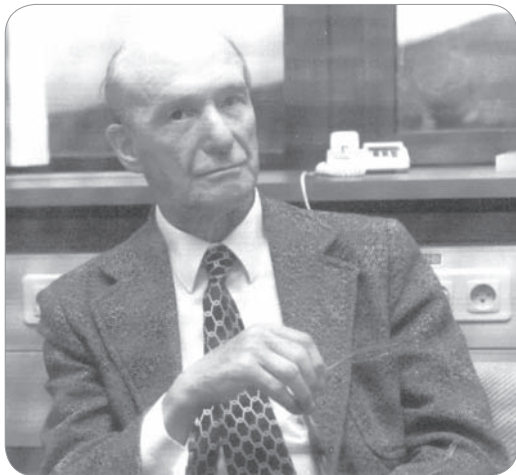


1944 bygget de en enkel sender og mottaker med klystronrør, som de eksperimenterte med i gymnastikksalen i en nedlagt skole nær Guildford i Surrey. Ved modulasjon av reflektorspenningen fikk de frekvensmodulasjon på en enkel måte. Her fikk de ideen om et norsk telesamband basert på radiolinjeforbindelser fra fjelltopp til fjelltopp. Med en slik teknologi kunne en dra fordel av landets særegne topografi som ellers skapte så enorme problemer.

Den engelske hæren hadde allerede utviklet et mobilt sett i 6 cm-båndet, som ble brukt under invasjonen i Normandie, så mikrobølgeteknikken var ikke ny.

Helmer Dahl ville satse på radiolinjer. Kommunikasjon var en forutsetning for å knytte landet sammen, mente han, og det hadde en topografi som ga spesielle problemer og spesielle muligheter. Vi hadde en spredt bosetning som skilte oss ut fra alle andre land vi kunne sammenlikne oss med. Dessuten hadde vi fagfolk som behersket det nyeste innen elektronikk.

Dahl hadde klare oppfatninger om at utviklingen skulle gjøres av Avd Rs eget personell og ingen andre. De hadde den beste kunnskapen og trengte ikke eksperter og konsulenter utenfra. Til å begynne med skulle avdelingen ha bare én oppgave: Et fast radiolinjeopplegg



De norske radiolinjenes rette far er Helmer Dahl, her fotografert i et av Christian Michelsens Instituttets lokaler i 1992, 50 år etter at han i England fikk ideen som skulle gjøre Norge til et foregangsland innen telekommunikasjon.

for militært bruk i Norge. Når denne oppgaven var løst, var det ingen øvre grense for hva de kunne gjøre, mente Dahl. Han mente dessuten at utfordringen lå mest i fjellarbeidet, ikke i det radiotekniske. Han la vekt på at en måtte ta den nødvendige tid til forundersøkelser og også la forskerne selv ha sin egen utvikling med studiereiser og eventuelt ta doktorgrader. Dahl ville ikke ha noen innblanding av forståelsegpåere utenfra. Dette skulle de klare selv.

De første forsøk

Absorpsjonsmålinger i atmosfæren

Det første prosjektet ved avdelingen var utvikling av mikrobølgeapparat for måling av absorpsjon i atmosfæren på grunn av nedbør. Det var det Knut Martinsen og Haakon Sørbye som gjorde. Senderen var en pulsmodulert refleksklystron type 723 A/B med 20 mW utgangseffekt i X-båndet (3 cm bølgelengde), og samme type klystron ble også benyttet som lokaloscillator i mottakeren. Transmisjonsprøvene ble utført over en strekning på ca. 5 km over Bergen by mellom Fløyen og Nattland.

Senderen

Peder Th. Hiis ble hovedpersonen på sender-siden. Basert på koaksialteknikk konstruerte han et fødehorn for antennene, en bølgeomåler, effektmåleutstyr og standbølgeutstyr, samt den første utgaven av mikseren. Han behersket også snart bølgelederteknikken og konstruerte utstyr og filtre med denne teknikk. I de tidligere forsøk hadde en separate antenner for sender og mottaker, men en innså snart at bl.a. av plasshensyn måtte en ha felles sender/mottaker-antenne i stasjonene.

I tillegg til sin faglige dyktighet hadde Hiis meget gode lederegenskaper, noe som førte til at han ble forskningssjef i 1955.

Mottakerne

Haakon Sørbye fikk ansvaret for mottakerne i radiolinjene. Han konstruerte mellomfrekvensforsterkere, kretser for automatisk volumkontroll (AVC) og automatisk frekvenskontroll (AFC) og tilhørende kraftforsyninger. Han var en meget iderik elektroniker og utviklet blant annet ulike instrumenter for kvalitetsmåling og en spesiell måleoppstilling for trimming av mellomfrekvensforsterkere.

I mars 1951 dro han til General Post Office i England med ett års stipendium fra NTNF (Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd) for å studere radiolinjer.

Modulasjonsteknikk

Nic Knudtzon fikk sin diplomoppgave definert av Helmer Dahl i april 1947. Oppgaven gikk ut på å undersøke en ultrabølgeoverføring med henholdsvis pulsbreddemodulasjon og frekvensmodulasjon for å fastlegge de to systemers fordeler og mangler og om mulig å gi en vurdering av hvilket system som er det mest fordelaktige.

Knudtzons diplomoppgave dannet opptakten til anvendelsen av moderne informasjonsteori i Norge. Etter denne oppgaven ble han i 1948 sendt til MIT (Massachusetts Institute of Technology) for å arbeide blant skaperne av den moderne elektronikk. Høsten 1949 kom han tilbake til Avd R for å arbeide med modulasjonsteknikken for radiolinjene. Valget falt til slutt på FM på grunn av det tekniske utstyr som da kunne skaffes. Senere fikk han som oppgave å stikke ut traseen for radiolinjen Bergen - Oslo.

Passiv reflektor Florida - Rundeman

Den første prøveinstallasjon med radiolinje gikk fra Avd R på Florida til Rundeman via en passiv reflektor, da man ikke hadde fri sikt. Reflektoren ble utviklet av Andreas Tonning etter et studiebesøk i Sveits sammen med Haakon Sørbye og P Th. Hiis. (Fredrik Møller fant at disse var så viktige nøkkelpersoner at han nektet å la dem reise med samme fly).

