

Fra Forsvarets forskningsinstitutt

HISTORIE

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



Spredning av stridsgasser
Kamuflasje



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

Spredning av stridsgasser

Under arbeider i komitéer og KRB-utvalg (Kjemiske/Radiologiske/Biologiske) for vurdering av farene ved fiendtlig bruk av moderne kjemiske stridsmidler i Norge (i første rekke nyutviklede nervegasser), ble det klart at det var et sterkt behov for å skaffe tilveie egen pålitelig og grunnleggende kunnskap om virkninger av angrep og om beskyttelsesmidler. Forsknings sjef Egil Ronæss ved Avd for Kjemi (Avd K) initierte arbeidet på dette feltet. Einar Joranger, Randulv Os og Reidar Heggen har skrevet om forsøkene som foregikk ved FFI fra 1949 til 1969.

Utvikling av mekanisk røyk-generator

Med tanke på å etablere kontroll-laboratorium for gassmaskefiltre, startet man i 1949 utvikling av apparatur for generering av egnede aerosoler (partikler i luft) som prøvesubstans for filtermaterialer. En egnet prøvesubstans var di-octyl-phtalat (DOP), en oljeaktig væske med høyt kokepunkt. Partikkelskonsentrasjon ble målt ved en spesiell optisk metode basert på lysspredning (forward angle light scattering). Kunnskap om aerosoler ble ansett å være viktig, og forskningssjef Ole Jacob Kleppa foreslo høsten 1950 å utvikle en mekanisk røyk-generator uten motordrift. En prototyp ble

presentert der gass under trykk fra stålflasker drev en kjempeprimus og trykket en olje/vannemulsjon inn i en rørformet destillasjonsenhet. Oljedampen kondenserte så ved møte med atmosfæren gjennom en egnet dyse. Resultatet ble en aerosol i form av en myriade av oljepartikler, en oljerøyk med optimal partikkelstørrelse for mest mulig effektiv optisk dekkevne.

FFIs direktør Fredrik Møller holdt på denne tiden et foredrag i Oslo Militære Samfund om virksomheten ved FFI. Han nevnte der arbeidet med utvikling av oljerøykgenerator, og i sin vanlige stil ga han følgende kommentar til et foto av en tidlig modell: "Den ligner jo



Kjell Karlsen med røykgenerator. Forsøk i Kongsvingertraktene 1956.



mest på et hjembrentapparat". Dette hadde han kanskje noe rett i, fordi prinsippet var å foreta en lynrask destillasjon av mineralolje og styre kondensasjonen av oljedampen. Det ble for så vidt tilfredsstillende oljerøyk, men modellens kapasitet ble utilstrekkelig for stor-skala røyklegging. Siden ble motordrevne generatorer tilgjengelig både fra UK, Sverige og USA. Det kan nevnes at generatorens prinsipp teoretisk kunne brukes til fremstilling av aerosoler av for eksempel nervegasser, dermed kunne oljerøyken med rette simulere aerosolskyer av aktuelle kjemiske stridsmidler.

Kjemiske stridsmidler i norsk lende

I samsvar med FFIs formålparagraf, pkt 3: "-utforske norske naturmessige særpreg av betydning for forsvaret" startet forskningssjef Brynjulf Ottar arbeidet med å karakterisere samvirket mellom norsk fjell/daltopografi og transport/spredning av røykskyer og gasser. Til dette arbeidet krevdes meteorologisk kompetanse og betydelig innsats for å gjennomføre målinger av vind- og temperaturforhold av lokalmeteorologisk art. Disse studier

og målinger ble så koplet med utslipp av i første omgang synlig røyk for visuell karakteristikk av transport/fortynningsprosesser, siden med utslipp av egnet sporsubstans som kunne skaffe reelle data om fortynningsprosessene. Arne K. Sterten stod fra 1955 for den delen av disse studier av lokalmeteorologien som kunne beskrive de såkalte fjell/dalvindfenomener i Østlandsområdet. I det feltmessige opplegget for disse studiene ønsket man å utruste en utrangert buss fra HMK Garden til instrumentlaboratorium. Bussen fikk vi gratis, men det viste seg at Møller hadde betydelige motforestillinger til bussanskaffelsen. Det ble forhandlet og argumentert livlig, og til slutt gikk direktøren med på foretagendet mot at personellet ved Avd K ryddet og pyntet opp i blomsterbedet ved kantinebygget. Dette ble naturligvis utført, og som fotografiet viser, av en iherdig flokk medarbeidere.

Samarbeid utad

FFI søkte etter hvert samarbeid med institusjoner innen NATO, Nederland, UK og USA, og i ett tilfelle med svenske Försvarets Forskningsanstalt (FOA).



