



Fra Forsvarets forskningsinstitutt

# HISTORIE

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



Penguin – en målsøkende  
rakett mot skip

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 Eigil 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



# Penguin

## – en målsøkende rakett mot skip

*Penguin-prosjektet har vært det desidert største utviklingsprosjektet ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) noen gang. Det har også vært betegnet som det største forsknings- og utviklingsprosjekt i Norge på 1960-1970-tallet. Det har helt fra begynnelsen vært preget av dristige ideer som hele tiden har dratt nytte av den aller siste utviklingen innen moderne teknologi. Ofte hadde en ideer og tanker om tekniske løsninger som ikke kunne realiseres fordi komponentene ikke fantes. Men de kom etter hvert, og Penguin-raketten ble den mest moderne IR-heimende rakett som var utviklet.*

*Gjennom hele sin utviklingstid har prosjektet vært preget av medarbeidere med entusiasme og pågangsmot. Norge og flere andre land har fått et moderne og effektivt rakettforsvar mot skip, og norsk industri har fått tilført ny kompetanse på en rekke områder.*

*Utviklingen av Penguin-raketten ved FFI og senere Kongsberg Våpenfabrikk (KV) frem til produksjon og salg er grundig beskrevet av Hans Christian Erlandsen i boken "Flygende pingviner" for Kongsberg Defence & Aerospace (KDA). Dette heftet gir bare en kort omtale av et stort prosjekt, på linje med beskrivelse av andre prosjekter i denne hefteserien.*

### Prosjekt Penguin

Mot slutten av 1950-årene var det en alminnelig oppfatning ved FFI at antiubåtraketten Terne (omtalt i hefte nr. 2 i denne hefteserien) ville bli en suksess, både teknisk og operativt. Terneprosjektet hadde etter norsk målestokk vært stort og komplisert, og det hadde vært samlende. Instituttets medarbeidere fra flere fagavdelinger hadde arbeidet sammen for å kunne løse de mangeartede teknologiske problemer som Terne-prosjektet involverte. Det var også berettiget håp om salg til flere Nato-land. Terne var et vellykket rakettvåpen mot undervannsbåter og hadde tilført instituttet og norsk industri høyteknologisk kompetanse som tidligere ikke fantes i Norge. Kongsberg Våpenfabrikk (KV) ble produsent av Terne-våpensystemet og utviklet seg fra å være en enkel geværprodusent til en høyteknologisk bedrift for rakettssystemer.

Forskerne ved FFI begynte å tenke på et nytt og stort samlende prosjekt som skulle bygge videre på den kompetanse og erfaring som var bygget opp innen fagområdet raketteknikk. De ville satse på den sterke utvikling som hadde funnet sted innen aerostruktur, elektronikk, halvlederteknologi og automatisk styring og kontroll.

### Nye MTBer

Sjøforsvaret planla på den tiden, godt understøttet av Systemgruppen ved FFI, et sjøinvasjonsforsvar basert på en småbåtmarine med utgangspunkt i motortorpedobåter (MTBer). Fartøystypen, "Storm"-klassen kanonbåter, var allerede på tegnebrettet. Problemet var å skaffe disse fartøyene en bevæpning som kunne ha ønsket virkning mot de store transportfartøyene og deres kraftige eskorte. Konvensjonelle torpedoer hadde nok tilstrekkelig effekt, men effektiv skuddavstand var for kort. 75 mm tårkanoner som på dette tidspunkt var planlagt for "Storm"-klassen fartøyer hadde nok tilstrekkelig rekkevidde, men skadeeffekten var for liten mot store fartøyer.

Dette var problemstillingen som offiserer i Sjøforsvarsstaben la fram for forsknings-sjef Hans Chr. Christensen ved instituttets Avdeling for eksplosiver (Avd. X). I 1959 anmodet Christensen forsker Nils Grøholdt om å påta seg ansvaret for studien FIX. Christensen la fram sine tanker om et autonomt rakettvåpen for Grøholdt og ba ham sette igang en forstudie rettet mot et slikt våpen. På dette tidspunkt forelå ikke den teknologi som det skulle vise seg at rakettutviklingen krevde. Studien måtte derfor ta for seg

konseptet ut fra fartøyklassens størrelse, aktuelle rekkevidder, nødvendig sprengkraft og mulige styresystemer for et autonomt våpen. Man måtte så vurdere den teknologiske utvikling man kunne forvente innen de forskjellige fagdisipliner under våpenets utviklingsperiode.

Grøholdt hadde beskjeden kompetanse innen de aktuelle fagområdene, men han hadde fantasi og pågangsmot. For å oppnå faglig støtte innen raketstyringsteknikk tok Grøholdt derfor omgående kontakt med Avdeling for elektronikk (Avd. E) med Karl Holberg som forskningssjef. Tycho Jæger ble også satt på oppgaven, og det var han som sammen med Grøholdt gjennomførte systemstudien FIX i løpet av ca. ett år. Holberg spilte en aktiv rolle i denne prosessen i forholdet til Sjøforsvaret, og ikke minst vurdering av den teknologiske utvikling, spesielt i USA. Fra Sjøforsvaret deltok Nils Owren. Studien ble avsluttet med en rapport som dannede grunnlaget for FFIs suverent største prosjekt til langt ut i 1990-årene. Det ble naturlig nok satset på et nytt rakettvåpen. Men denne gangen skulle det bli et overflate til overflate sjømålsvåpen, et styrt, fullt ut autonomt rakettvåpen, et såkalt missil (ifølge definisjon er Penguin et "guided missile". Sjøforsvaret har valgt å kalle sine båter som bærer Penguin for Missil Torpedo Båter). Den mest avansert-

te teknikk skulle tas i bruk under utviklingen av et slikt komplekst våpensystem.

### **Penguin-prosjektet startet i 1961**

At en slik utviklingsoppgave ville strekke seg over minst en 10-årsperiode, forutså de fleste. Men at utviklingen av nye generasjoner sjømålsraketter skulle følge etter, og strekke seg forbi år 2000 var det vel få som forutså.

## **Penguin**

En kort skisse av våpensystemet hører med før vi beskriver den fascinerende utviklingen som fulgte opp gjennom 1960-årene, 1970-årene, 1980-årene og endog gjennom 1990-årene. Den første generasjon av Penguin-systemer, Penguin Mk 1, ble utviklet og brakt frem til operativ status på 26 av våre kanonbåter og fem fregatter i perioden 1961-72. Dette systemet omfattet inntil seks raketter for hvert fartøy, samt en fartøysinstallasjon som ivaretok den nødvendige tekniske og operative kontroll av rakettenes. Rakettenes plassering var på sine launchere (utskytingsramper) i sjøtette kasser på fartøyes akterdekk.