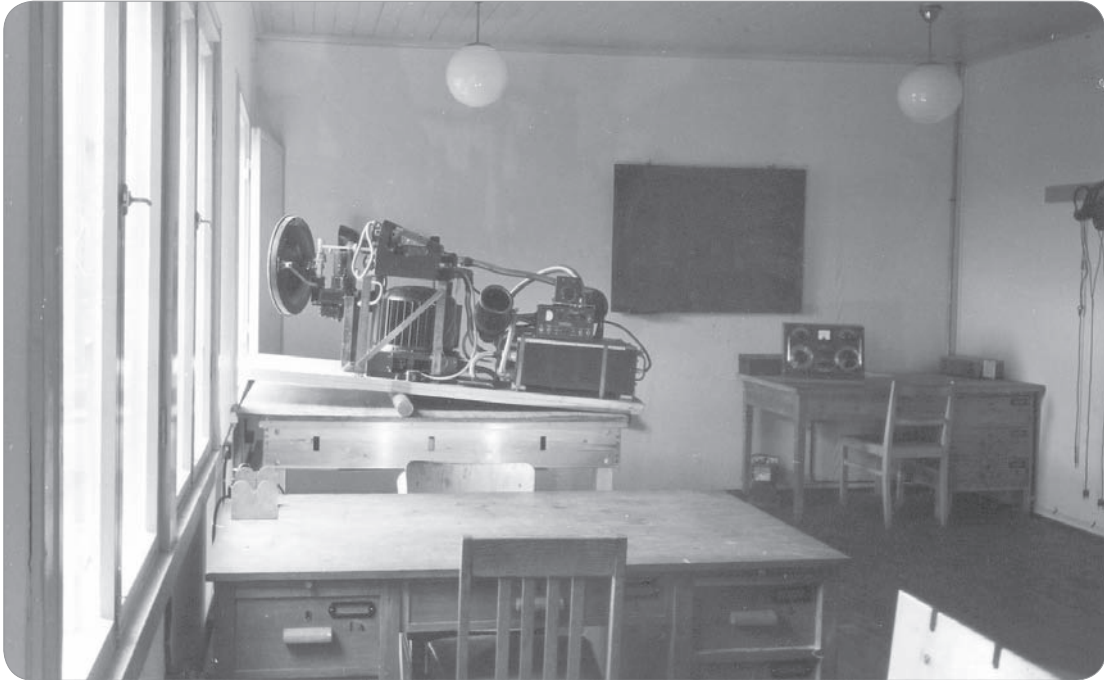
Det var radiolinjeforbindelse bare én vei, med vanlig trådsamband tilbake. Bærefrekvensutstyr for 8 kanaler, MEK 8, var lånt fra Telegrafverket, som hadde overtatt dette etter tyskerne. Det var egentlig beregnet på trådsamband og gikk med forskjellig bærefrekvens i A- og B-retning. Hver kanal hadde båndbredde 300 - 2600 Hz, og total båndbredde for begge retninger var 60 kHz.

Klarsignal for prøvesamband Bergen - Stavanger

Det formelle klarsignal for etablering av et prøvesystem for radiolinjer kom fra Forsvarsstaben i et hemmelig skriv datert 5. mars 1948. Luftkommando Vestlandet hadde et sterkt behov for en pålitelig direkteforbindel-



Demonstrasjon på "Jacobsens stasjon" på Fløien 1949. Fra venstre major Aasen, general Berg, general Florelius, oberst Selmer og kaptein Jacobsen.



Mottaker på "Jacobsens lab" 1950.

se mellom Bergen og Sola, og Sjefsnemnda Vestlandet gikk inn for at FFI fikk gå i gang med å prøve et radio relésystem mellom Bergen og Stavanger (eller Sola flyplass). Dette sluttet Forsvarsstaben seg til.

Oberstløytnant Bjørn A. Rørholt var en av dem som tidlig forsto hvilken betydning radiolinjer ville ha for Forsvaret og var hele tiden en pådriver for utviklingen av et militært samband, både i Norge og innenfor NATO. Etter at Forsvarets Fellessamband (FFSB) ble etablert i 1953, med oberst Rolf Palmstrøm som sjef, var Bjørn Rørholt teknisk sjef de første fem år. Fra 1958-68 var han sjef for FFSB.

Fra høsten 1949 ble det full fart i arbeidet med radiolinjene, etter at de innledende forsøk var gjennomført, og man hadde ordnet seg med laboratorier, verksted og kontorer i to brakker etter tyskerne ved CMI.

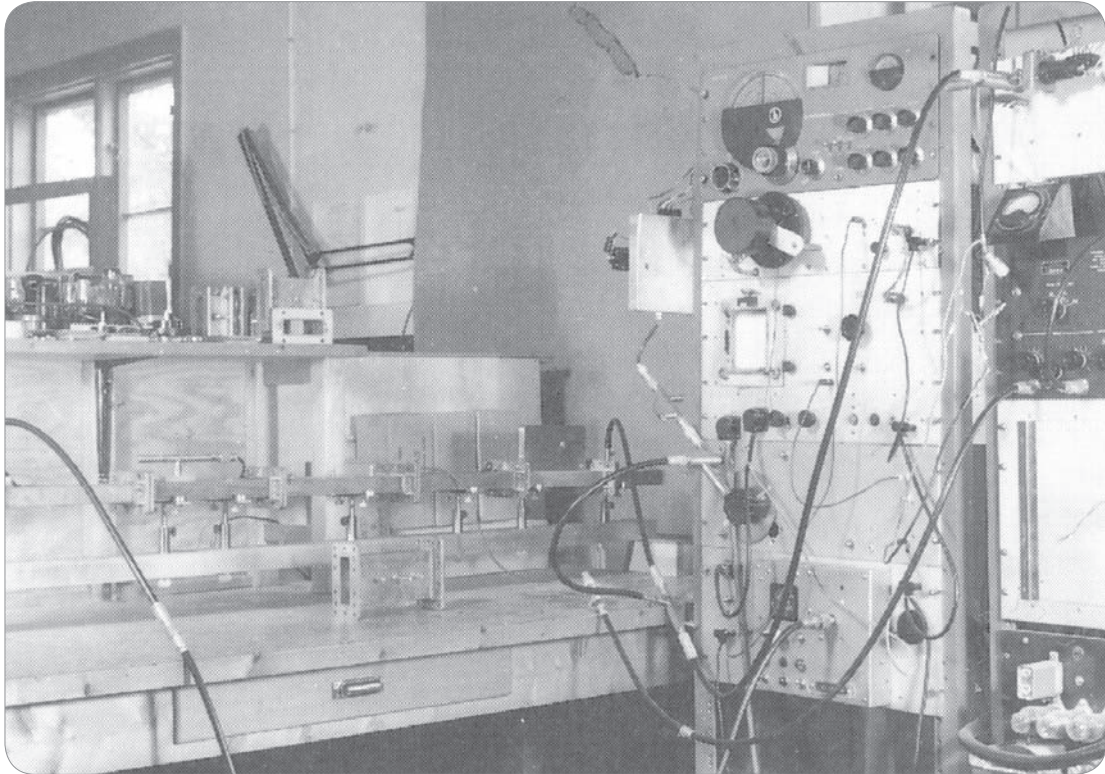
På denne tiden var "Studemøtet for Radioteknikk og Elektroakustikk" etablert for å skape et forum hvor ingeniører fra forskningsinstitutter og industrien kunne komme sammen og knytte kontakter. På et studiemøte i Åsgårdstrand 1948 ga Helmer Dahl "En alminnelig orientering om mikrobølge-links". Han påpekte at selv om rekkevidden er begrenset til den optiske sikt, gir de høye

bærefrekvenser lett adgang til å overføre store båndbredder. Han nevnte at med en bølgelengde på 10 cm og en antennedia-meter på 3 m, båndbredde 0,4 MHz og minimum 60 dB signal/støyforhold, ville man bare behøve 0,45 W sendereffekt for et spenn på 120 km. Han understreket fordelene ved et radiolink sambandsystem i et fjell-land som vårt, hvor linjer og kabler er dyre å installere og vedlikeholde. Derfor hadde FFIs radaravdeling tatt opp utviklingen av links, spesielt tilpasset norske forhold, som en av sine oppgaver.