Personell fra Avd K rydder opp i blomsterbedet foran kantinebygget. Tidlig i 1950-årene.



Demonstrasjon i Vinstradalføret

Sammen med FOA ble det våren 1957 gjennomført en demonstrasjon av transport/fortynning av oljerøyk over en distanse på ca. 70 - 80 km i dalførene Vinstra/Gudbrandsdalen. FOA bidro med utlån av oljerøykgeneratorer som ble plassert øverst i Vinstradalen ved Skåbu. Røykutsippet startet massivt ca. kl 0400 en morgen i mars med varslede meteorologiske forhold for en velutviklet fjell/dalvindsituasjon. Observatører langs hele dalstrekningen kunne registrere røykfrontens bevegelse i Vinstradalen og frembrudd i Gudbrandsdalen og videre sør-øst mot Fåvang. Representanter for Hæren deltok som observatører, og en tropp fra Hærens Samband sørget for nødvendig kommunikasjon langs dalførene til den sentrale ledelse på Vinstra.

Demonstrasjon på Kjeller flyplass

FOA-folket ønsket å demonstrere sin egenutviklede røykgenerator for norske militære myndigheter med tanke på mulig norsk interesse for anskaffelse. Demonstrasjonen foregikk på Kjeller flyplass med et større oppbud av gjester og observatører fra Hæren og Luftforsvaret. Svenskene kunne tilsette egnede fargestoffer til røykoljen, og med blå og gule røykfaner svevende over Kjeller og Lillestrøm fikk demonstrasjonen en effektiv avslutning.

Jobbråd med i planleggingen

For å utvikle en militærfaglig kompetanse til å vurdere og gi råd om taktiske operasjoner med røyklegging i stor skala, ble det oppnevnt et jobbråd med representanter fra Hæren, nærforsvaret i Luftforsvaret og FFIs systemgruppe. Jobbrådet ga verdifulle bidrag til planleggingen av de røykleggingsoperasjonene som ble avviklet som ledd i større landmilitære øvelser på Østlandet og i Indre Troms.

Egne røykleggingstropper

Det ble oppsatt en egen "røykleggingstropp" med personell fra Fellesverkstedet og Avd K. Denne troppen gjorde det mulig å få gjennomført oppgaver med taktisk røyklegging i Østlandsområdet med innsats av inntil 12 oljerøykgeneratorer. Tilsvarende oppgaver i

Troms ble gjennomført med særskilt opplært personell fra Ingeniørkompaniet ved Brigaden i Nord-Norge.

Representanter for Avd K var ved flere anledninger invitert til å delta i såkalte kadre-øvelser i regi av militærstaber ved Kombinerte regiment (KR) i Sør-Norge. Oppgaven ved disse øvelser var for FFIs del å redegjøre for mulig fiendtlig anvendelse av kjemiske stridsmidler ved landmilitære operasjoner og angir virkninger og konsekvenser for forsvar av norsk territorium. Ved disse kadre-øvelser deltok Brynjulf Ottar, Gotfred Barstad og Randulv Os.

Momentan utvikling av røykskyer

I samarbeid med Nærforsvarssjefen i Luftforsvaret ble det demonstrert mulige tekniske løsninger for momentan utvikling av røykskyer til eventuell optisk dekning av særlig sårbare varslingsradarstasjoner. Teknikken var basert på eksplosiv utløsning av titan-tetraklorid fra store stålbeholdere trykksatt med karbondioksid (CO₂), med resulterende kjemisk tåkedannelse (populært kalt "seltersmetoden" eller "champagnemetoden"). Metoden ble utviklet og utprøvd, men ikke brukt mot virkelige radarinstallasjoner, da en mente at de sure tåkepartiklene ville trenge inn i radarinstallasjonen og ødelegge elektronikken. I en krisesituasjon ville imidlertid metoden bli brukt, da det var av den største betydning å sikre beskyttelse av radaranlegget de første kritiske sekundene, slik at beskjeder om angrep kunne bli sendt hurtigst mulig.

Samarbeid med USA

Samarbeidet med forsvarsinstitusjoner i USA kom i gang etter formaliserte avtaler om økonomisk og faglig bistand gjennom Mutual Weapons Development Program (MWDP). Besøk ved US ARMY CHEMICAL CORPS HEADQT i Fort Detrick, Maryland, og DUGWAY PROVING GROUND i Utah, førte til verdifulle personlige kontakter og faglig støtte og vurdering av egne undersøkelser.