Raketten er modulært oppbygget og består av følgende moduler regnet fra rakettnesen og akterover:



*Penguin Mk 1 skytes ut fra "Storm"-klassen MTB.*

- Infrarød målsøker
- Gassdrevet styreservo med fire canard-finner
- Laser høydemåler
- Styremodul (navigasjonsmodul)
- Stridshode med brannrør
- Gangmotor. (Rakettmotor for fremdrift i fluktfasen)
- Startmotor. (Rakettmotor for akselerasjon i utskytingsfasen)
- Fire pilspissformede vinger festet på motormodulen

Idet raketten forlater sin launcher er den utstyrt med alle nødvendige data om målet den skal søke, medregnet målets posisjon, fart og kurs. Raketten kjenner også sin egen posisjon og orientering i rommet. Med utgangspunkt i disse data sørger så raketts treghetsnavigasjonssystem for å bringe den fram til et punkt hvor dets målsøker kan aktiveres, lokalisere målet og styre til treff.



*Neseseksjon Penguin Mk 1. Bak glassdommen på toppen ses søkeren. På siden er de styrbare canardfinnerne og lenger nede ses åpningen for laser høydemåler.*

En laser høydemåler sørger for at raketten holder en fast lav høyde over sjøen. Når raketts målsøker aktiveres overtar denne styringen, bringer den opp i noe større høyde, søker målet og styrer det i stup mot fartøyets vannlinje. Raketten er således fullstendig autonom etter at den forlater skytende fartøy.

Fartøysinstallasjonen omfatter launchere montert i sjøtette beskyttelseskasser. Kassene åpnes automatisk som ledd i avfyriingssekvensen. Raketten blir levert ferdig monterte og kontrollerte i sine kasselaunchere fra depot. Kassene monteres på dekk ved hjelp av hurtigbeslag, og kontroll- og avfyriingskabler tilkoples. Dermed er raketten klare for operativ bruk.

Fartøysinstallasjonen omfatter også individuelle kraftforsyningsmoduler, operatørpanel, oppstartings- og kontrollsystemer, og en kompakt digital minidatamaskin som beregner all den informasjon raketten krever fram til avfiring. Det gjennomføres også kontinuerlig test av kritiske parametre for styre- og søkermodulene. De primære måldata kommer fra fartøyets ordinære ildledningsradar og øvrige siktesystemer. Sinnrikt sikrede avfyriingskretser inngår i systemet.

Stridshodets virkning i målet kan sammenlignes med de 28 cm granater som hovedartilleriet på de tyske slagkrysserne "Scharnhorst" og "Gneisenau" benyttet under annen verdenskrig. Disse fartøyer hadde et deplasement på 28 000 tonn. I tillegg er treffsannsynligheten for våre små kanonbåters Penguin-raketter langt høyere enn for slagkryssernes artilleri. Dette sier noe om moderne marinefartøyers slagkraft, noe som ble understreket ved egypternes senking av den israelske jageren "Eilat" med en sovjetisk radarheimende Styx-rakett i 1967.

Penguin var den første målsøkende sjømålsraketten innen Nato, raskt etterfulgt av den franske radarheimende sjømålsraketten Exoset. Sammenlignet med Styx-raketten må begge karakteriseres som kompakte og lette, og ganske små fartøyer kan derfor utrustes med et betydelig antall av disse slagkraftige raketten.

## Nært samarbeid med Sjøforsvaret fra starten

Sammenholdt med Terne-utviklingen var det to viktige særtrekk som kjennetegnet Penguin-utviklingen. Det var et nært og fruktbringende samarbeid med Sjøforsvaret like fra prosjektet startet. Kapteinløytnant Nils Bro var Marinens prosjektleder, og fulgte utviklingen fra tidlig begynnelse like fram til Penguin Mk 1 var operativ på 20 av Marinens "Storm"-klasse kanonbåter. Han koordinerte også en ganske omfattende innsats fra Marinens side under utprøvnings- og evalueringsfasene som strakte seg over flere år. Bro var også sentral ifm. Penguin Mk 2 og Mk 2 Mod 7 til USA.

KVs ingeniører ble brakt inn i utviklingsarbeidet på et tidlig tidspunkt. På denne måte kunne de forberede produksjonsunderlag og oppbyggingen av produksjonslinjer allerede i utviklingsfasen. FFI støttet i betydelig grad opp under produksjonsforberedelsene på KV etter hvert som utviklingsfasen nærmet seg slutten. Det er denne type arrangementer med nært samarbeid bruker – industri – forskningsinstitutt som er opphavet til betegnelsen "FFI-modellen", som reduserer tiden betraktelig fra utvikling til produksjon.

## To nye fagområder

Prosjektet førte FFI inn på to helt nye fagområder:

- Elektrooptikk (infrarød søkerteknologi og laserbasert høydemåling) og
- Treghetsnavigasjon

Personer som har stått sentralt i det nybrottsarbeid som FFI har gjennomført på disse to feltene er: Tycho Jæger og Helge Ekre innen elektrooptikk og Alf Solbakken og Henry K. Johansen innen treghetsnavigasjonssystemer.

### IR søkerteknikk

Infrarødt teknikken (IR-teknikken), og i enda større grad IR søkerteknikk, var et nytt fagområde hvor det var begrensede erfaringer å trekke på blant våre større Nato-partnere. Rett nok var det utviklet IR-søkere for passivt heimende fly-til-fly-raketter. Men her er forholdene langt gunstigere idet kontrastforholdet mellom IR-strålingen fra et flys jetmotor og himmelbakgrunnen er stor sammenholdt

med kontrasten mellom et fartøy og sjøen med holmer og øyer. Dessuten benyttes for fly-til-fly-raketter vanligvis "Lock On" på målet fra avfiring. Det vil si, raketten "ser" målet allerede før den avfyres. En søkfunksjon hvor søkeren selv finner målet er da overflødig.