Telegrafverket la fremdeles hovedvekten på luftlinjer og koaksialsystemer og mente at det var løsningen for lange tider fremover. Telegrafverket samarbeidet imidlertid med FFI om å planlegge et 8-kanals mikrobølge-anlegg mellom Bergen og Stavanger, et samarbeid som ble betegnet som godt.

Uenighet om frekvensvalg

Telegrafverket mente at man ved relativt lave frekvenser, for eksempel 500-1000 MHz (30-60 cm) lettere ville oppnå høyere sendereffekter, bedre virkningsgrad, enklere kretsteknikk og mer stabil transmisjon. Ved Avd R hadde en imidlertid funnet at signalene stort sett var stabile også i 10 cm-båndet.



Laboratorieoppstilling for trimming av mottakere i en av FFIs brakker på Florida i Bergen i 1950.

Radiolinjen Bergen - Haugesund

Den første prøven på den planlagte forbindelsen Bergen - Stavanger ble foretatt sommeren 1949 mellom Steinsfjellet ved Haugesund og Tuftalandsfjellet på Stord. Det ble her bare brukt enveis mikrobølgeforbindelse. Hiis satt på Stord og snakket og ble mottatt klart og tydelig på Steinsfjellet av Sørbye, som kvitterte med telegrafnøkkel over en sender/mottaker i 80 m-båndet. En hadde variasjoner, men det viste seg mest å skyldes ustabilitet i utstyret. Telegrafverket hadde bygget hyttene hvor stasjonene var montert og stilt kanalutstyr til disposisjon og for øvrig støttet foretaket med råd og dåd.

Utviklingen gikk til å begynne med raskt, og utstyret på Florida ble demonstrert for styret i CMI 30. november 1950. Den første eksperimentelle mikrobølge radiolinken gikk mellom Bergen og Haugesund, Link 750 A utviklet ved Avd R.

NERA vinner FFI-anbud

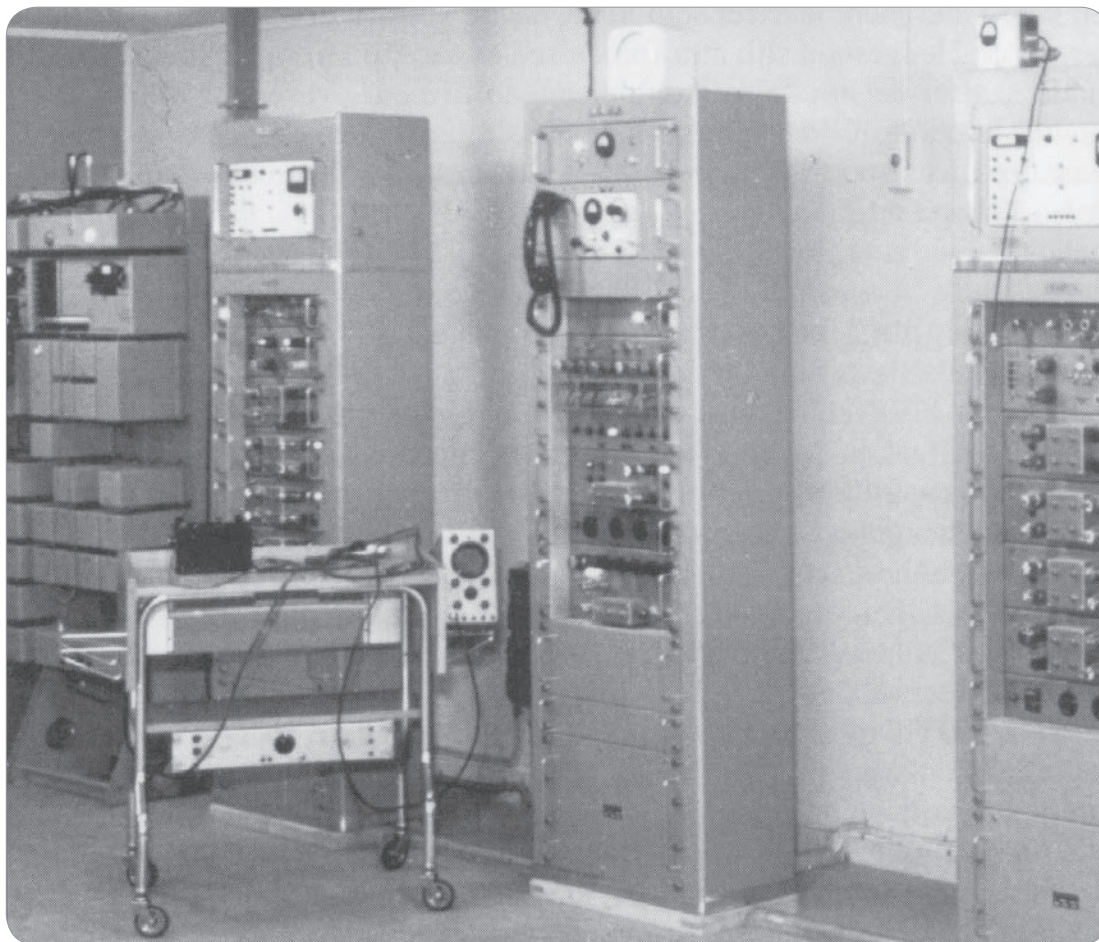
Etter at den første radiolinjeetappen var fullført, skulle fortsettelsen skje til Stavanger, og deretter sto "Den elektroniske Bergensbanen", strek-

ningen Bergen - Oslo, for tur. Alt var nå klart for å trekke inn industrien. FFI sendte anbudsinnbydelse til fem norske bedrifter, og NERA vant. Kontrakten ble undertegnet 20. november 1950. Dermed startet et industrieventyr som senere skulle gi den norske bedriften en internasjonal markedsledelse.

"Den kalde krigen" var nå et faktum. Norge ble medlem av NATO i 1949, og Forsvaret hadde store sambandsproblemer. Sammen med oberst Rolf Palmstrøm, sjef for Hærens samband, arbeidet Avd R med hovedspesifikasjonene for en radiolinje Bergen - Oslo, basert på den første eksperimentelle linjen Bergen - Haugesund. (Opprinnelig var det som nevnt meningen at denne linjen skulle føres fram til Stavanger først). Helmer Dahl hadde sluttet som forskningssjef ved Avd R i 1949 og gikk tilbake til CMI hvor han hele tiden hadde hatt sitt kontor, men han deltok aktivt på alle framdriftsmøter. Forskningssjef ved avdelingen var nå Sture Koch, tidligere dosent ved NTH.