Spredningsstudier i Troms

Av nasjonale strategiske grunner ble fra 1963 alle spredningsstudier i felten lagt til fjell/dalområder i Indre Troms og senere

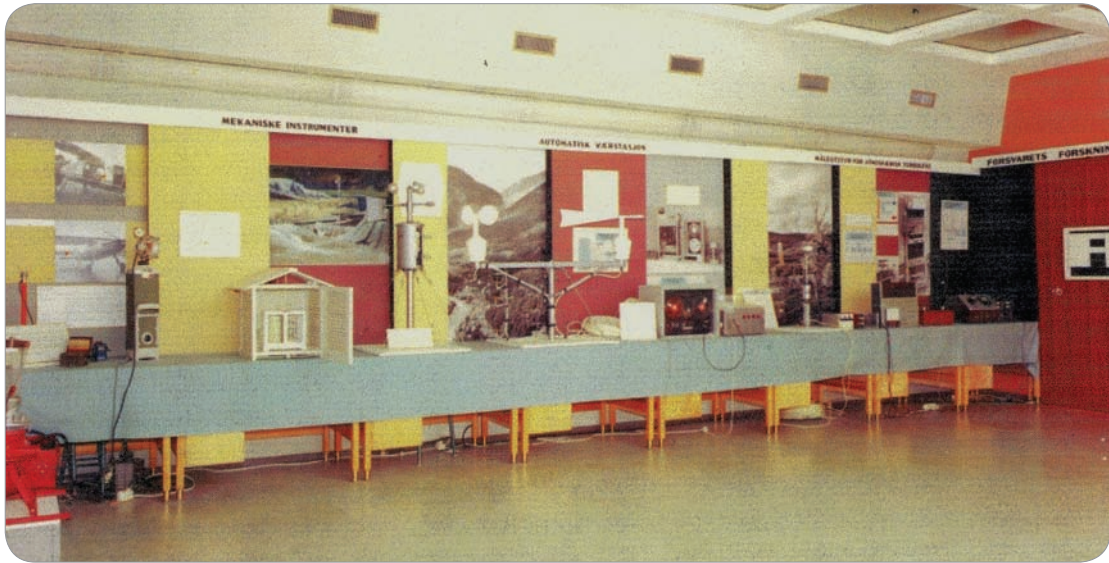
til dal/fjordområder i Troms kyststrøk. De fleste eksperimenter og teoretiske studier i utlandet av partikkelspredning hadde tidligere hovedsakelig begrenset seg til spredning over flatt lende. Man antok imidlertid at spredningen av partikler og gasser i daltereng avviker fra spredning i flatt lende. Hensikten med studiene i Troms var å undersøke spredningen i forskjellige daltyper (varierende dybde og bredde), samt dal-/fjordsystemer under forskjellige meteorologiske forhold. Dette kunne muliggjøre utvikling av bedre beregningsmetoder for spredningen enn med de hittil anvendte enkle såkalte "boks"-modeller. Spredningsforsøkene ble gjort ved hjelp av sporstoffer, røyk fra røykbokser og oljerøykgeneratorer. Røykutslippene ble benyttet for å få et visuelt inntrykk av spredningen ved hjelp av fotografering med tidsintervaller og filmning. Sporstoffet ble sluppet fra en kontinuerlig virkende punktkilde, operert av Reidar Heggen, som også utviklet samplingsutstyret. Når det var etablert en stasjonær partikkelfordeling i dalatmosfæren, ble partikkelkonsentrasjonene i dalvernsnittene registrert ved hjelp av flere kjeder av filtre og roterende partikkelsamlere på tvers av dalen. Kjedesjefer var vekselvis T. Bjorvatten, K. J. Eidsvik, Y. Gotaas og T. Tønnesen. Som medhjelpere og teknisk personell hadde de H. M.

Hansen, P. S. Jacobsen, O. Kristiansen, G. Tangen, E. Engebretsen og E. Holth-Larsen. Soldater og lokal ungdom var også med ved utsetting og innhøsting av prøvetakerne. Det ble også utført liknende typer prøvetaking og registrering med fly. M. J. Thyvold var flyger sammen med lokale flygere. Prosjektleder B. Ottar og S. Antonisen var oftest observatører i flyet. Partikkelkonsentrasjoner ble målt på Avd Ks laboratorium, hvor L. Bjelland, P. Frantzvold, E. Holt, G. Nilsson, E. Oldevik, G. Sandberg og K. L. Zachariassen arbeidet.