Det var nok i utgangspunktet en viss skepsis til satsingen på en IR-søker. En radarsøker ville være et sikrere alternativ og bygge på kjent teknologi. Men en slik søker ville hatt en langt dårligere diskrimineringssevne i våre trange kystfarvann, dessuten ville det være en aktiv søker som ville være relativt lett å detektere. En IR-søker derimot er en passiv søker og detekterer varmestråler fra målet uten å røpe sin posisjon.

IR-søkeren inneholder mange intrikate komponenter av mekanisk, optisk og elektronisk art. Den nødvendige mekaniske ekspertisen, inklusive presisjonsbearbeiding av infrarøde speil, måtte bygges opp ved FFIs fellesverksted. Et glassblåserverksted med helt ekstreme krav til presisjon og fremstillingsteknikk måtte også bygges opp. Halvleder detektor-elementer som er følsomme i IR-delen av det elektromagnetiske spektrum må kjøles ned mot ca. 80 grader Kelvin (ca. -200 grader Celsius) for å oppnå tilstrekkelig følsomhet. Det krever en helt spesiell "termosflaske" for oppbevaring av kjølevæsken. Smalbåndede optiske tynnfilmfiltre for IR-området var også en komponent det ble bygget opp et spesielt laboratorium for. Det ble det også gjort for fremstilling av IR-detektorer og tynnfilm mikromønstre. (Se hefte nr. 11, Elektrooptikk, i denne hefteserien.)



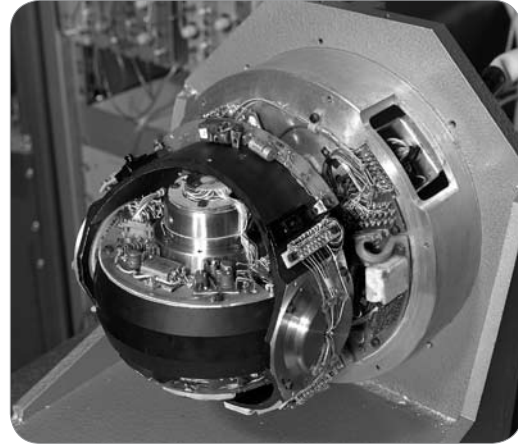
IR-søkeren Janus for Mk 1.

### Feltmålinger, grunnlaget for konstruksjon av søker

Målsøkeren for Penguin-raketten ble utviklet på bakgrunn av et betydelig antall feltmålinger. Dette omfattet både landbasert og luftbåren anvendelse av søkerprototyper. Under utvikling av Mk 1-søkeren ble kampflyet RF84F benyttet inntil Luftforsvaret anskaffet DHC-6, Twin Otter. Installasjonen i Twin Otter ble av FFI over tid utviklet til et flyvende IR-laboratorium med søkeren som hovedsensor. Under prøvene ble flyets bane mot målfartøyet søkt etterlignet raketts bane. Under utviklingen av Mk 2 Mod 5-søkeren (forbedret motmiddeldiskriminering) ble flymålingene betydelig intensivert med prøver mot et antall forskjellige IR-motmidler i kombinasjon med målfartøy. Twin Otter ble også benyttet under utviklingen av IR-søkeren for NSM-missilet. Flymålinger i FFIs regi pågikk inntil Twin Otter ble avhendet av Luftforsvaret i 2000. Sjøforsvaret, Luftforsvaret og KDA har videreført flymålingene under utviklingen av NSM (Nytt Sjømålsmissil) ved å benytte kampflyet F-5.

### Treghetsnavigasjon

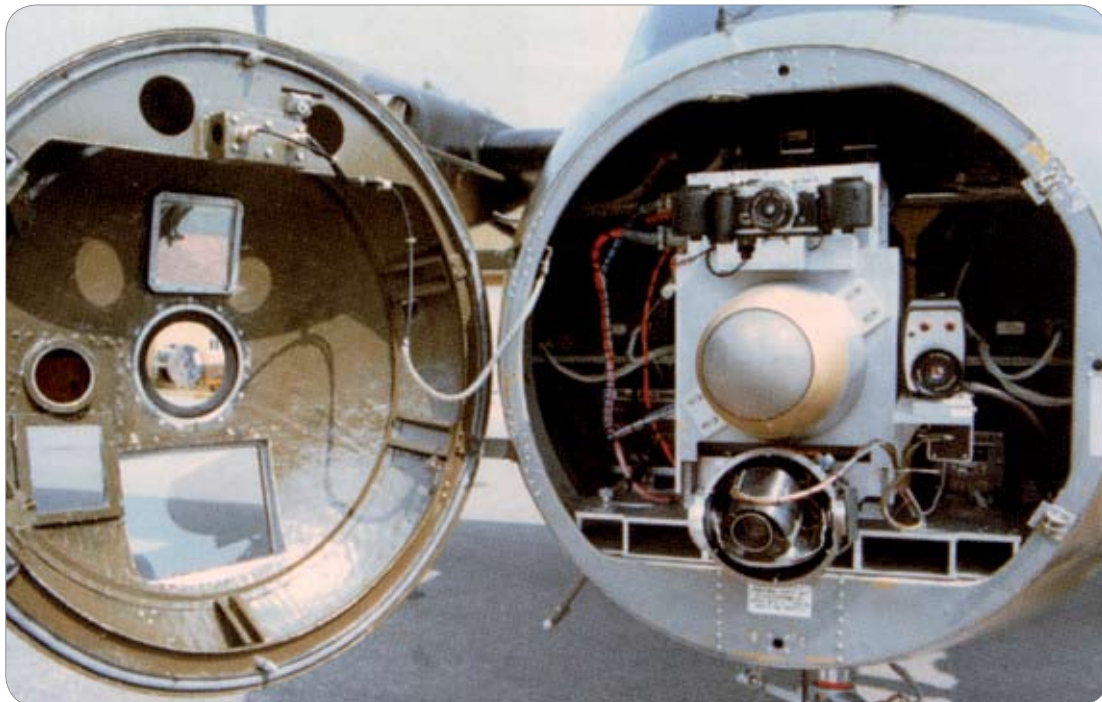
Treghetsnavigasjon var et annet nytt fagfelt for FFI, selv om denne teknikken var ganske veletablert i USA og UK. Her inngikk nye komponenter som gyroskoper og akselero-



Plattform for Mk 1.

metre, og det krevdes en presisjon hos disse som var helt på grensen av det som var mulig å få til. Dessuten var det strenge krav til vekt og volum, og teknologien måtte tøyes til det ytterste.