NERA Bergen etableres

NERA opprettet straks en avdeling i Bergen med Johan Bostad som administrativ leder.



Link 750 A var kopi av FFIs modell produsert ved NERA for strekningen Bergen - Haugesund - Stavanger. Bildet viser linken installert på Midttun.

Bostad hadde også arbeidet i England under krigen, men med sivile luftfartspørsmål. Det tekniske ansvaret, herunder all kontakt med FFI vedrørende teknikk, ble overlatt til Olav Bakken. Bakken kom fra NERA i Oslo, men hans interesse for radiolinjer brakte ham til Bergen.

NERA fikk benytte noen rom i den "Lille brakke", som tilhørte FFI. Etter hvert overtok NERA noen av de medarbeiderne som hadde vært med på den første utviklingen. Det første arbeidet besto etter forutsetningene stort sett bare i å kopiere utstyret som FFI hadde utviklet og installert mellom Bergen og Haugesund, slik at forbindelsen kunne forlenges til Stavanger. FFI hadde skaffet det meste av komponentene til dette, vesentlig britisk overskuddsmateriell.

En nøkkelgjeng av motstandsfolk

De sentrale FFI-kontaktene for NERA Bergen var Knut Martinsen, Peder Th. Hiis og

Haakon Sørbye. Denne nøkkelgjengen omkring radiolinjeproduksjonen basert på FFIs system hadde alle vært aktive motstandsfolk under krigen, mer eller mindre uavhengig av hverandre. De hadde enten havnet i tysk fangenskap eller vært i England eller i norske styrker i Sverige. Hiis og Bakken hadde under krigen begge havnet i Sverige som troppssjefer i "Tung Radioseksjon" under ledelse av kaptein Mittag fra Elektrisk Bureau. Så var det selvfølgelig Helmer Dahl, Knut Martinsen og resten av FOTU-gjengen (Forsvarets overkommandos tekniske utvalg) i London, og Sørbye som kom fra tysk fangenskap. Radiolinjeutviklingen i Bergen ble således et nytt samlingspunkt. Og flere kom senere, bl.a. Oskar Magnusson, sivilingeniør fra NTH 1943 og senere med EE-grad fra Stanford 1952. Han ble arrestert av Gestapo, men klarte å rømme. Han kom til Sverige i januar-februar 1944 og ble teknisk adjutant for kaptein Mittag. Midt i 1950-årene ble han teknisk sjef, og i



*Pionerer rådslår over en suppegryte på Tuftalandsfjellet 15. november 1950.
Fra venstre: Haakon Sørbye, Peder Th. Hiis, Tore Wessel-Berg, Andreas Tonning,
Oskar Rasmussen og Knut Martinsen.*

1960-årene ble han direktør i NERA Bergen A/S.

Lokal rekruttering og lokale underleverandører

NERA Bergen ble bygget opp med relativt liten innflytelse fra Oslo, og det ble en vesensforskjellig bedriftskultur på de to stedene. Rekruttering av personell skjedde stort sett lokalt. NERA bygget først opp en stab med 4-5 ingeniører fra Bergen-miljøet til et produksjonsapparat i brakken tilhørende FFI. Sommeren 1952 var det meste utstyret for linjen Bergen - Haugesund - Stavanger ferdig. Det fikk typebetegnelsen 750 etter prosjektnummeret det hadde hatt på FFI. Etter at det kom inn en ny sendertype ble betegnelsen endret til 750 A. Utstyret for linjen Bergen - Oslo fikk først betegnelsen 751, som ble endret til 751 A da klystronet 6BL6 ble skiftet ut. Det eneste gjenværende eksemplar av modell 751A finnes nå på FFIs museum på Kjeller.

NERA i egne lokaler

I mai 1952 flyttet NERA inn i egne lokaler på Minde. Etter en tid å ha kjøpt parabolantennener fra et engelsk firma ble produksjonen av parabler overlatt til et lokalt firma, Al-Metall, som leverte parabler av tilfredsstillende

kvalitet. Disse antennene ble benyttet på Oslo-linjen, og NERA Bergen kjøpte siden firmaet, da eierne av bedriften alderspensjonerte seg.

Et annet firma var Radiofon som var underleverandør av kraftforsyninger, synging av kabelmatter o.s.v. Radiofon gikk konkurs da NERA skulle bygges opp, og NERA fikk dermed rekruttert en rekke radiomontører med erfaring med utstyr bygget for FFI. Mens den første radiolinjen var bygd med koaksial antenneføding, ivret Hiis for at en skulle gå over til bølgeledere, som gir mer kompakte konstruksjoner, og Oslo-linjen ble basert på bølgeledere.

Forbindelsen Bergen - Haugesund demonstrert

15. mars 1951 ble radiolinjeforbindelse mellom Haugesund telegrafstasjon og Avd R på Florida demonstrert under CMIs årsmøte i Ole Bulls kino. Forbindelsen mellom kinoen og Avd R gikk over fysisk linje. Ordfører Nils Handal samtalte da med kollega Kristiansen i Haugesund. Handal konstaterte at forbindelsen var så god "som om Haugesund skulle vært innlemmet i Bergen."

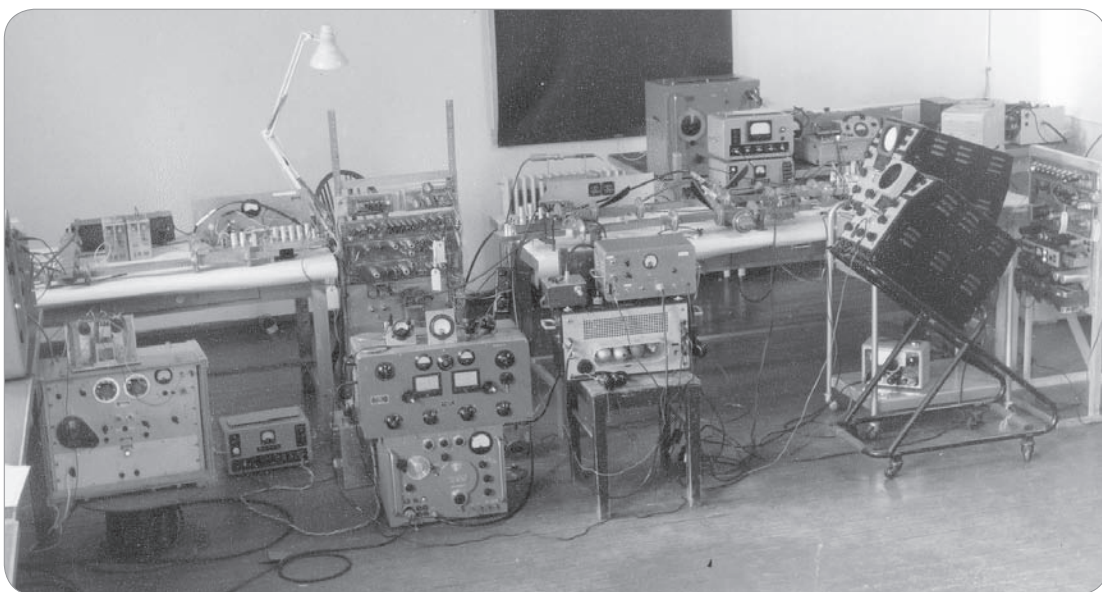
Først julaften 1953 kunne det skrives i loggboken for stasjon Haugesund: "Siste over-