For planlegging og tolking av spredningsforsøkene var det nødvendig å utføre detaljerte meteorologiske målinger. På en rekke målestasjoner på langs og tvers av hver dal ble det utført kontinuerlige målinger av vind (som timesverdier), temperatur og stråling. Utstyr ble utviklet av T. C. Berg med P. S. Jacobsen og O. Kristiansen som oppfinnsomme medhjelpere. Ideene ynglet og entusiasmen var stor. Spesielt må nevnes Thor Christian Bergs utvikling av automatiske værstasjoner. Disse værstasjoner ga måledata for 3 måneder av vind og temperatur samt temperaturgradienten fra 2 m til 24 m over bakkenivå, som gir et bilde av luftstabiliteten i dalatmosfæren. Alle data ble registrert på magnetisk tape for etterfølgende analyse



Prosjektlag i Kirkesdalen. Fra venstre: S. Antonissen, B. Ottar, E. Holth-Larsen, T. C. Berg, E. Joranger, G. Tangen og R. Os.



Prosjektet presenteres ved et miljøsymposium ved NTH høsten 1968.

og bearbeiding. Denne type værstasjon ble senere brukt ved det nyopprettede Norsk Institutt for luftforskning (NILU) fra 1969.

For nærmere studium av luftens turbulens (luftens bevegelser i mikroskala mht. retning og hastighet) ble det utviklet og bygget eget utstyr for automatisk registrering. Til dette utstyret ble anvendt spesielt utplukkede Tandberg båndspillere direkte fra fabrikkens samleband for å få best mulig presisjon.

I prøveperiodene ble det utført målinger med modifiserte Vaisala radiosonder for å registrere atmosfærens temperaturprofil og vindvariasjonen vertikalt opp til 1000 meter over dalbunnen. Joranger hadde ansvaret for denne delen.

Hele forsøksopplegget ble vist på en utstilling ved Norges tekniske høgskole (NTH) høsten 1968 og ble bekostet av FFI, der dir. Finn Lied engasjerte seg i å skaffe utstillings-ekspertise. Dette var en viktig presentasjon ved et nasjonalt symposium der man drøftet planer for opprettelse av en norsk institusjon for luftforskning.

For å studere sprednings- og transportforhold i et dal/fjordsystem ble det til slutt i 1970 utført meget omfattende feltforsøk i Lyngenfjorden innenfor Skibotn. Hensikten med forsøkene var å undersøke den atmosfæriske spredning/transport over sjø. Undersøkelsene omfattet situasjoner med vindretning både utover og innover fjorden.

Utslipp av sporstoff foregikk fra båt, kontinuerlig i ca. 60 minutter. I to forskjellige avstander og i tre forskjellige høyder over vannflaten ble konsentrasjonsfordelingen målt fra fly. Prøvetakingen omfattet 10-12 snitt i hver høyde. Prøvetakerne sugde luft gjennom en dyse og partikler ble avsatt som segment-spor på en roterende plate under dysen. Platene var siden gjenstand for måling og bestemmelse av partikkelmengde. Flyene holdt under prøvetakingen konstant fart i forhold til bakken, og prøvetakingen startet og stoppet ved passering av definerte fastmerker i terrenget. Det ble meget anstrengende og tøffe arbeidsbetingelser oppe i flyene under manøvreringene i tverrsnittene. Spesielt gjaldt dette for prøvetakeroperatørene Gotaas og Eidsvik. Stadige krappe og plutselige vendinger i den trange fjorden ble enkelte ganger for mye for dem. Som flygere opererte Hanisch og Holm-Løken.

Resultater

I tillegg til forskerstaben ble også vernepliktige engasjert til å bearbeide spredningsdata fra dalatmosfæren i Troms, for noens del med påfølgende ansettelse ved FFI og NILU.

Vindmålingene utført på 24 stasjoner i indre Troms over perioder på ett til fem år ble bearbeidet og presentert i egen rapport i 1970 av Eidsvik, Grønås og Joranger. Det er vist sammenhengen mellom vindfordelingen i området dalfører, de topografiske hovedtrekk og den geostrofiske vind (stor-



skalavinden over området). Vinden i daler med samme orientering som de topografiske hovedtrekk var godt korrelert med den geostrofiske vind. I daler som ikke tilhører hoveddalsystemet (tverrdaler, forbindelsesdaler) er dalvinden dårlig korrelert med den geostrofiske vind.

På basis av spredningsstudiene av partikler fra 1963 til 1970 ble det utviklet matematiske formler for doseberegning av partikler langs daler og fjorder fra punktutslipp. Dette arbeidet ble ledet av Gotaas. Hovedkonklusjonen er at daler og fjorder har en dominerende innflytelse på spredning av gasser og partikler på grunn av den tydelige kanaliseringseffekten. Reduksjonen av konsentrasjon med avstand er noe mindre enn ved utslipp i flatt terreng, særlig over større transportlengder.

Ved et NATO-kurs i 1969 i Oberammergau i Tyskland om kjemisk og biologisk krigføring holdt Einar Joranger et foredrag der han redegjorde for forskningsresultatene. Resultatene vedrørende gass- og partikkelspredning i fjell/fjordterreng ble mottatt med stor interesse, særlig på grunn av den større detaljeringsgrad i forhold til topografien enn ved vanlig anvendte "boks"-modeller.