Treghetsnavigasjonssystemet (TNS) for Penguin gjennomgikk et omfattende testprogram på rakettsledebane ved Holloman Airforce Base i New Mexico, USA. I styremodulen inngikk dessuten en laser høydemåler som også må karakteriseres som en avansert nyskapning på denne tiden.



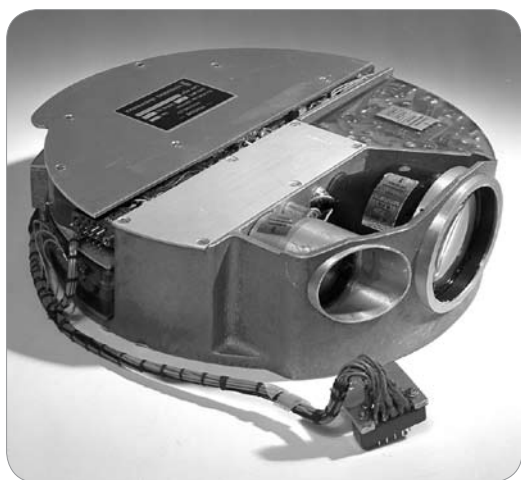
Flymålingene ble som oftest gjort med en Twin Otter. Søkeren er plassert i nesen på flyet. Der er også et optisk og et infrarødt kamera.





*Et IR-laboratorium i Twin Otter. Birger Kommedal (t.v.) og Oddbjørn Haug.*

FFIs generelle innsats på området data-maskiner, samt utviklingen av en digital ildledningsdatamaskin for Feltartilleriet som pågikk i denne perioden, ga også nødvendig bakgrunn for utviklingen av en egen kompakt minidatamaskin for ildledning og kontroll av Penguin-systemet. Dette ble den første norsk-utviklede datamaskin installert på norske marinefartøyer. Maskinen ble under utviklingsfasen detaljsimulert på Regneanelegget Blindern – Kjeller (RBK), før prototypen ble utviklet.



*Laser høydemåler var en nyskaping på denne tiden.*

## Problemer underveis

De innledende skyteforsøkene ble lagt til Hjeltefjorden ved Bergen, med utskytingsstandplass på Skjellanger Fort. Det dreide seg i denne fasen om ballistiske fyringer, dvs. raketts søker og styremoduler var ikke med. Samtidig ble et kombinert fall-skjerm- og flytesystem utprøvd. Dette skulle gjøre det mulig, ved et radiosignal, å avbryte flukten for raketter som måtte oppføre seg unormalt og true sikkerheten i skytefeltet og nærliggende områder. Systemet skulle også gjøre det mulig å berge raketten for nye prøvetryninger og dermed spare tid og penger. Rakettenes baner ble registrert ved hjelp av optiske målestasjoner, kineteodolitter, plassert på øyer langs rakettpbanen. Det krevde en betydelig innsats å få dette utstyret og mannskaper ut i posisjon med båt eller helikopter. Måledata fra raketten ble overført til standplass via et telemetrisystem slik at dets oppførsel kunne analyseres og simuleres i ettertid. Også dette systemet skulle utprøves, selv om man her bygget på erfaring fra oppskyting av forskningsraketten fra Andøya Raketttskytefelt.

Første prøveskudd, som ble kalt "Enok", ble betraktet som vellykket hva flukten angikk, men fluktavbruddsystemet virket ikke. Raket-



*Fra Skjellanger. Rakett på lancher. Fra venstre ser vi Nils Grøholdt og Egil Eriksen, fra høyre Olav Blichner (med topplue), Gunnar Kristoffersen (med lue), Eivind Helle og Per Pedersen.*

ten lå på 100 m dypt vann og ble ikke hentet opp. Neste skudd, "Tobias", var nær ved å treffe fyrlykten like nord for fortet. Noe var tydeligvis galt.

De neste fem fyingene forløp normalt og flytemekanismen berget raketten. Skudd nr. åtte gikk fatalt galt og dro ca. 30 grader ut av kurs umiddelbart etter avfiring. Nødstoppsfunksjonen (fallskjermene) ble omgående utløst, men også denne sviktet. Det viste seg at fallskjermstroppene ble avbrent av rakettmotorens hete gasser.



*Den satt! Jæger og Blichner konstaterer en fulltreff.*

Med disse erfaringer fant en det sikkerhetsmessig lite forsvarlig å fortsette prøveprogrammet i Hjeltefjorden. Farvannet ble vurdert som for trangt inntil raketten hadde oppnådd en normal og pålitelig bane, og fluktavbruddsystemet virket tilfredsstillende. Fluktavbruddsystemets svakhet ble rettet ved varmeisolering av fallskjermstroppene. Noe senere ble det innført et mer avansert fluktavbruddsystem som på radiosignal delte raketten i to ustabile komponenter, som falt ned i havet. Av rent sikkerhetsmessige grunner ble de neste banefyingene lagt til Færder fyr i ytre Oslofjord.

Programmet utviklet seg omsider tilfredsstillende, men etter hvert fant en forholdene her for primitive, og etter noen tid ble prøveskytingene flyttet til Oddane Fort ved Nevlunghavn. Her var forholdene av en helt annen standard og betydde et stort fremskritt for deltagerne.

Etter hvert ble nå styremodul og målsøker tatt med under prøvene, og det ble lagt ut små flåter med brennende fakler for å studere målsøkerens reaksjoner.

Forsøkene så langt hører inn under prosjektets fase 1 som i betydelig grad var støttet av USA-midler. Betydelige omkonstruksjoner



*En Penguin på launcheren på Oddane Fort ved Nevlunghavn.*

ble gjennomført av såvel målsøker, treghetsnavigasjon som styresystem før første bane-fyring i fase 2 ble gjennomført fra et nytt skytefelt. Denne fase av prosjektet oppnådde betydelig økonomisk støtte fra Vest-Tyskland.



*Fra Færder fyr. En rakett er klargjort for skudd.*

### Jærens rev

Frakt av raketter fra FFI til Vestlandet var ikke alltid enkelt. Som demonstrasjon på en måte dette ville kunne gjøres, ble det på en lastebil montert to launchere. En Penguin-rakett ble lagt på den ene og lastebilen ble kjørt over til Kjeller flyplass der et C-119 ("Flying Boxcar") fly sto klart for å ta imot det hele. Kort tid etter tok flyet av og landet etter vellykket flukt på Sola flyplass. Lastebilen kjørte av flyet og ut til stranden på Jærens rev. Etter en del forberedelser kunne så bilens lasteplan eleveres (rakett/launcher med den) og raketten, "Baltus", fyres ut over havet, hvorfra den igjen ble plukket opp.