Sture Koch overrekkes modell av den første parabolantennen utviklet ved Avd R. Parabolantennen ble brukt i prøvesambandet Bergen - Haugesund. Til venstre Haugsdal som laget modellen, Knut Martinsen, Sture Koch, Peder Th. Hiis, Haakon Sørbye. (Modellen ble gitt til FFI av Kochs datter Grace etter hans død i 2002).

levering ble gjort om formiddagen slik: De 8 telefonkanalene ble koplet i sløffe i Haugesund. I Bergen satt 7 rekrutter og leste høyt fra telefonkatalogen på hver sin

kanal, mens støy ble observert på den 8. kanalen, gjentatt til alle 8 kanaler ble kontrollert. Hiis og Bakken sto for målingene".



60-kanals prøveoppstilling i "Lille brakke" 1954.



Klystronet en kritisk komponent

Radiolinjen Bergen - Haugesund skulle fullføres fram til Stavanger, og en ny radiolinje skulle bygges mellom Bergen og Oslo. Mens alle mikrobølgekomponenter ble produsert av FFI for begge linjer, var mikrobølgerør militært overskuddsmateriell. En spesiell kritisk komponent var klystronet CV 67 som ble benyttet som mikrobølgegenerator (senderør). Dette var britisk produsert og var brukt som lokalscillator i radarmottakere, men hadde betydelige svakheter som senderrør for radiolinjer. Det var meget følsomt for spenningsvariasjoner og for sjokk under moduleringen. Det hoppet lett ut av modulasjon og falt regelrett ut.

Hovedtyngden av feil var dog den første tiden forårsaket av brudd på kraftforsyningen. Dette bedret seg etter at Telegrafverket installerte nødstrømsgeneratorer på linjen Bergen - Haugesund. Klystronet CV 67 ble senere erstattet med det mer driftsikre amerikanske 2K56, og Magnusson på NERA Bergen utviklet en ny sender med 2K56/726A. Linjen ble utført med disse rør, og fra høsten 1955 var det slutt på driftsbrudd på grunn av klystronutfall. Det var klart at båndbredden med de nevnte klystroner var begrenset til 36 kanaler, og da med redusert kvalitet. En var derfor på jakt etter et klystron som kunne gi større båndbredder.

Norsk utvikling av klystronrør

Egnede rør for radiolinjer ble bare produsert av bedrifter som tok mål av seg til å bli storleverandører av komplette radiolinjer, og de var ikke villige til å selge rør til konkurrenter. I tillegg var det meget strenge eksportbegrensninger. FFI og NERA var mer eller mindre i lommene på fabrikantene. Derfor startet FFI allerede i 1952 med den første utvikling av et norsk klystronrør ved NTH.

Tore Wessel-Berg tar hovedoppgave på NTH om klystronrør

Etter å ha oppholdt seg ved MIT under programmet "Foreign Students Summer Project" 1949, kom han tilbake til NTH hvor han tok sin eksamen på linjen for Teknisk fysikk. Helmer Dahl, som var sensor i radioteknikk, oppdaget at Wessel-Berg var interessert i mikrobølgeteknikk og overtalte ham til å ta hovedoppgaven innen feltet klystronrør, med

håp om etterfølgende produksjon for radiolinjene i Norge. Wessel-Berg syntes oppgaven var interessant og han gjorde en teoretisk beregning av klystronrør, som da var noe nytt i Norge. Han brukte 6 måneder på oppgaven, og den ble så fundamentet for det etterfølgende forskningsprosjekt, som var en ren utviklingsoppgave.

Utviklingsprosjektet startet ved NTH

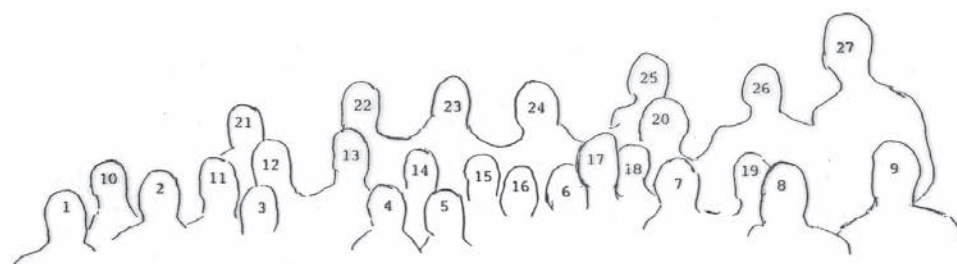
I 1950 ble Wessel-Berg engasjert for å utvikle et norsk klystronrør. Prosjektet var finansiert direkte av FFI, og arbeidet foregikk på avdeling for Teknisk fysikk ved NTH. På denne avdelingen hadde de det utstyret og de kunnskaper innen vakuumteknikk som var nødvendig for å kunne drive en slik forskning. De bygget også selv mye av det utstyret som skulle til. Etter hvert ble det ansatt en glassblåser i prosjektet, samt Wessel-Bergs klassekamerat Nils Vogt-Nilsen. Etter et par år ble Vogt-Nilsen erstattet av Erling Lien, som hadde tatt eksamen ved Teknisk fysikk et par år etter Wessel-Berg.

Prosjektet flyttet til NERA Bergen

I 1954 forlot Wessel-Berg prosjektet for å dra til Stanford University på et stipendium fra National Academy of Sciences i USA. Der arbeidet han i tre år med utvikling av mikrobølgerør. Erling Lien ledet da den videre utvikling i Trondheim. Et år eller så senere ble prosjektet flyttet til Bergen. Det var da utviklet en prototyp for klystronrør, som NERA Bergen skulle produsere for radiolinjene. Røret som var utviklet, var så godt at det kunne gå direkte inn i radiolinjene som en sentral komponent.

Utvikling av floating driftør

I 1957 kom Wessel-Berg tilbake som forsker ved Avd R. Røret som var utviklet var et refleksklystron, men etter et års tid leste Wessel-Berg en artikkel om en ny type rør kalt "floating drift tube"-klystron med litt annen geometri og som unngikk den hysteresen som refleksklystronet var beheftet med. Inspirert av denne artikkelen satte de i gang et lite ekstraprosjekt uten å fortelle det til noen.



- | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------------|
| 1. Kjell Teige | 10. Ernst Jacobsen | 19. Oskar Rasmusser |
| 2. Finn Olesen | 11. Arthur Torkelsen | 20. Nic Knudtson |
| 3. Sture Koch | 12. Dag Gjessing | 21. Reidar Haugen |
| 4. Mette Fossan | 13. Jan Martins | 22. Haakon Sørbye |
| 5. Signe Pettersen | 14. Tor Schaug Pettersen | 23. Fritz Mohr |
| 6. Knut Martinsen | 15. Peder Th Hiis | 24. Odd Tvedt |
| 7. Bjarne Hoem | 16. Ingvald Haugsdal | 25. Andreas Toning |
| 8. Herman Daae | 17. Olav Kvamme | 26. Sigmund Espedal |
| 9. Sigurd Fosheim | 18. Edvard Bakke | 27. Rolf Milda |

Samtlige ansatte ved Avd R i 1954.

Floating driftørret slo ut refleksklystronet

Etter å ha laget noen av disse nye rørene presenterte de mulighetene for Helmer Dahl, som fort fant ut at dette var lovende,

og det endte opp med at floating driftør ble utviklet for radiolinjene. "Det var dette som ble brukt i en rekke år etter at produksjonen var kommet i gang. Vi produserte aldri refleksklystronrør for radiolinjene i Norge" sier Wessel-Berg. Floating driftørret hadde



Det FFI-utviklede Floating drift klystronet var refleksklystronet overlegent. Det avbildede røret er fra Sture Kochs samling.

også den fordelen at det opererte ved ca. 300 volt, i motsetning til refleksrøret som opererte med spenninger over 1000 volt. Effekten ut var ca. 0,3 - 0,5 watt maksimum.

De nye rørene hadde betydelig lengre levetid enn de gamle refleksrørene. Mens de gamle refleksrørene hadde en levetid på bare et par tusen timer, eller ca. tre måneder, var de nye floating driftrørene nærmest "evigvarende". Det skyltes nyutviklede elektroder med mindre varmetap og som var enklere å produsere. Målinger i 1975 basert på 1338 rør viste at enkelte rør oppnådde levetider på 100 000 timer eller 12 år. Dette betydde god butikk for NERA, ettersom de hadde en kontrakt som gikk ut på å vedlikeholde systemene med de gamle rørene med langt kortere levetid.

Rørenes lange levetid førte til at det klarte seg med å produsere et par uker i året, noe som ikke var gunstig sett fra et produksjonssynspunkt. I alt ble det produsert ca. 6000 rør ved NERA Bergen.

Ingen ville satse på norsk storproduksjon av rør

I 1961 avsluttet Wessel-Berg sin siste del av prosjektet. Han arbeidet så ved Stanford University med bl.a. faststoff-komponenter og elektronstråle-komponenter, inntil han i 1965 ventte tilbake til NTH som professor i fysikalsk elektronikk.

Hvorfor ble det ikke noen norsk produksjon av disse rørene? Selv om de som hadde arbeidet med disse rørene mente at NERA burde benytte anledningen til å utvide produk-

sjonen også til andre typer rør, så var ikke NERA interessert i det. De fleste mente nok at faststoff-komponentene i løpet av få år ville ta over for klystronrørene. Både Lien og Illøkken emigrerte til USA og fikk toppstillinger innenfor det samme feltet.

Svenneprøven: Radiolinjen Bergen - Oslo

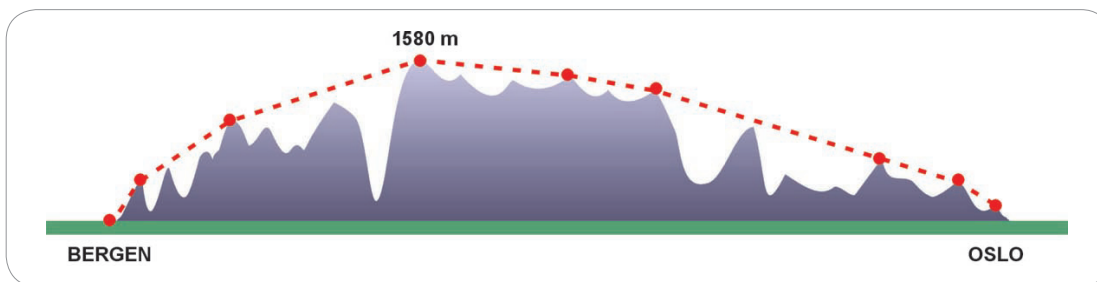
I 1950 forelå planene om en radiolinje mellom Bergen og Oslo. Det eksisterte da kun fem fysiske linjer over fjellet. For å komme fram måtte en bestille il- eller helst lysesamtaler, og da var det tre timers ventetid.

Utstikkingen av radiolinjen Bergen - Oslo startet våren 1951. Den ble ledet av Nic. Knudtzon, som bokstavelig talt fotgikk alle mulige traseer. Mulige topper ble valgt ut etter kartstudier, og det ble brukt lysglimt fra fotoblits for å kontrollere optisk sikt mellom toppene. Etter mange strabasiose ekspedisjoner ble den endelige rute foreslått slik:

Rundeman (ved Bergen) - Dystingen (ved Dale, 1000 m.o.h.) - Dyrhaugane Øst (ved Finse, 1583 m.o.h.) - Tjørnås Vest (ved Dagali, 1024 m.o.h.) - Syningen (ved Nesbyen, 1009 m.o.h.) - Gyrihaugen (i Nordmarka, 683 m.o.h.) - Tryvannshøgda (ved Oslo).

Denne militære radiolinjen ble ført inn på telefonnettet. Oslo telefonnett hadde lagt opp en 100 pars papirisolert blykabel fra Oslo opp til Tryvann Radio. Senere ble det besluttet å velge Kolsåstoppen i stedet for Tryvann, med videre radiolinje til telegrafstasjonen i Oslo.

Televerket var fremdeles ikke særlig ivrig i samarbeidet om radiolinjer, så FFI besluttet i 1952 å planlegge den nye linjen Bergen - Oslo for 24 kanaler. Da linjen sto ferdig sent i 1953 fikk Telegrafverket 19 av de 24 kanalene. Det betydde jo en kraftig forbedring i telefonforbindelsene, og Telegrafverket tapte til å begynne med penger, fordi det ble slutt med il- og lysesamtaler. Som ventet økte trafikken raskt og det tok ikke lang tid før det ble iltakst også på de nye sambandene, og inntektene for Televerket økte igjen. I 1955 ble kanaltallet utvidet til 36 kanaler.



Radiolinjeforbindelsen fra topp til topp Bergen – Oslo.

Materialtransporten krevde fantasi, tålmodighet og god fysikk

Ekspedisjonene krevde både god kondisjon og tålmodighet. Det ble mange strabasiose turer under alle slags værforhold. Byggearbeidene på fjelltoppene startet sommeren 1951. Transport av materialer foregikk både sommer og vinter, med lastebil og beltevogn. Det ble også brukt kløvhest. På Dystingen ble det den første byggesesongen bygget en taubane, idet det her ikke var mulig å benytte noen form for kjøretøy.