Utgangspunkt for nytt forskningsinstitutt og annen relatert virksomhet

Den kompetanse som ble bygget opp gjennom dette prosjektet, ble i stor grad overført til det nyetablerte NILU i 1969, ved overføring av følgende personell: B. Ottar (direktør), O. F. Skogvold, T. C. Berg, J. G. Nielsen, T. Ryland, M. J. Thyvold, E. Joranger, B. Sivertsen, H. Dovland, R. Heggen, Y. Gotaas, E. Holth-Larsen, og K. J. Eidsvik.

Randulv Os gikk i 1968 over i stilling i Oslo kommune med oppgave å lede arbeidet med bekjempelse av luftforurensningen i Oslo by. Arne K. Sterten gikk i 1970 over i konsulentvirksomhet med oppdrag for statlige og kommunale myndigheter for vurdering av lokalklimatiske forhold i offentlig områdeplanlegging. Han hadde også undervisningsstillinger ved arkitektavdelingen ved NTH og som professor II ved Oslo Arkitektthøgskole. K. J. Eidsvik ble seniorforsker ved SINTEF, Trondheim, og professor II ved NTNU. S. Grønås ble profes-

sor og bestyrer av Geofysisk Institutt ved Universitetet i Bergen (UiB).

Feltlivet

Det ble i alt utført over 50 vellykkede eksperimenter og modellstudier. Dette foregikk sommer som vinter i Troms-området med forsøksperioder vanligvis på 14 dager. Den lengste perioden hadde vi sommeren 1967 i Målselvfjorden. Arbeidet her foregikk over en hel måned, og mange av våre folk hadde sine familier med seg nordover med innkvartering i sommerhus, som finnes på mange bruk i Troms. Vårt administrative hovedkvarter lå mesteparten av tiden i Kirkesdalen der vi leide oss inn i den nedlagte skolestua. Forsvaret forsynte oss med kjøretøyer, og vi fikk disponere utrangerte ambulansvogner, som var til uvurderlig nytte. Intendanturet lånte oss personlig feltutrustning som "bukse, under, sommer" og "bukse, under, vinter" og varmt yttertøy. I skolestua i Kirkesdalen hadde vi muligheter til et brukbart sosialt liv. Der var kjøkken og der var et lite orgel. Vi husker med stor glede Charles Lyngaas som presenterte "Kirkesdalsangen" med orgelakkompagnement, ledsaget av solosang ved Randulv Os. I tillegg var Charles en fremragende kokk som overrasket med til dels herlige matretter, dessverre med stigende "kost-øre" for deltakerne. Det skyldtes nok delvis at under Charles' regime ble skolestua et populært stoppested for våre gode venner og samarbeidspartnere blant Kirkesdølene. Her var alltid god mat og drikke, humørfyllt sang og trøst for alle oss som måtte være lenge hjemmefra.

Kamuflasje

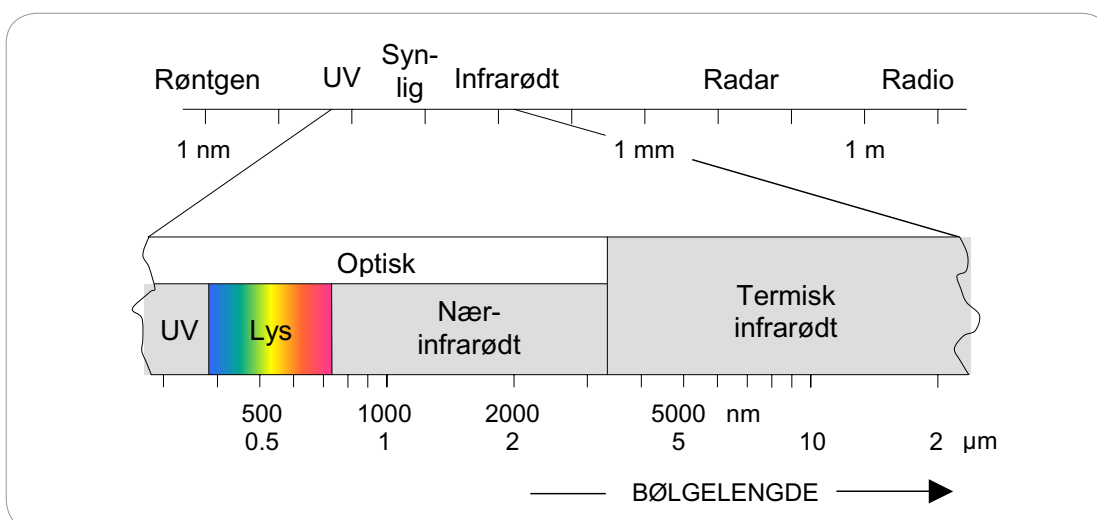
FFIs første 20 år forløp uten organisert innsats innen feltet kamuflasje. I den første etterkrigstiden, hvor denne virksomheten naturlig ville hørt hjemme, var FFI bare sporadisk opptatt av problemområdet. I begrenset omfang ble det forsøkt skaffet oversikt over utviklingen av militært observasjonsutstyr, særlig i vestlige land. Men motmidler som kunne gi vern mot slikt utstyr (sensorer) hadde ennå ikke fått innpass i FFIs program. Etter hvert ble kamuflasje et viktig forskningsområde ved FFI hvor Olav Lillesæter og Eivind Strømman var sentrale medarbeidere og som har skrevet om dette arbeidet.

Hæren stiller krav til kamuflasjemalingen

Forsvarets kamuflasje-arv fra Den annen verdenskrig besto stort sett av jutenett, uniformsfarger og malingsfarger. Ingen av disse hadde i utgangspunktet farger beregnet for norske bakgrunnsforhold. Likevel kan det nevnes at dette var bra nok, ut fra trusselbildet som ble opprettholdt gjennom mange år, med kjernevåpen som hovedelement. Da det utover på 1960-tallet vokste frem en forståelse av de konvensjonelle stridsmidlers betydning i et balansert forsvar, samtidig med at observasjonsmidlene tok i bruk nye deler av det elektromagnetiske spektrum, besluttet Hæren i tråd med den generelle utvikling i NATO å innføre krav til kamuflasjemalingen. I tillegg til spesifisert farge skulle malingen ha en gitt refleksjon like utenfor det synlige området, nemlig i det nærinfrarøde spektralområde (0,7 - 0,9 μm), som er det spektralområdet hvor såkalt IR-film og lysforsterkerutstyr har sin følsomhet.

FFI starter kamuflasjerettet aktivitet

Men fortsatt var kravene basert på utenlandske spesifikasjoner, da norsk terrengdata manglet. Det var derfor ut fra et ønske om å bidra til en utvikling avpasset etter de spesielle norske naturforhold, og etter ønske fra Hæren og Luftforsvaret, at FFI i 1966 tok opp kamuflasjerettet aktivitet i sitt forskningsprogram. I første omgang gikk oppgaven ut på å bestemme graden av samsvar/avvik mellom taktiske hærmål og omgivelsene ut fra datidens kamuflasjestandard. Fotografisk fotometri ble benyttet til å kvantifisere strålingskontrasten mellom mål og bakgrunn i et antall separate spektralbånd. I sum dekket disse det aktuelle bølglengdeområdet. Studien påviste betydelige mangler ved kamuflasjen for storparten av de undersøkte mål og effekter, særlig i det nærinfrarøde og ultrafiolette området.



Fra deler av det optiske spektralområde er kamuflasjearbeidet gradvis utvidet til å omfatte hele spektret til og med radarområdet.

Kamuflasjemateriell tilpasset norsk terreng

Som et neste steg ble instituttet gitt i oppdrag å utarbeide forslag til spektralkrav for kamuflasjemateriell tilpasset norsk terreng. Etter spektrometriske undersøkelser av terrengfarger rundt om i landet til ulike årstider, forelå resultatet i 1970. Dette var spektrale refleksjonsdata av de viktigste terrengetyper for spektralområdene ultrafiolett, visuelt og nærinfrarødt. Forslaget ble fulgt opp av fagmyndighetene, som etter å ha evaluert mulighetene for å realisere fargene i malinger, tekstiler og nett, innarbeidet kravene i nye standarder for disse materialene. På denne måten kom feltfargene i 1970-serien til å representere kamuflasjenormen for årtier fremover. Prosjektet var et foregangsarbeid, også i internasjonal målestokk.

En etterfølgende studie ble gjennomført for å bestemme optimale farger for Luftforsvarets kampfly. Sluttresultatet ble at disse flyene ikke skulle males i terrengfarger, men holdes i en grålig himmelfarge. Forsvarets C130 Hercules ble malt i farger som var en direkte følge av studien.

Tallfesting av kamuflasjens effektivitet

Som ledd i arbeidet med å tallfeste effektiviteten av tidsmessig kamuflasje for stasjonære mål, ble det frem mot 1976 utført omfattende forsøk på et luftforsvarsanlegg i prosjektet "Visir". Kamuflasjetiltakene omfattet kamuflasjemaling, konturbryting, nett, narremål, røyk, innplanting av trær, samt flere av disse tiltakene i kombinasjon. Omfattende feltundersøkelser ble gjennomført: observasjoner og registreringer fra luften (inkludert varmebilder, fotografiske opptak), simulerte flyangrep, samt fysiske målinger på bakken. Dermed var det mulig å kvantifisere effektiviteten innen områdene visuelt, nærinfrarødt og termisk infrarødt. Reduserte muligheter for oppdagning og gjenkjenning utgjorde kriteriet for kamuflasjens effekt.

I tillegg ble kostnaden ved de ulike tiltak bestemt. Tallene viste hva som kunne oppnås ved beskjedne midler, bl.a. at det nytutviklede kamuflasjenettet fylte sin oppgave i det visuelle området og ga en betydelig tilleggsbeskyttelse i det termiske spektralområdet. Prosjektet bidro dermed til å legge premissene for de anskaffelsesplaner som etter hvert ble



Spektralmåling av norsk terreng, her Midtskogen. Eivind Strømman (til venstre) og Olav Lillesæter har vært sentrale i kamuflasjearbeidet gjennom praktisk talt hele perioden.



To beltevogner med tilhenger i terrenget. Den ene er kamuflasjemalt, den i forgrunnen er kamuflert med nett. Kamuflasjennettene er laget på grunnlag av spesifikasjoner fra FFI.

realisert i Forsvaret. I et separat prosjekt utført på oppdrag fra Luftforsvaret, foresto FFI bygging og utprøving av en lettvekts narrekanon. Resultatet ble vurdert som godt, men operativ innpassing lot seg ikke gjennomføre.

Multispektral trussel

Den våpentekniske utvikling gjorde det nødvendig å foreta en vurdering av den forventede deteksjonstrusselen for de kommende år. Dette ville gi grunnlag for videre arbeid med motmidler. Arbeidet ga utviklingsretninger heller enn tidsangivelser, men klargjorde at trusselen etter hvert ville bli multispektral i forhold til noen av de viktigste angrepsmålene, og dermed dekke praktisk talt hele det optiske og termiske spektralområdet, samt store deler av mikrobølgeområdet. Dette ville på sikt kreve mottiltak med kamuflasjeegenskaper i et vesentlig utvidet spektralområde. Første oppgave ble da å skaffe tilveie utvidede multispektrale terrengdata for norsk bakgrunn. Etter omfattende målinger i felten forelå det i 1983 spektraldata for hele den aktuelle delen av det optiske området (0,3 - 2,4 μm), noe som var en betydelig utvidelse av tidligere terrengdata. Dertil forelå termiske bakgrunnsdata basert på målinger og modelleringer av Arne Th. Rønning. Disse ga i

neste omgang grunnlag for utvikling av kamuflasjemidler med lav termisk signatur. Mikrobølgeområdet kunne av instrumentelle årsaker ikke dekkes på tilsvarende måte.

Dessuten ble dette spektralområdet vurdert å ha en lavere prioritet i kamuflasjemessig sammenheng.

Fokus på et begrenset antall måltyper

I samråd med forsvarsgrenene gikk arbeidet nå inn i en fase der det skulle fokuseres på et begrenset antall måltyper med stor stridsverdi, nemlig hovedskytset på kystfort, stridsvogner og luftvernets missilbatterier. Første steg gikk ut på å utvikle konsepter for signaturmessig beskyttelse av disse måltypene. Dette skjedde med støtte i praktiske forsøk, registreringer fra helikopter og på bakken, samt beregninger.

Andre steg gikk ut på å føre prosessen videre ved å utvikle materiell for multispektral beskyttelse av de to førstnevnte måltyper, utarbeide kamuflasjemønstre for dagens missiltorpedobåt (MTB) og innlede arbeidet med realisering av lavsignatur på ny MTB. Konkret ble det utviklet en oppblåsbar narrekanon for bruk på kystfort og en ter-



*Fra målekampanje for uttesting av stridsvognkamufasje på Trandum.
Fra venstre: Jon E. Skjervold, Eivind Strømman, Gunn Røym, Tor Høimyr (delvis skjult) og Knut Fosseide. Jon E. Skjervold tok over som leder av kamuflasjegruppen da Olav Lillesæter gikk av med pensjon i slutten av 1995.*

misk eksosskjerm for å redusere varmestrålingen fra Leopard stridsvogn, begge med ønsket effekt. Sistnevnte er satt i produksjon av Hæren ved en norsk bedrift.

Nye kamuflasjefarger

Parallelt med dette ble det i samarbeid med FOA i Sverige, og ut fra allerede innsamlede terrengdata, utarbeidet spesifikasjoner for et sett nye kamuflasjefarger, opprinnelig kalt Skandi-90. I motsetning til tidligere spesifiserte terrengfarger dekker disse hele det optiske spektralområdet, og dermed gis en økt beskyttelse mot nye sensortyper. Samtidig gis det mulighet for en betydelig rasjonaliseringsgevinst, idet antall kamuflasjefarger er redusert fra 15 til 5.