### Vigdel skytefelt

Oddane Fort hadde ikke vist seg som noe vel-egnet skytefelt etter hvert som intensiteten i skyteprogrammet økte. Etter en kartrekognosering av norskekysten og etterfølgende befaringer, ble så Vigdel Fort på Jæren valgt for oppbyggingen av et permanent og tjenlig raketttskytefelt.

Følgende positive faktorer er knyttet til Vigdel raketttskytefelt:

- Akseptabel plass utover havet for nødvendige manøver og sikkerhetssoner.



Vigdel rakettskytefelt. Kontrolltårnet midt på bildet med utskytingsplassen over til venstre.

- Et sett med holmer vel egnet for plassering av banemåleutstyr.
- Skytefeltet ligger nær en sivilmilitær flyplass.
- Gode havneforhold for deltagende marinefartøyer i såvel Tananger som Stavanger.
- Akseptable sikt og værforhold med mildt klima.
- Stor skipstrafikk på tvers av skytefeltet, og betydelig fiske i området var selvsagt til noe besvær.

Fra Vigdel rakettskytefelt ble det skutt både fra landmontert launcher og fra KNM "Storm" og KNM "Traust" fra farvannet innenfor Feistein fyr. KNM "Traust" var lederfartøy i 25. TKB-skvadron som forøvrig bisto ved overvåking og sikring av skytefeltet. Etterhvert ble det også skutt mot utrangerte fartøyer, små som store, i forskjellige avstander fra skytende fartøy. Her inngikk også fartøysinstallasjonen som var under utvikling og utprøving.

## Penguin Mk 1

Etter hvert innså en at Penguin-systemet nok ville bli etterfulgt av nye og videreutviklede

generasjoner sjømålsmissiler, og systemet ble offisielt gitt betegnelsen Penguin Mk 1. Utviklingsprogrammet ble avsluttet i 1972 etter en innsats på ca. 185 FIÅ. 20 TKBer av "Storm"-klassen, seks av "Snøgg"-klassen samt fem fregatter av "Oslo"-klassen, ble etterhvert bevæpnet med Penguin Mk 1-systemet. Det ble ytterligere levert noen få systemer til den tyrkiske marine.

Penguin Mk 1-prosjektet beslagla en betydelig del av FFIs personellressurser gjennom ca. ti år. Dessuten ytet Kongsberg Våpenfabrikk en betydelig innsats ved FFI. Forsker Nils Grøholdt var prosjektleder de første årene. Da han gikk over i tilsvarende stilling ved Kongsberg Våpenfabrikk tok forskningssjef Karl Holberg over denne funksjonen. Forsker Yngvar Lundh ble etter hvert som prosjektet vokste, hans prosjektkoordinator. Lundh ble etter en tid erstattet med Helge Ekre som koordinator. Senere overtok H.K. Johansen som koordinator og ansvarlig forskningssjef over en 15 års periode frem til 1991 da Paul Narum overtok. Prosjektet var inndelt i følgende underprosjekter:

- Målsøker
- Navigasjonssystem
- Høydemåler
- Gasservo
- Stridshode

- Rakettmotorer
  - Aerodynamisk struktur
  - Fartøysinstallasjon
- I tillegg kom banefyringsprogrammet.

## Penguin Mk 2

Utviklingsprogrammet for Mk 2 startet allerede i 1970. Her tok en i bruk erfaringene fra utviklingen av Mk 1 samt ny teknologi som var kommet til underveis. Fordelene ved rakettsens moduloppbygging kom nå til sin rett, og nyutviklingen kunne avgrensnes til et mindre antall moduler. I denne fase spilte KV en langt større rolle enn under Mk 1-programmet. En ny og forbedret søkermodul, Mk 2 Mod 3, ble utviklet, og rakettsens elektronikk-systemer gjennomgikk en omfattende modernisering, bl.a. ble søker-elektronikken digitalisert og hybridisert. FFI konsentrerte seg i første rekke om styremodulen hvor det blant annet ble lagt inn muligheter for taktiske manøvre i rakettsens midtbane og sluttstyring mot målet. Ved KV ble det utviklet en ny type kasselauncher i aluminium.

Sjøforsvaret fortsatte utbyggingen av kanonbåtflåten med ytterligere 16 fartøyer som fikk betegnelsen "Hauk"-klassen. Det var fortsatt samme skrog som ble benyttet, mens bevæpningen for denne klasse ble en

40 mm Boforskanon på fordekket og seks Penguin-raketter Mk 2 på akterdekket. Fartøysklassen fikk et nytt multisensor i ledningssystem, MSI 80S, utviklet av FFI og KV i fellesskap. MSI 80S omfattet også elektrop-tiske observasjons- og siktemidler utviklet ved Avd. E. Installasjonene på "Hauk"-klassen ble gjennomført fra 1982. Det ble også levert 14 komplette kanonbåter med Penguin Mk 2-systemer installert til den svenske marinen. Fartøysklassen ble her gitt navnet "Hugin". Et mindre antall Mk 2-systemer ble levert til den greske marine. Mk 2-prosjektet var fullført i 1986. Det var satset ca. 160 FIÅ fra FFIs side. Dette omfattet også nyutvikling av en digitalisert målsøker, Mk 2 Mod 5, med forbedret motmiddeldiskriminering. Denne søkeren erstattet etter noe tid søkeren på de norske og svenske Mk 2-rakettene. Penguin-rakettene som ble utviklet for utskyting fra helikopter og kampflyet F-16 benytter også denne målsøkeren.

Et samarbeid med Naval Research Laboratories (NRL) ble innledet i denne perioden. Det ga muligheter for å vurdere Penguin-søkeren mot de mest avanserte US motmidler. Det ga selvsagt NRL muligheter for å teste sine motmidler mot en av verdens mest avanserte IR-søkere mot overflatefartøyer.



*Penguin Mk 2 skytes ut fra MTB.*



FFIs innsats ble betydelig mindre sammenholdt med Mk 1-utviklingen. På de områder FFI hadde hovedansvaret, søker og navigasjonsenheter, ble stort sett det samme personell satt inn. Skyteforsøkene ble nå overtatt av Marinen.