Problemer med ising

Det ble brukt seilduk som opprinnelig ble montert vinkelrett på stråleretningen foran åpningen på antennespeilene. Siden fant en ut at seilduken skulle stå på skrå for ikke å påvirke antenneimpedansen. Det var også gunstig når det gjaldt ising. Når seilduken beveget seg på grunn av vind, holdt den seg forholdsvis fri for is og snø. Kraft til stasjonene ble for det meste ført fram på luftlinjer fra de lokale elektrisitetsverk. Her hadde en



Montering av reléstasjon på høyfjellet Dyrhaugane, Finse 1952.

ofte store problemer med ising. Ved eventuelle brudd på kraftforsyningen hadde en dieseldrevne nødstrømsaggregater som medførte avbrudd i sambandet på ca. 30 sekunder. Linjen Bergen - Oslo ble bygget med tilnærmet avbruddsfri kraftforsyning.

Storslagen åpning av radiolinjen Bergen - Oslo

2. september 1954 kunne forskningssjef Sture Koch, FFI, ønske velkommen til den offisielle åpning av radiolinjen Bergen - Oslo. Åpningen i Oslo ble foretatt av Sir Robert Mansergh, sjef for hovedkvarteret på Kolsås for NATO-styrkene i Europa.

I Oslo ønsket direktør Fredrik Møller velkommen til representantene for Forsvarsdepartementet og Samferdselsdepartementet, Telegrafverket, militære myndigheter, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige forskningsråd, presse og kringkasting, NATO-offiserer, og helt spesielt Sir Robert Mansergh.

Et topp-prioritert prosjekt

Møller sa at denne radiolinjen betegnet slutten på første etappe i et av FFIs største prosjekter innen anvendt vitenskap. Prosjektet åpnet for løsning av sambandsproblemer som man tidligere ikke hadde sett noen samtidig teknisk løsning på. Fordi pressen var invitert til åpningen, kunne allmennheten få førstehåndsupplysning om anlegget og dets betydning for sivil og militær virksomhet.

Prosjektet hadde fra første stund stått på toppen av den militære prioriteringsliste for forskning. "Det mest interessante ved en mikrobølgeforbindelse er at bølgene begynner å få lysets natur, dog uten å hindres av tåke og skyer. Bølgene kan konsentreres i smale strålebunter som kan dirigeres til den som skal motta dem og ingen andre.



I Bergen ønsket Koch velkommen til representantene fra CMI, NERA A/S Bergen og de vitenskapelige institusjoner ved åpningen av radiolinjeforbindelsen Bergen - Oslo i 1954.

Sendereffekten er bare 0,3 W, under en tredjedel av det et stearinlys bruker når det forbrenner. Likevel er dette nok til å overføre 22 samtidige telefonforbindelser og 36 fjernskriverforbindelser”, sa Møller.

Anlegget var utført slik at det kunne supplere og passes inn i det eksisterende sivile nett. Totalt hadde det kostet 4,2 mill. kr. og var gjennomført uten overskridelser. Bare en tredjedel av kostnadene lå i teleteknisk utstyr. Resten var nedlagt i bygningstekniske arbeider med reléstasjoner, veier, transportanordninger og krafttilførsel. Derfor kunne man øke trafikk-kapasiteten med 300 % for en tilleggsbevilgning på 75 %. Anlegget var helautomatisk og normalt ubetjent.

Forbilledlig samarbeid mellom institutt og industri

Dir. Møller fremhevet at dette i første rekke hadde vært et forskningsprosjekt, ettersom slikt utstyr ikke hadde vært kommersielt tilgjengelig. Han nevnte det intime samarbeidet som hadde vært mellom en rekke personer og institusjoner og rettet en hjertelig takk til alle disse for et mønstergyldig samarbeid. Han nevnte spesielt Helmer Dahl, som i starten var radaravdelingens sjef. Han sa videre at det har vært Forsvarsdepartementets linje at FFIs arbeid slutter med en modell, og at produksjonen foregår ved egnet privat bedrift. Han takket direktør Bordewick i A/S NERA og ingeniør Bostad i A/S NERA

Bergen, som han mente kunne være et forbilde for samarbeid mellom privat industri og statens forskningsinstitutter. Han takket videre direktør Figenschou i tidligere Bergens Telefonkompani, som nå hadde gått hånd i hånd med staten for å skrive et nytt kapittel i telekommunikasjonens historie i Norge.

Det bygningstekniske arbeidet hadde vært utført av Forsvarets bygningstekniske korps, ved distriktsingeniørene på Vestlandet og Viken. Her nevnte han oberstløytnantene Møinichen og Stadheim. Han berømmet også samarbeidet med FFBSB, ledet av oberst Palmstrøm og hans høyre hånd, oberstløytnant Bjørn Rørholt. Han takket videre Telegrafverket for plass til endestasjonene i dets telegrafbygninger i Bergen og Oslo, og vederlagsfritt hadde foretatt montasjen av terminalutstyret. Møller sa at radiolinken var bygget av militære og for militære formål, men at det hadde vært mulig å låne Telegrafverket en del kanaler for sivil trafikk. Når han overrakte anlegget til statsråden, takket han Forsvarsdepartementet for den tiltro det hadde hatt til forskningens muligheter til å løse militære oppgaver og for dets forståelse for forskningens behov og livsvilkår.

I den skarpeste konkurranse med ledende verdensfirmaer

Forsvarsminister Kai Knutsen som overtok mikrobølgelinjen Bergen - Oslo, takket FFI for den fenomenale måten denne vanske-



lige oppgaven var blitt mestret på. Mye av resultatene skyldtes den dyktighet og det pågangsmot som direktør Møller personlig hadde lagt for dagen, og hans spesielle uvilje mot å akseptere hindringer. Han roste samtlige på Avd R, fra forskningssjef til yngstemann på verkstedet, som hadde arbeidet med den energi og entusiasme som store oppgaver krever. Spesielt framhevet han forskningssjef Sture Koch og prosjektlederne P. Th. Hiis og H. Sørbye. Han roste også Knut Martinsen, som foruten å ha deltatt i forskningen, også hadde fungert som byggeleder under utbyggingen. Når linken nå var ført over fjellet og klar til åpning var det ikke minst hans fortjeneste. Den lille gruppe forskere som arbeidet ved FFI har faktisk lagt grunnlaget for en fullt konkurransedyktig produksjon her hjemme på et felt som har store fremtidsmuligheter. Han roste også A/S NERA som i den skarpeste konkurranse med ledende verdensfirmaer hadde fått kontrakt om leveranse av utstyr til den felles-finansierte radiolinje med 48 talesamband mellom Oslo og Kristiansand. Det var også bestemt at det samme firma skulle levere utstyr til radiolinken Bergen - Trondheim, hvor halvparten skulle finansieres av NATO. Han nevnte den betydning linksystemet hadde, ikke bare for Norge, men også for å sikre den militære beredskapen innen NATO. Han sa at den radiolinken som nå var åpnet, var en av de første innen NATO som var utbygget fullt ferdig til permanent drift. Han takket de allierte myndigheter for det resultatet som nå forelå.