Arbeid med multispektral kamuflasje

En videreføring av arbeidet med multispektral kamuflasje ble foretatt i første halvdel av 1990-årene. I samarbeid med kvalifisert

industri ble de materialtekniske muligheter for å kombinere fullverdig optisk kamuflasje (Skandi-90) med termisk og radarmessig lavsignatur undersøkt. Særlig har kompetansen hos den svenske bedriften Barracuda Technologies vært verdifull. Som resultat av dette samarbeidet ble det av FFI utarbeidet tallmessige spesifikasjoner for aktuelle materialer i de ulike delene av spektret. Arbeidet med å innarbeide disse i Forsvarets standarder er i gjenge. Videre ble det utarbeidet et totalkonsept for optisk og termisk kamuflasje av beltevogn BV 206. Dette kom i tillegg til tidligere måltyper. En spesialsjerm for å redusere utstrålingen fra de varmeste partiene ble utviklet. For øvrig inngikk spesialduk og andre skjermingsmaterialer i det helhetlige kamuflasjesystemet.

Lavsignatur for ny MTB i alle deler av spektret

Den mest ressurskrevende oppgaven etter 1990 har vært knyttet til utviklingen av ny MTB med lavsignatur (stealth) i alle deler av spektret. Det har vært utført omfattende



Det er blitt foretatt en mengde kamuflasjeregistreringer fra helikopter. Bildet viser Tor Høimyr som styrer en plattform med kameraer for visuelle, nærinfrarøde og termiske videoopptak.

beregninger og analyser av muligheten for å bygge inn i det nye fartøyet egenskaper som vil gjøre det vanskelig for en motpart å oppdage det på radar. En vesentlig del av denne aktiviteten har Morten Søderblom vært ansvarlig for. Geometrisk forming og bruk av radarabsorberende materialer er viktige virkemidler i denne sammenheng.

Et sentralt verktøy i arbeidet med å minimalisere radarsignaturen har vært en beregningsmodell anskaffet gjennom et samarbeid med Forsvarets Forskningstjeneste i Danmark. Videre ble det ved FFI anskaffet og tatt i bruk laboratorieutrustning for måling av dempningsegenskapene i aktuelle materialer. I mangel av internasjonale målestander ble det i samarbeid med svenske laboratorier utviklet en multispektral måleteknikk, som



KNM Skjold fargesatt av kamuflasjegruppen. Gruppens vesenligste bidrag har imidlertid vært i forbindelse med materialvalget og den geometriske utformingen.

gjorde det mulig å foreta en direkte sammenligning av resultater. For å kunne bestemme radartverrsnittet på ferdig fartøy, eller nedskalert modell, ble det bygget en flyttbar måleradar. Denne kunne også brukes mot landmål, noe som ga en nødvendig avklaring i spørsmålet om hvilken betydning radarkamouflasje av viktige hærmål bør tillegges under norske forhold.

Avslutning

Prosjektet Ny MTB har også omfattet arbeider rettet mot termisk lavsignatur, og et system for hurtigkamouflering. Videre ble det spesifisert et optisk kamouflasjemønster i tre farger. Simulering av mulige stridsforløp og andre analyser har vist at kostnadseffektiviteten av kamouflasjetiltakene er meget stor. Det vil si at overlevelsessevne og stridsutholdenhet øker langt mer enn de relativt beskjedne utgifter til lavsignatur skulle tilsi. Denne slutningen har gyldighet også for de tidligere omtalte arbeider, som i første rekke var rettet mot landmål. Lærdommen fra vårt eget arbeid, og fra krigsarenaer med innsats av moderne våpenteknologi, er at vårt fremtidige forsvar må gis et balansert multispektralvern. Dette betyr at stridsviktige elementer må ha lavsignaturegenskaper i alle deler av spektret, avpasset den sensortekniske utviklingen. En annen lærdom var at beskyttelse i alle spektralområder ikke kan realiseres ved ett virkemiddel alene. Noe universalmiddel synes fortsatt (2004) ikke å være innen rekkevidde, og en kombinasjon av flere materialer og teknikker behøves. Oppgaven løses enklest dersom signaturhensyn kan bygges inn allerede ved utviklingen av nytt materiell, som f.eks. Ny MTB. Samtidig var det viktig å erkjenne den rolle eksisterende materiell stadig måtte spille i vårt totale forsvar, og at signaturmessig oppdatering av materiellarven derfor er like nødvendig.

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