### Penguin Mk 2 Mod 7/ LAMPS for US Navy

I perioden 1979 til 1982 fulgte så et omfattende program for kvalifisering av Penguin Mk 2-systemet for bruk i US Navy. Sjøforsvarets Forsyningskommando (SFK), US Navy, KV og FFI samarbeidet om gjennomføringen av programmet. Programmet ble avsluttet med et teknisk og operativt skyteprogram mot målfartøyer utenfor Cape Canaveral i Florida høsten 1981. Penguin Mk 2-systemet imøtekom samtlige kvalifiseringskrav.

Kvalifiseringsprogrammet ble fulgt opp av et utviklingsprogram hvor systemet ble tilpasset for utskyting fra US Navys LAMPS helikoptre. Dette krevde en betydelig omkonstruksjon av raketten, som blant annet måtte utstyres med foldevinger. Det måtte dessuten utvikles et nytt kontroll- og avfyringssystem tilpasset helikopteret. I sum kan det sies at Mk 2 Mod 7/LAMPS-raketten er en modifisert Mk 3 Penguin som var under utvikling i samme tidsrom. Et operativt kvalifiserings-

program hørte også med. Prosjektet ble gjennomført i perioden 1984 til 1990. FFI ytet en betydelig innsats. Programmet ble etterfulgt av betydelige leveranser til US Navy.

### Penguin Mk 3

I perioden 1976 til 1989 ble det så utviklet et Penguin-system for Luftforsvarets F-16 kampfly. I forhold til Mk 2 dreide det seg om en helt ny sjømålsrakett med betydelig større rekkevidde, rullstabilisering og rakettbaner som kunne dekke såvel sjø- som landområder. Siden flyet allerede har en høy hastighet i utskytingsøyeblikket kunne startrakettmotoren sløyfes, og ledig volum og vekt nyttes for en større gangmotor, og tilsvarende langt større rekkevidde. Det ble benyttet samme målsøker som i Mk 2 Mod 7/LAMPS. Styremodulen ble omkonstruert for langt mer sofistikerte taktiske manøvre, og et fullstendig nytt våpenkontrollsystem måtte utvikles og tilpasses F-16s avanserte datasystem.

Et nytt skytefelt med avansert instrumentering ble bygget opp i Andsfjorden, og operativ evaluering av systemet ble gjennomført i 1987-89. Skyteprogrammet ble gjennomført som et samarbeid mellom Luftforsvaret, FFI og Andøya Raketttskytefelt. FFI-innsatsen på prosjektet ble ca. 105 FIÅ.



*Penguin fra helikopter.*



*En komplisert kamerainstallasjon. F-16 oppsatt med fire highspeed kameraer, ett på hver vingetipp og to i "centerline tank". Kameraene på vingetippene er installert i nesene på sidewind-er øvelsesraketter (Asbjørn Oddans ide). Her spilte Bjørn Fremstad fra Fotolaben en viktig rolle, som under hele Penguin-perioden.*

## Penguin videreutvikling

Sjøforsvaret utarbeidet i 1986 operativ målsetting for nye fartøyer av typen TKB med sjømålsmissiler som hovedbevæpning. De operative krav for fartøyer og missiler ble utarbeidet og forelå i løpet av 1987. Tekniske økonomiske mulighetsstudier av alternative sjømålsraketter for de nye fartøyer ble deretter gjennomført ved SFK. FFI satset på sin side med betydelig styrke, anslagsvis 200 FIÅ, for å støtte Sjøforsvaret i denne sammenheng. Prosjektledelsen ble tatt hånd om ved Avd. E, men andre avdelinger medvirket også i betydelig grad. En ressurskrevende del av prosjektet var å utarbeide grunnlag for spesifisering av et nytt og mer avansert målsøkersystem for de nye sjømålsrakettenes gjennom utvikling av kritisk teknologi. For å underbygge assistansen til Sjøforsvaret ble det arbeidet med alternative tekniske og operative konsepter. Denne virksomheten utgjorde den mest omfattende del av FFIs innsats. Foruten analyser ble det utført innledende konstruksjonsarbeider og fremstilt demonstrasjonsmodeller av kritiske komponenter for å underbygge alternative konsepter.

Målsøkeren var den modul hvor forholdene lå best til rette for å utnytte ny teknologi. Og arbeidet ble ført fram til et konkret grunnlag for spesifisering av operative og tekniske funksjoner og i stor utstrekning også teknisk utforming og konstruksjon. En demonstrasjonsmodell ble bygget og utprøvd ved flymålinger med Forsvarets Twin Otter.

Med hensyn til systemet forøvrig var arbeidet preget av et stort antall mulige konsepter hvor det ble tatt hensyn til operative, tekniske og produksjonstekniske faktorer. Alle aktuelle konfigurasjoner og løsninger ble fremlagt og diskutert, slik at videreføring av arbeidet raskt kunne konvergere mot noen meget få anbefalte alternativer. Missilet, som den heretter vil bli kalt, vil få en radikal økning av rekkevidden og en helt ny struktur med to vinger. Prosjektet har foreløpig fått navnet Nytt Sjømålsmissil (NSM).

Samarbeidet med Sjøforsvaret, Luftforsvaret og industrien ble ivaretatt gjennom to kontaktgrupper:



*Fra Andfjord skytefelt.*

- "Teknisk koordineringsgruppe for NSM videreutvikling" med representanter fra SFK, LFK, FFI og Norsk Forsvarsteknologi (NFT).

- "Operativ referansegruppe" med representanter fra Motortorpedobåtinspektøren (MTBI), KNM "Tordenskjold", 26. MTB skvadron, SFK og FFI.

Prosjektet omfattet tre delprosjekter: Systemarbeid, målsøker samt aerostruktur og eksplosivkomponenter.

Arbeidet med målsøkeren tok sikte på å assistere Sjøforsvaret i vurderingen av behovet og muligheten for å frembringe en ny billeddannende målsøker, og omfattet også utvikling av en demonstrasjonsmodell, målinger og analyser av IR-scener og signaturer samt oppbygging av et fagmiljø for prosessering av de detaljrike IR-bilder som den nye søker frembringer. Omfattende IR-opptak i aktuelle farvann av forskjellige typer fartøyer ble gjennomført fra fly og land.

Delprosjektet aerostruktur og eksplosivkomponenter omfattet blant annet utredning av

alternative konsepter for vingekonfigurasjon, kasselauncher, fremdriftsmotorer samt økning av stridhodets sprengkraft.

I 1992 startet Sjøforsvaret en kontraktsdefinisjonsfase hos NFT. Ved avslutningen av denne fase skulle NFT etter planen fremlegge et detaljert grunnlag for en eventuell kontrakt mellom Sjøforsvaret og industrien om utvikling av et nytt sjømålsmissil. Kontraktgrunnlaget var klart i løpet av 1995. I skrivende stund (2006) er NSM-utviklingen forventet ferdig rundt årskiftet 2006/2007. Det gjenstår blant annet tekniske verifikasjonsfyringer i USA i regi av Kongsberg Defence & Aerospace (KDA, tidligere NFT). KDA markedsfører NSM som "Naval Strike Missile", og man satser på at dette kan bli vurdert som et interessant våpensystem også av våre allierte og på Luftforsvarets nye kampfly. FFI har fortsatt en betydelig virksomhet gående angående evaluering og videreutvikling av målsøkersystemet.

*Bidragstere: Egil Bingen, Olav Blichner, Emil Brodersen, Egil Eriksen, Einar Evensen og Greger Johansson.*



## Bilder av samtlige medarbeidere fra Penguin Mk 1

### Aero- og strukturgruppen – 1968



Olav Blichner  
forsker  
jobbleder



Leif Erik Dahl  
mekaniker



Ivar Dybvik  
konstruktør



Magne Glomnes  
sivilingeniør



Eivind Helle  
forsker



Per Kirknes  
konstruktør



Øystein Karlsen  
mekaniker



Fredrik Klouman  
forsker



Arne Lofstad  
konstruktør



Jostein Ravndal  
sivilingeniør



Olav Spilde  
stipendiat



Ole Syversen  
mekaniker



Kolbjørn Vasaasen  
forsker



Reidar Uthaug  
konstruktør



Målsøker og IR-gruppen - 1968



Tycho Jøger  
forsker  
Jobbleder



Bjørn Andresen  
stipendiat



Arild Andresen  
praktikant



Ronald E Berberg  
konstruktør



Erling Bonde  
konstruktør



Helge Ekre  
forsker



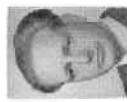
Einar Evensen  
forsker



Stein Gudmundsen  
praktikant



Svein Frøyer  
konstruktør



Oddbjørn Austin Haug  
avdelingsingeniør



Christian Holm  
forsker



Birger Chr Kommedal  
forsker



Ole T Kristiansen  
praktikant



Ragnar Kristiansen  
konstruktør



Willy O Kristiansen  
praktikant



Olav S Kvaale  
konstruktør



Øistein Lundberg  
praktikant



Leif Lauritsen,  
praktikant



Snorre Prytz  
forsker



Øystein Larsen  
forsker



Arne Nygård  
konstruktør



Jan Henrik Nielsen  
praktikant



Ragnar Renneund  
konstruktør



Harald O Rygg  
forsker



Ole Røysholm  
tekniker



Julius Sandvik  
konstruktør



Oddvar Selnes  
stipendiat



Harald Schjøtz  
forsker



Arne Soløsvik  
avdelingsingeniør



Erling Skogen  
avdelingsingeniør



Stålar Storsveen  
praktikant



Per Åge Stolsæth  
forsker



Erling Valvin Sunde  
forsker



Per Johan Sæther  
konstruktør



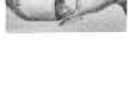
Rolf Tine  
konstruktør



Bjørn Verndal  
forsker



Thor Vestgøte  
konstruktør



Erling Wessel  
forsker



Gunvald Øyum  
instrumentmaker

## Styregruppen - 1968



Alf Solbakken  
forsker  
jobbleder



Oskar Bergli  
forsker



Lars Hjørset  
forsker



Olav Brække  
konstruktør



Emil Broderesen  
forsker



Johnny Mundli  
praktikant



Truls Fallet  
forsker



Geir H. Garpe  
konstruktør



Edgar Oluf Laujen  
konstruktør



Kalf Haukland  
konstruktør



Per Terje Heggedal  
konstruktør



Thor Erling Holmsen  
konstruktør



Henry Kjell Johansen  
forsker



Ørnulf Kausola  
konstruktør



Tom Knutsen  
praktikant



Odd A. Kristiansen  
konstruktør



Terje Aadsen  
tekniker



Olav Norbakken  
hjelpearbeider



Sæger Nyvoll  
tracer



Edil Olsen  
konstruktør



Kurt Sæven  
konstruktør



Arne Schjetne  
forsker



Arne Sjøvik  
stipendiat



Øyvind Sprullen  
konstruktør



Tore Hemming Tveiter  
tekniker



Knut Fetter Rønnevig  
laborant

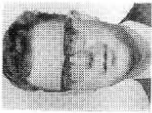


Lasse Vingsternes  
praktikant



Arnt J. Øvreness  
konstruktør

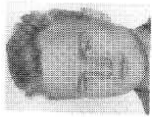
## Motor- og stridshode – 1968



Gunnar Kristoffersen  
forsker  
Jobbleder



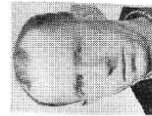
Egil Strømsøe  
forsker  
Jobbleder



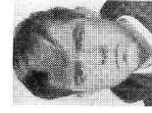
Øystein Kjør Andersen  
konstruktør



Asbjørn Brack  
forsker



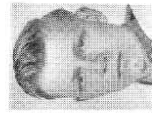
Olav Bøhnsdalen  
spesialarbeider



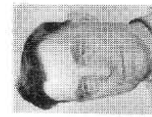
Jack Due-Sørensen  
laborant



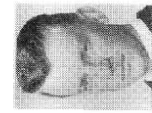
Egil Ragnar Eriksen  
forsker



Svein Eriksen  
konstruktør



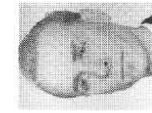
Binger Friberg  
spesialarbeider



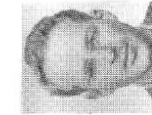
Finn Haugom  
konstruktør



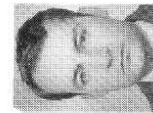
Kåre Enevald Heigre  
konstruktør



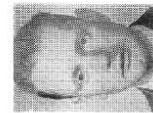
Ragnar Hole  
konstruktør



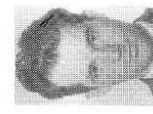
Kjell Ole Jacobsen  
forsker



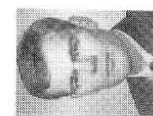
Per Arne Karlsen  
konstruktør



Øyvind Larsen  
tekniker



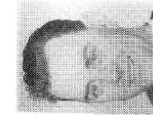
Leiv Omholdt  
konstruktør



Helge Stordalen  
konstruktør



Per Solheim  
konstruktør



Kåre Svendsen  
spesialarbeider



Kåre Sørlie  
fagarbeider



Halstein Thomassen  
konstruktør



Jan Henrik Wassén  
laboratoricassister

## Administrasjon og drift



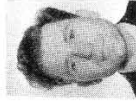
Karl Holberg  
forskningsjef  
avdeling E



Thomas Kroeg  
forskningsjef  
avdeling X



Torleif Hviinden  
forskningsjef  
avdeling F



Yngvar Lunth  
forsker  
prosjektleder



Per O. Anthonen  
konstruktør  
R&D-laboratoriet E



Kåre Anre  
kontorfullmektig  
avdelingskontoret X, konstruksjonskontoret F



Oddvar Ballestad  
konstruktør  
avdelingskontoret X, konstruksjonskontoret F



Odd J. Bakke  
avdelingsingeniør  
avdelingskontoret F



Liv Berit Borten  
kontorfullmektig  
avdelingskontoret E



Reidun Bryn Ainer  
kontorassistent  
prosjektlederkontoret



Arne Crovo  
avdelingsingeniør  
driftskontoret E



Tor E. Ellingsheim  
laboratorassistent  
avdeling E



Ingrid Gjermet  
kontorassistent  
avdelingskontoret X



Anna Lise Glorvigen  
kontorassistent  
driftskontoret E



Alf Grønvold  
vaktmester  
avdeling X



Harry Haglund  
konstruktør  
driftskontoret F



Albert Klinge  
vaktmester  
avdeling E



T. Vigdis Kokvik  
kontorassistent  
forvarselset E



Carl Lereim  
driftsingeniør  
driftskontoret X



Jostein Nedregård  
konstruktør  
prosjektlederkontoret



Arvid Nilssen  
laboratorassistent  
instrumentlaboratoriet E, driftskontoret E



Berit Norbakken  
kontorassistent  
driftskontoret E



Vivan Pedersen  
kontorassistent  
avdelingskontoret F



Signe Petersen  
kontorfullmektig  
avdelingskontoret E



Arne Kønåsbyørg  
bud  
avdeling E



Odd J. Skaug  
tekniker  
driftskontoret E



Willy Storbråten  
konstruktør  
driftskontoret E



Solveig Small  
kontorfullmektig  
avdelingskontoret F



Knut Takla  
driftstekniker  
driftskontoret X



Gunnar Utseit  
lagarbeider  
avdeling E



Peth Wold  
konferfullmektig  
forvarselset E



Rolf Aas  
spesialarbeider  
lageret E

## Diverse oppdrag



Per Bugge-Asperheim  
forsker  
Databehandling (SAM)



Asbjørn Aspevik  
konstruktør  
Radiolokalisering



Oddvar Bjørn Brude  
konstruktør  
Databehandling (SAM)



Jan Bakke  
laboratorieassistent  
Databehandling (SAM)



Bjørn Brekne  
forsker  
"Interface"



Magne Eggestad  
forsker  
Radiolokalisering



Tore Lund-Hanssen  
forsker  
Databehandling (SAM)



Knut Korsvold  
forsker  
Databehandling (SAM)



Erling Runde  
forsker  
Databehandling (KIRA)



Bjørn Tveiten  
vitenskapelig assistent  
Databehandling (KIRA)



Jan Erik Aaslien  
programmeringsassistent  
Databehandling (SAM)

## Serien fullført – En takk til Erling Skogen



Med dette heftet, nummer 22, avsluttes serien *Fra Forsvarets forskningsinstituttets historie*.

Det er gjennomført et omfattende arbeid, langt mer omfattende enn forutsett da prosjektet ble

startet i 2002. Det har vært et dugnadsprosjekt hvor mange har bidratt, noen med nærmest fullstendige manuskripter. De fortjener alle stor takk!

Erling Skogens innsats står klart i særklasse. Han engasjerte seg for idéen fra første stund, og fikk lagt rammene med de selvstendige temaheftene. Så skulle heftene gis redaksjonell og grafisk stil. Erling jobbet meget med dette. Han ville ha en utforming som balanserte virksomhetens seriøse formål med det indre miljøets uhytidelighet, og som kunne gi rom for variasjon i fremstillingen for de ulike temaer, alt etter bidragsytternes stil og temaets karakter. Deretter fulgte planen for temaer og hefter, og ikke minst, bidragsyttere. Etter hvert som bidragene kom inn – noen først etter vedvarende "oppfølging" – var grunnlaget lagt for en betydelig redigeringsinnsats, fremskaffelse av illustrasjonsmaterieill (som han sjelden ble helt fornøyd med, han er streng slik) og ferdigstilling for trykking.

Erling har hatt gode hjelpere, spesielt Bjørn Fremstad med foto og Bente Hagen med tekstsettingen.

Det er allikevel ikke urimelig overfor noen å slå fast at serien med historiehefter som helhet først og fremst er Erling Skogens verk. Dette er ikke tilfeldig, men spiller Erlings innstilling gjennom alle hans år ved FFI. Fra han ble ansatt i 1950 fulgte han to parallelle spor: Egen faglig utvikling i teknologiens forkant, og som miljøskaper i kretsen rundt ham. Sammen med hans innsats som overingeniør fulgte et stadig sterkere engasjement for å fremheve andres bidrag og resultater. Begavet som billedkunstner og forteller gjenkjenner han kvalitet og kan formidle det han ser. Gjennom flere år var han redaktør (og stort sett forfatter) av instituttets husorgan *Mikroskopet*. Han begynte tidlig å samle objekter for et "museum" og laget en historisk utstilling av høy kvalitet, som dessverre måtte vike plass for mer presserende formål. Men et betydelig materiale er samlet og systematisert.

Erling Skogen representerer det beste i instituttets kultur. I hans 84. år – og det sekstende som pensjonist – takker vi ham for innsatsen med historieheftene, og aller mest for hans eksempel som den gode kollega.

Oktober, 2006

*Paul Narum*

Paul Narum

*Nils Holme*

Nils Holme

### 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
20. Satellittovervåking
21. Vindtunnel  
Undervannsakustikk  
Registrerende bunnstasjon