NATO-sjef: "Norway can and should be very rightly proud"

Sir Robert Mansergh foretok den offisielle åpningen av linjen fra Kolsås. I sin samtale med Sture Koch i Bergen ga han uttrykk for den militære betydning det hadde at man kunne samtale så klart over en så stor avstand.

I sin påfølgende tale sa han bl.a. : "Communications for military purposes are vital. And here we have one of the first in Europe, a modern, efficient way of communication. May I congratulate all those who have taken part in achieving this." Han sa en hadde fått en kommunikasjonsmulighet til nytte både for det militære og det sivile. "In closing may I say that it is very considered that it has greatly improved and increased our military efficiency. It is a matter of which Norway and

Norwegians, I feel, can and should be very rightly proud. As a commander in chief that has been honoured and been aloud to speak on that machine for the first time, I consider that I am indeed fortunate."

Felles sivil og militær nytteverdi

Samferdselsminister Jacob Pettersen rettet en hjertelig takk til de allierte myndigheter for den godvilje de viste ved å stille en del av anlegget til sivil disposisjon i fredstid. Han understreket den nytte sivil kommunikasjon mellom Oslo og Bergen ville ha av å få leie en del av det militære anlegg. Han mente at det militære også antagelig ville ha nytte av dette leieforholdet ettersom anlegget ville bli drevet og vedlikeholdt og alltid være inntakt til fullt militært bruk. Han gjentok sin takk til NATO, til militære og sivile myndigheter for den velvilje de her viste.

Effektiviteten av vårt forsvar brakt et godt skritt fremover

På linjen fra Bergen uttalte admiral Jacobsen at det var av avgjørende militær betydning at en melding, en opplysning eller en ordre kommer sikkert, fort og tidsnok fram. Forbindelsen mellom Østlandet og Vestlandet hadde nærmest vært bekymringsfull. "Det kan derfor ikke vurderes høyt nok, forsvarsmessig sett, at denne radiolinkforbindelsen nå er blitt til virkelighet, og at denne nye, viktige sambandslinjen bringer effektiviteten av vårt forsvar et godt skritt framover," sa admiralen.

300 kanaler demonstrert på Studiemøtet i 1956

Under åpningen av radiolinjen Bergen - Oslo forespeilet Fredrik Møller en linje med 60 telefonkanaler. Dette mente Sørbye og Ekeland ikke var mulig uten SHF-forsterkning. "Hvorfor gjør dere ikke det, da?", spurte Møller. Dermed var klarsignalet gitt for å arbeide mot en linje med 60 kanaler. Tre år senere var linjen klar, da med 300 kanaler! Denne demonstrerte de første gang på Studiemøtet på Havna i 1956.

TV-link demonstrert for Norsk Rikskringkasting (NRK) i 1957

I mars 1957 var FFI klar til å demonstrere en TV-link i Bergen. De hadde meget god assistanse fra NRK, som stilte mønstergeneratorer, TV-skjermer osv. til disposisjon. Det



var lagt opp et komplisert system med bl.a. tre TV-monitorer. Den ene var avgrensning fra en linkstasjon, den andre fra sluttstasjonen og den tredje direkte fra TV-kameraet. Demonstrasjonen var meget vellykket, og kringkastingssjef Fostervoll sa til Rynning-Tønnesen: "Vi må ha en TV-link!"

Den første norske TV-overføring

På Studiemøtet på Lillehammer 1959 holdt Oscar Magnusson A/S NERA Bergen, foredrag om "Bredbåndslinje NL-40". Denne hadde da 300 kanaler og benyttet de norske klystroner som lokaloscillatorer. Det var denne linken som ble benyttet i den aller første norske TV-overføring Oslo - Bergen i 1960. En modifisert versjon ble senere benyttet for overføring av radarbilder under NATOs store NADGE-prosjekt for tidlig luftvarsling og -kontroll.

Radaravdelingen avslutter etter fullført løp

Etter demonstrasjonen i mars 1957 trappet FFI ned sitt arbeid med radiolinjer, og radiolinje-prosjektet ble avsluttet før årsskiftet. Haakon Sørbye dro da til Shape Air Defence Technical Centre i Haag. Da han kom tilbake var radaravdelingen under overflytting til Kjeller og sammenslutning med Avd T til Avd E (Avdeling for elektronikk). Sørbyes oppgave i Bergen var å lede avviklingen. Man mistet mange av folkene som hadde arbeidet med radiolinjene, hele verkstedet, laboratoriet og en del av forskergruppen og teknikerne. Av de få forskerne som ble med over til Kjeller, søkte de fleste seg etter hvert over til NTH. Det gjaldt bl.a. Tonning, Sørbye og Schau-Pettersen. P. Th. Hiis, Finn Olesen, Dag Gjessing og Johannes Johnsrud ble med til den nye Avd E. Det samme gjorde Agne Norbotten, Magne Sørensen, Arthur Torkelsen, Erling Sunde, Signe Pettersen og Fritz Mohr.

Starten på radiolinjeepoken i Telegrafverket

På slutten av 1950-årene hadde Telegrafverket i alt ca. 90 000 sambandskilometer radiolinjer på VHF/UHF. På samme tid hadde FFBS bygget ut et landsomfattende radiolinjnett på SHF med en kapasitet som tilsvarte omtrent hele dette langlinjenettet, og deler av dette militære nett ble stilt til rådighet for Telegrafverket.

Fart i Telegrafverkets radiolinjearbeid ble det først etter at Stortinget i 1957 vedtok norsk TV-utbygging. Da var det klart at eneste mulighet var radiolinjer i SHF-området for fremføring til TVs hovedsendere, og Telegrafverket ble pålagt av Regjeringen å anskaffe utstyr av type NL-40 fra NERA. FFBS stilte plass til disposisjon i sine radiolinjestasjoner.

Ekspansjonsvekst

Utviklingen ble nå ekspansjonsstignende. Da Nord-Norge-linjen var kommet fram til Tromsø, forelå det utstyr med 1800 kanaler, og slikt utstyr ble installert på den videre strekning til Vadsø i 1970. Hovedforbindelsen til Sverige ble øket med flere parallelle 1800-kanals linjer. Ved slutten av 1970-årene hadde man flere 2700 kanals linjer i drift.

Norge var i ferd med å få et moderne og effektivt nett for telekommunikasjon, både sivilt og militært. De idéer som ble satt ut i livet av noen entusiastiske forskere ved FFI, ga landet et unikt kommunikasjonsnett og en moderne elektronikkindustri. Fram til 1993 var det fra NERA Bergen A/S levert 20 000 enheter til en samlet verdi av 4 milliarder kroner. Konsernet hadde i 1996 over 2000 ansatte med en omsetning på 2,6 milliarder kroner. Ca. 80 % gikk til eksport.

Kilder: Knut Endresen: "Fra topp til topp", Sture Kochs private arkiv, Olav Bakken, Roald Larsen.



Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne - et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi

