

Fra Forsvarets forskningsinstitutt

# HISTORIE

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



Fellesverkstedets utvikling  
1953-2003

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

## Fellesverkstedets utvikling 1953-2003

*Fellesverkstedet, instituttets felles verksted for alle avdelinger, har spilt en viktig rolle for de fleste prosjekter som instituttet har satt i gang. Verkstedet har i alle år fulgt med i den konstruksjonstekniske og maskintekniske utvikling og har på flere områder vært ledende i Norge. Datateknikken ble tidlig tatt i bruk både på konstruksjonskontoret og i verkstedet. Utviklingen har vært styrt av prosjekter som har ligget i front av den internasjonale teknologiske utvikling og har ofte stilt ekstreme krav til nøyaktighet. Dette har igjen stilt store krav til konstruktører, mekanikere og forskere.*

### Det første Fellesverksted

Instituttets første felles verksted ble etablert i 1953. I januar dette året flyttet maskiningeniørene inn i annen etasje i det bygget der Avdeling for systemanalyse (Avd SYS) senere har holdt til. Bygget hadde da bare to etasjer. I mai var første etasje innflyttingsklar og instituttets mekanikere, som hadde holdt til på de enkelte avdelingens verksteder, flyttet inn med sine maskiner og annet verkstedteknisk utstyr. Dermed var hovedtyngden av den verksted- og maskintekniske kompetanse

på instituttet samlet under ett tak, Fellesverkstedet (Fv). Ved avdelingene var det fortsatt små verksteder som skulle ivareta de mindre verkstedstekniske oppgaver. Behovet for et sentralverksted med en tilstrekkelig maskinutrustning var diktet av Terneprosjektet som instituttet var i gang med på denne tiden. Et annet forhold som spilte inn var at tjenester fra verksteder utenfor instituttet ikke var så lett tilgjengelige. Disse verkstedene manglet også nødvendig kompetanse til å løse instituttets verkstedoppgaver.



*Fellesverkstedet 1954.*



*Fra konstruksjonskontoret 1957. Fra venstre: Gudmund Aanesland, Just Swendsen og Aina Mikalsen.*



*Fra finmekanisk verksted 1957. Fra venstre: Arne Halvorsen, Walter Guldbrandsen, Rolf Andreassen og Leif Erik Iversen.*



*Kristian Tærud var både smed og sveiser. Her ved sveiutstyret.*

### Fellesverkstedbygget utvides

I 1958 ble det besluttet å bygge på en etasje på fellesverkstedbygget. Denne tredje

etasje sto ferdig tidlig i 1959. Sekretariatet, som Instituttstaben ble kalt på denne tiden, flyttet fra Akershus festning og inn i disse lo-



*Fellesverkstedet 1961 etter forlengelsen.*



*Interiør fra Fellesverkstedet ca. 1960.*

kalene. På samme tid kom bygget til å huse verksted og konstruksjonskontor, fotolaboratorium, bibliotek, sekretariat og den nystartede Systemgruppen.

To år senere ble bygget forlenget i retning mot garasjen og Fv fikk dermed en montasjehall med god takhøyde i tilvekst til sine lokaler. Anvendelsesmulighetene i montasjehallen ble noen år senere forbedret ved at det ble montert en 3-tonns traverskran, og dermed muligheter til å håndtere store og tunge konstruksjoner og større maskinelt utstyr. Senere ble hallen disponert av instituttets hobbyklubb for virksomhet spesielt knyttet til vedlikehold av bil.

### Et mer velegnet Fellesverksted er ønskelig

Erfaringen med verksteddrift i det første bygget var at det ikke var spesielt velegnet, særlig når verkstedet fikk tyngre utstyr. En så derfor frem til å få et nytt bygg som i større grad var tilpasset verksteddriften på instituttet. Et nytt verkstedbygg ville også løse en del presserende plassproblemer andre steder. Planleggingsarbeidet startet så tidlig som i 1970 og ble drevet med varierende intensitet i tiden etterpå. Da det ble gitt klarsignal for et nytt verkstedbygg i

1975 var mange alternative plasseringer drøftet. Videre var romprogrammet og de tekniske krav til enkeltseksjoner i verkstedet grundig drøftet og fastlagt. Restriksjoner på bruk av dyrket mark til byggeformål gjorde at det ikke var mulig å erverve ny tomtegrunn utenfor instituttets område, og det nye verkstedbygget fikk derfor plass i nærheten av det gamle.

Bygget var innflyttingsklart tidlig i 1977, ble innviet 14. april samme år og oppført innenfor en budsjetttramme på 9 mill. kr med 2100 m<sup>2</sup> gulvflate. Av disse lå 1740 m<sup>2</sup> i første etasje og inneholdt finmekanisk verksted, konvensjonelt verksted og sveiseverksted/lager og montasjehall. Her var også driftskontorer og garderober for verkstedpersonell. Annen etasje var på 360 m<sup>2</sup> og inneholdt konstruksjonskontor, forskerkontorer og rom for konstruksjonsteknisk utstyr.

### Ledelse, bemanning

Verkstedets første leder var Anders Fiksdal, Asbjørn Larsen var driftsingeniør og Olav Wangen var verksmester.

I 1956 overtok Thorleif Schiander lederansvaret og fra 1962 var Odd Garberg verkstedets leder.



*Det nye Fellesverkstedet ble innviet 14. april 1977.*

Asbjørn Larsen var verkstedets driftsingeniør til han ble pensjonist i 1986, og Olav Wangen fortsatte som verksmester frem til han ble pensjonert i 1981. Gerhard Berg overtok deretter denne stillingen. I Garbergs periode var disse verkstedsformenn: Knut Øfstaas, Kåre Hansen, Bjørn Christensen og Arne Haugen. Sammen med verksmesteren utgjorde de den daglige ledelsen.

Antall mekanikere har variert mellom 18 og 28 i denne perioden, avhengig av belastning fra instituttets prosjekter. Arbeidsstokken har vært meget stabil. Fra 1959 startet verkstedets mekanikere sin egen klubb organisert i Fellesforbundet.

På konstruksjonssiden har bemanningen variert mellom seks og ti og forskerstaben mellom to og fire. Stabiliteten i konstruktørstaben var meget variabel i 1960- og 1970-årene. Dette må tilskrives de dårlige lønnsforholdene i forhold til industrien. I 1980-årene har stabiliteten derimot vært høy også i denne gruppen.

## Oppgaver og utstyr

Gjennom alle årene som verkstedet har vært i virksomhet har praktisk talt alle oppdrag, konstruksjons- som verkstedsoppdrag, kommet fra instituttets egne prosjekter. Verkstedets bemanning, utstyr og maskinpark har vært preget av det.

I 1961 startet prosjekt Penguin ved instituttet. De maskintekniske oppgaver i dette prosjektet var betydelige. I prosjektets første fase skulle det fremstilles rakettmotorer og

strukturkomponenter, som kropp og vinger. I senere faser kom navigasjonsplattformer og målsøkere samt testutstyr, jigger og annet hjelpeutstyr knyttet til forsøk og ekspedisjoner. I dette utstyr ble det benyttet lavlegert kullstoffstål som etter maskinering ble varmebehandlet til meget høy fasthet. Det ble arbeidet med aluminium, magnesium, titan, molybden, syrefaste og rustfrie stål kvaliteter, honeycomb-materialer og asbestbasert materiale til isolasjon i varmekjølte deler. Dette spektrum av materialer, sammen med strenge krav til geometriske toleranser og nøyaktig form, måtte reflekteres i verkstedets utstyr.

Ved Penguinprosjektets start ble det derfor stilt midler til disposisjon for investering i nye verktøymaskiner. Det utstyr verkstedet disponerte på forhånd var på ingen måte tilstrekkelig til å løse de oppgaver en sto overfor.

Av presisjonsmaskiner som Fellesverkstedet hadde var en koordinat boremaskin som i mange år representerte instituttets mest nøyaktige koordinatsystem, og et universal målemikroskop der presisjonsmekaniske deler som inngikk i målsøker og navigasjonsplattform kunne kontrollmåles, både når det gjaldt delenes form og måltoleranser. Krav om nøyaktighet  $<5 \mu\text{m}$  forekom ofte. Resultatene fra kontrollmålingene ble brukt til å justere fremstillingsprosessen slik at de nøyaktighetskrav en ønsket ble oppfylt.

En helt spesiell oppgave ble noe uventet løst ved hjelp av koordinat-boremaskinen. I Penguins målsøker var det på dette tidspunkt behov for tosidig sfæriske speil i alumi-



nium, der dimensjonstoleransen til speilets krumningsradier var  $2/100$  mm, samtidig som det forelå krav til speilende overflate. En skulle også fremstille sylindriske flater for presisjonslagring av speilet i søkerens gimbal-konstruksjon med krav om en meget nøyaktig orientering av aksene i boringene i forhold til sentrene i de sfæriske speilene. Oppgaven ble løst ved å benytte maskinens stive rundbord der det var montert et diamantskjæreverktøy som kunne beveges i en sirkel samtidig som speilemnet, som var montert i arbeidsspindelen, roterte.

Av andre oppgaver knyttet til dette prosjektet var fremstilling av rakettmotorer. Kravet til motorens spesifikke impuls var høy. Dette betinget bruk av lavlegert kullstoffstål som måtte varmebehandles til en flytegrense på  $120 \text{ kp/mm}^2$ . Motorens sylinderskall ble fremstilt av 1,6 mm tykke plater (AISI 4130) som ble rullet til sylindrerform, sveiset på langs i egenutviklet jigg og deretter sveiset sirkulært til ringformede elementer der spor for låseringer og fester for vingeflater var plassert. Sveiseprosessen som ble benyttet var en meget strengt styrt TIG-prosess, i det mengden av beskyttelsesgassen (Argon) som omga sveiseelektroden, mengden av tilsatstråd, størrelsen av sveisespenning og hastighet på Wolfram sveiseelektroder, ble regulert innenfor snevre grenser. Kravet til sveisen, som ble 100% røntgenkontrollert, var absolutt porefrihet og homogenitet. Sikkerhetsfaktoren som ble benyttet i denne konstruksjonen var satt så lav som 1,1. Samtlige motorer, 30 i tallet, ble trykktestet ved 140 bar. Kvaliteten var så høy at motorene ble brukt flere ganger i statiske fyringer og i ballistiske forsøk.

Leif Søvdal var metallurg på Penguinprosjektet. Ved sin høye kompetanse i sveisemetallurgi og termisk behandling av materialer ble han en nøkkelperson i dette arbeidet. Uten hans sterke engasjement og interesse hadde det ikke vært mulig for Fv å gjennomføre denne oppgaven.

På den praktiske siden var vår sveiser Arne Haugen en høyt motivert og nøyaktig medarbeider i gjennomføringen av sveiseoperasjonene. I Penguinperioden gjorde alle medarbeidere en høyst motivert og engasjert innsats for å løse interessante og kompliserte teknologiske problemer.

## Datateknologien inntar Fellesverkstedet

I 1972 fikk Fv sin første datastyrt maskin. Det var en Kingmatic 1215 HA tegnemaskin fra Kongsberg Våpenfabrikk (KV) styrt av en SM4 regnemaskin og med en ESSI kurveinterpolator. Maskinens x-y vogn kunne utstyres med forskjellig verktøy, bl.a. for skjæring av plastlaminat, og den hadde dessuten et fotohode som kunne belyse film. Maskinen, som var plassert i et temperaturkontrollert rom, ble til å begynne med benyttet i Avd Es trykt kretskortproduksjon og til fremstilling av mikromønstre for elektroniske og elektrooptiske formål. Senere ble maskinen også benyttet til kontroll av elementinndeling i beregningsprogrammet STYBER, som var et egenutviklet FEM-program (Finite Element Program) for styrkeberegning av elastiske konstruksjoner. Videre ble den benyttet i tilknytning til det samme program for uttegning av spenninger og deformasjoner i elastiske strukturer.

I 1973 ble den første tre-aksede CNC (Computer Numeric Control) styrt fresemaskin tatt i bruk. Maskinen som var meget robust, ble benyttet i tallrike oppgaver der manuelt betjente maskiner ville ha kommet til kort. Maskinen representerte derfor en økning både i verkstedets kapasitet og kapabilitet. Programmeringsvennligheten på maskinens styring var til å begynne med noe tung, men etter hvert som en tok i bruk regnemaskinstøttet programmering og kunne overføre styringsinformasjon fra regnemaskinen til maskinens styring, ble programmeringsarbeidet betydelig enklere og raskere.

I 1976 anskaffet instituttet den første CNC-styrt dreiebenk, som i 1982 ble supplert med en mindre dreiebenk som også var CNC-styrt, for fremstilling av presisjonsdeler. Begge maskinene var to-aksede med automatisk verktøybytte. Den siste hadde dialogstyring, dvs. den kunne programmeres direkte på maskinen, slik at programmeringsarbeidet ble ytterligere forenklet.

Fresekapasiteten ble i 1988 økt med anskaffelse av en fem-akset styrt fresemaskin med tre lineære akser og to rotasjonsakser. Maskinen hadde 32 stk. verktøy som kunne kalles opp fra partprogrammet. Dermed var operatøren avlastet for det relativt fysiske krevende arbeide som verktøybytte representerte. Maskinen har gitt betydelig økning av



*Ole Hovland ved SANJO tre-akset CNC fresemaskin med Kongsberg styring.*

kapasiteten i rasjonell fremstilling av deler med komplisert geometri.

I 1994 ble det anskaffet en tre-akset CNC-fresemaskin med 32 stk. verktøy som kunne tilknyttes automatisk fra programmet. Maskinen er velegnet til fremstilling av mindre presisjonsdeler.

I 1950- og 1960 årene var tegnebrett, passer, linjal, oppslagsverker, tabeller og formler det verktøy maskiningeniøren hadde til disposisjon for å løse sine oppgaver. Mye tid gikk med til rutinemessige arbeidsoperasjoner på bekostning av kreativt arbeide.

Forholdene ble bedre fra midten av 1970-årene da DAK- (Dataassistert konstruksjon) systemene begynte å gjøre sitt inntog i konstruksjonsarbeidet. Beregningsverktøy basert på FEM (Finite Element Method) ble tatt i bruk i økende grad og åpnet muligheten for stivhets- og styrkeanalyser som tidligere var umulige.

I 1985 anskaffet Fv det første Dak/Dap system, CDM 300, for mekanisk konstruksjon. Systemet fremstiller arbeidstegninger

og letter i betydelig grad utarbeidelse av styrinformasjon til verkstedets numerisk styrte verktøymaskiner. Systemet, som var et amerikansk utviklet system, ble markedsført av KV. Flere større norske bedrifter, deriblant KV og RA (Raufoss Ammunisjonsfabrikk) benyttet systemet. Noen år etter anskaffelsen la KV ned denne virksomheten og systemet ble derfor uten den nødvendige støtte og videreutvikling. En valgte derfor gradvis å fase ut systemet over en to-tre årsperiode og anskaffet i 1988 et nytt system fra Intergraph. Systemet er meget effektivt, spesielt i 3D-modellering og parametriske konstruksjon, og har en sterk norsk representasjon. Moderfirmaet i USA sørger for videreutvikling av systemet.

I løpet av siste halvdel av 1980-årene og første halvdel av 1990-årene forsvinner tegnebrettet for godt fra konstruksjonskontoret.

Gjennom hele denne perioden var det instituttets behov for verksteds- og konstruksjonstjenester som utgjorde verkstedets hovedbeskjeftigelse og som tok hovedtyngden av kapasiteten.



*Anders Roll fikk årets fagpris for lærlinger 1988. Arne Halvorsen t.v. var fadder og rettleder. Arne Haugen t.h. var formann ved Fv.*

Også lærlinger har vært en viktig del av Fellesverkstedets satsing, og i 1988 fikk lærling Anders Roll årets pris for beste utførte fagprøve for lærlinger på Romerike. Gerhard Berg har vært fagansvarlig for lærlingene.

### **Samarbeid med Televerkets forskningsinstitutt**

Med Televerkets forskningsinstitutt startet Fellesverkstedet et samarbeid om konstruksjon og fremstilling av eksperimentantenner. En rekke parabolantenner med diameter 1,8 m og 3 m for forsøksformål ble konstruert og fremstilt. Det ble også fremstilt to satellittantenner med 12 m diameter som ble satt opp på Eik jordstasjon i Rogaland. Den første i 1980 (Eik II), den andre i 1985 (Eik III). Disse ble benyttet i kommersiell trafikk. (Eik III falt ned i sterk storm i 1986 og er ikke forsøkt reparert, mens Eik II var i full drift i 2004.)

Etter at Odd Garberg gikk av med pensjon i 1998 har Bjørn Bergersen ledet Fv.



*Parabolantenne, 12 m diameter, fremstilt ved Fv og plassert på Eik jordstasjon.*



## Fellesverkstedet assisterer HFK

På slutten av 1980 og litt utover i 1990 hadde Fv store oppdrag i samarbeid med det som den gang var Hærens Forsyningskommando (HFK). Det dreide seg om to forskjellige artilleriprojekter. I forbindelse med mottakskontroll av kanoner levert fra den nederlandske produsenten RDM, hvor Fv bistod HFK, ble det avslørt alvorlige svakheter.

Hæren hadde to typer 155 mm kanoner. På den ene typen, M114/39, ble det påvist svakheter ved rekylsystem og lavetter. Løsningen for rekylsystemet ble en spesiell demper som ble utviklet på Fv. Denne demperen ble påsatt samtlige norske og danske skyts (M114/39-prosjektet var i utgangspunktet et trilateralt samarbeid mellom Nederland, som pilotnasjon, samt Danmark og Norge). Løsningen ble patentert og bruksrettigheter ble solgt til den nederlandske kanonprodusenten. I tillegg ble det påvist svakheter på overlavett og lavettbein. Overlavetten ble som følge av dette modifisert mens lavettbeina ble byttet ut med nye. Den andre typen

155 mm kanon var M109A3G. På denne typen ble det gjort materialundersøkelse på bakstykket på samtlige kanoner. Noen av bakstykkene måtte byttes da det ble funnet sprøtt stål i dem. I 2001-2002 inngikk Fv en stor kontrakt med Forsvaret om produksjon av 130 stk nye fremførere til den samme kanontypen. Årsaken var igjen dårlig materialkvalitet som gjorde det nødvendig å skifte ut fremførerne på samtlige kanoner. Bjørn Bergersen og Gert Arnesen ledet disse arbeidene.

## Fellesverkstedet sterkt involvert i undervannsfarkoster (AUV)

På begynnelsen av 1990-tallet startet instituttet opp et prosjekt rundt sjøvannsbatterier som senere skulle utvikle seg til flere prosjekter rundt autonome undervannsfarkoster (AUV). Etter hvert har et samarbeid på dette teknologiområdet med Kongsberg Maritime (KM) resultert i flere kommersielle farkoster. (Se "HUGIN – utvikling av autonome undervannsfarkoster" i denne hefteserien.) De



Rolf Bolstad i ferd med å skru sammen en droploddmekanisme til HUGIN 3000.



*Sverre Dyrkorn setter sammen lutbatteriet til en HUGIN 3000.*

tidligste farkostene ble nærmest i sin helhet produsert ved Fv, men som senere ble en mer tradisjonell underleverandør til KM.

I tillegg skal det nevnes at selve farkostkonstruksjonen også er gjort av noen av Fv's dyktige ingeniører. Her var Odd Arild Pedersen en nøkkelperson.

AUV-prosjektene kunne neppe blitt realisert og blitt en suksess uten Fellesverkstedets medvirkning.

### **Verkstedets kapasitet overstiger instituttets etterspørsel**

Fra slutten av 1990-tallet og fremover ble det klart at Fellesverkstedets kapasitet har oversteget etterspørselen av tjenester fra instituttet. Det har ført til at Fv i større grad har søkt å kompensere for dette ved å hente arbeid i det sivile og militære marked. Fra 2002 har Fv hatt flere prosjekter for FLO/Land (Forsvarets logistikkorganisasjon/land) som i hovedsak har gått på modellering, prototyp utvikling og fremstilling av produksjonsunderlag for modifisert M113 beltekjøretøy. Disse kjøretøyene er pansrede spesial- og personellkjøretøy som skal benyttes til flere formål, blant annet skal Fv utvikle prototyp av

ildledningsvogn, stormpanservogn, bombekastervogn o.a. Her har Pål Halvorsen vært prosjektleder.



*Ronny Haakonsen på sveiseverkstedet i arbeid med å lage en prototyp NM 201 ildlederpanservogn.*

## Komposittmateriale tatt i bruk

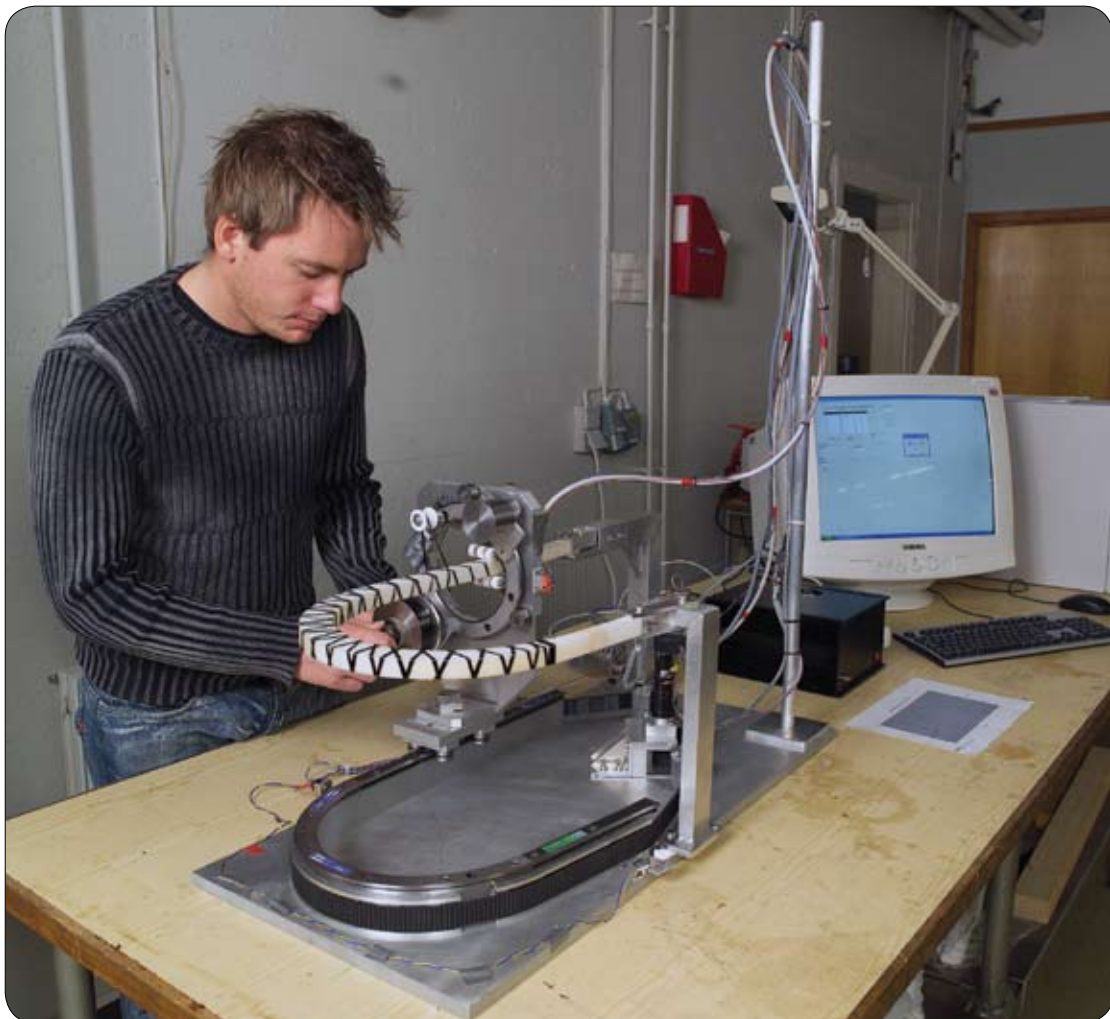
Fv har over tid opparbeidet kompetanse på komposittstrukturer. Fv har dratt veksler på denne kompetansen og benyttet karbonfiber til å utvikle en entrekrok som har et unikt styrke-/vektforhold. Kroken er patentert og solgt til Hærens Jegerkommando, Marinens Jegere og Politiets beredskapstropper. Det er også vist interesse for produktet utenlands, og det svenske Forsvaret har lagt inn en bestilling. Fv har valgt å inngå et samarbeid om markedsføring og produksjon av kroken med et kommersielt firma for fremtiden. Bendik Sagsveen har ledet utviklingen.

## Fellesverkstedet har moderne utstyr

Fv har moderne utstyr både på konstruksjonskontor og i verksted. I den siste tiårsperioden er det investert i en tre-akset Mori

Seiki dreiebenk, en Harrison hybrid dreiebenk, et fem-akset Mori Seiki maskinerings-senter, en CNC målemaskin og en Knuth vannskjærer. DAP- (Datassistert produksjon) programmet Master CAM ble anskaffet i 1999 og vi byttet konstruksjonsprogram til Solid Works i 2000. Produksjonen foregår i dag i stor grad ved at en del blir konstruert i Solid Works; en fil genereres og importeres inn i Master CAM der verktøybaner legges på. Postprosesserte filer går så til CNC-maskinene som maskinerer delen. Hverdagen for en moderne mekaniker består derfor også i mye programmeringsarbeid i tillegg til kjøring i maskinene. Fv's dyktige mekanikere behersker programmeringen i tillegg til at de fleste kan betjene flere maskiner.

Fellesverkstedet hadde i 2003 25 fast ansatte medarbeidere.



*Bendik Sagsveen under utvikling av en viklemaskin for karbonfiberkroker.*



*Interiør fra finmekanisk verksted 1999.*

Leder av konstruksjonskontoret har i Bergersens periode vært Bjarne Synstad mens Trond Askeland har vært verksmester.

*Bidragstere: Odd Garberg og Bjørn Bergersen.*

## 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  
Kamuflasje
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

