

# BEVINGAT

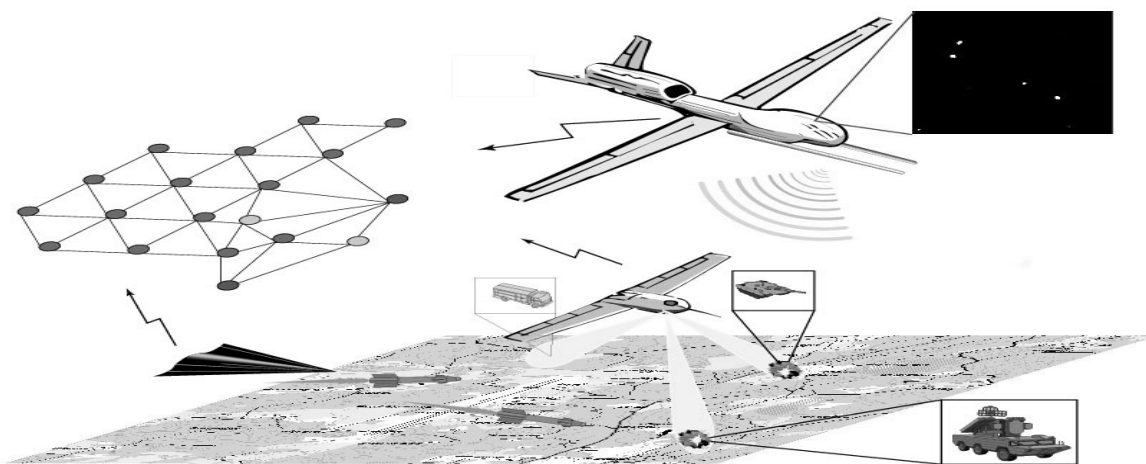
Flygtekniska föreningens tidskrift • Nr 3/2000

## Ny spaningsteknik för den nya försvarsmakten

Sveriges försvarsmakt genomgår nu en revolutionerande omdaning. Från att ha prioriterat många enheter och förband med stor eldkraft, på bekostnad av spaning och ledning, söker man nu en balans mellan ledningsförmåga och eldkraft.

Det framtida ledningssystemet, som skall vara gemensamt för hela försvarsmakten, måste kunna övervaka stora ytor, dygnet runt och upptäcka alla typer av mål. Dessa mål måste kunna identifieras och bekämpningsvärda mål diskrimineras från civila objekt eller andra mål som inte skall bekämpas. Ingen enskild sensor klarar den uppgiften utan systemet måste bestå av ett antal samverkande sensorer med olika egenskaper. **CARABAS-tekniken är den enda metoden som förmår upptäcka alla förändringar i scenen oavsett om målen står öppet eller dolda.**

Sverige intar idag en världsledande ställning på området. Projektet har gått från en idé hos en enskild forskare via ett nätverk av partners på FOA, universitet och högskolor samt industrin och tekniken har nu nått den mognadsgrad som krävs för att införas i Försvarsmakten inom ramen för det nya informationsteknologiska försvaret.



Det kan se ut som en tanke att FOA sedan snart 15 år forskat på ett nytt och banbrytande område som nu kan omsättas som en viktig komponent i det nya ledningssystem för försvarsmakten som nu växer fram. Riktigt så planerat går dock sällan teknisk-vetenskaplig utveckling till. I mitten på 80-talet arbetade en grupp på FOA med Syntetisk Apertur Radar – SAR där man studerade problem och möjligheter. En av de ledande i gruppen – **Dr. Hans Hellsten**, med sin bakgrund som teoretisk fysiker, angrep problemet som vilket matematiskt/fysikaliskt problem som helst snarare än ett specifikt radartekniskt problem. Resultatet blev nya idéer om system som arbetar med stor bandbredd på låga frekvenser, vilket låter motsägelsefullt men som ger unika egenskaper hos systemet. Dessa idéer gav upphov till ett omfattande forskningsprogram och implementerades i ett system kallat **CARABAS**. Denna teknik har nu – efter snart 15 år – nått en mognad som gör det möjligt att infoga i framtidens informationsteknologiska försvarsmakt. För 15 år sedan var inget av dagens modeord uppfunnet.

**Med SAR-teknik kan man skapa radarbilder med mycket hör upplösning.** Bilderna börja likna optiska fotografier, och man kan på detta vis få en väderoberoende spaningskapacitet mot markmål. Man kan även bibehålla upplösningen i bilden oberoende av avståndet mellan sensorn och målet – en mycket fascinerande egenskap. Begreppet upplösning hos en radar brukar definieras som bredden på impulsvaret då signaleffekten minskat till hälften och kan delas upp i två dimensioner. Man talar dels om avstånds- dels om azimuthupplösning.

Upplösningen i sidled, eller azimuth, bestäms av antennens egenskaper. Den skapar en strålningslob vars öppningsvinkel beror av antennens storlek i förhållande till den använda våglängden. Hos en traditionell radar, som kan kallas real apertur radar (RAR), blir upplösningen i azimuth allt sämre med ökande avstånd mellan radar och målområde. Försöker man bibehålla hög upplösning på stora avstånd blir antennen ganska snart helt ohanterligt stor för att uppnå erforderlig liten öppningsvinkel.

Med SAR teknik ges möjlighet att även med en mycket liten antenn behålla hög azimuthupplösning på stora avstånd. Knepet är att låta antennen passera förbi och belysa hela det intressanta målområdet med en bred lob, samtidigt som systemet registrerar den återspridda signalens amplitud och fas. Genom att analysera fashistoriken hos signalen, t.ex. med Fourier metoder, kan en syntetisk antennapertur lika lång som halva flygsträckan skapas.

### **CARABAS-idén**

Traditionella SAR-system arbetar typiskt med våglängder inom cm-området och beroende på att den återspridda signalen påverkas starkt av våglängdsstora objekt så tar radarn emot en signal påverkad av mängder av cm-stora objekt. De mål man letar efter är dock i de flesta tillämpningar mycket större. Man kan, mycket förenklat uttryckt, säga att all dessa små objekt bara stökar till bilden och gör den brusig. Den grundläggande idén blev således att bygga en radar som arbetar med meterlånga vågor och bibehållen bandbredd (dvs. det spektrum av frekvenser som systemet använder). Man talar om stor relativ bandbredd. Dessa långa våglängder får dessutom, bl. genom att de inte påverkas av små objekt, förmågan att tränga igenom löv- och grenverk. En radar som arbetar på dessa låga frekvenser får således förmågan att se genom vegetation. Att sk. Stealh-teknik inte heller fungerar särskilt bra mot dessa radarfrekvenser är ytterliggare en bonus. **Hans Hellsten** formulerade utifrån dessa fysikaliska fundamenta de matematiska samband

som måste lösas för den typ av tomografisk avbildning som detta ger.

### **CARABAS I**

För att verifiera det teoretiska arbetet och visa på tillämpningar skapades en forskargrupp kring Hellsten och runt 1987 började man implementera metoderna i ett tekniskt system. Detta innehöll många tekniska utmaningar – både vad gäller själva radartechniken och flygtekniken, systemet skulle ju flyga.

CARABAS radarn arbetar över området 20-90 MHz (ca 15-3 m våglängd) vilket ger långa antenner. Längden upplevs som speciellt stor med tanke på att antennerna skall kunna monteras på ett flygplan. Hur monteras två 5 meter långa avloppsrör på en flygplan? De får dessutom inte sitta i närheten av någon metall. Vilket provflygplan skall användas? Vad säger aerodynamikerna? Vad säger certifieringsfolket? Frågorna var många.

Det var naturligt för **FOA** att inleda ett samarbete med **FMV:Prov** som disponerar två kvalificerade flygplan för apparatutprovning. Man flyger två Sabreliner som militärt kallas TP86.

Efter många förkastade förslag framkom tanken att utforma antennerna som mjuka tygstrukturer med metallelement insydda i mantelytan. Antennsäckarna monterades i flygplanets stjärtparti på ett specialtillverkat ok. Genom detta förfarande kunde de relativt stora strukturerna anbringas på flygplanet utan att införa något moment till skrovet. "Säckarna" konstruerades och tillverkades av **Airsafe** (Upplands Väsby) och oket av **FFV Aerotech** (Linköping). Ett antal pensionerade experter från flygindustrin engagerades även som konsulter under konstruktions- och utprovningsarbetet som innehöll många spännande moment.

**I januari 1992 genomfördes de första SAR-mätningarna med systemet** över området kring Vättern som erbjuder ett varierande landskap. Området kring Omberg ger möjlighet att studera hur kraftigt varierande topografi påverkar bilden, medan avbildningar av det flacka Visingsö innehåller minimal inverkan från topografin varför detektion av på marken befintliga objekt kan undersökas. Dessutom medger en plan och lågt reflekterande vattenyta på ena sidan om flygplanet att separationen mellan höger och vänster sida lättare kan analyseras. De inledande försöken gav så pass bra och uppmanande resultat att utvärderingen därefter fortsatte med ett stort antal flygningar över olika miljöer och arbetet har rönt stort intresse både i Sverige och i utlandet.

## Uppgradering till CARABAS II

Den första generationens system var mest avsett att verifiera metodens realiserbarhet och efter framgångsrik användning under flera år genomfördes 1994-96 en större uppgradering av systemet gemensamt av **FOA** och **Ericsson Microwave Systems AB** (EMW, Mölndal). Syftet med det nya systemet - CARABAS II – var att uppnå prestanda som krävs för ett operativt system, demonstrera användbarheten för olika tillämpningar, samt ge underlag för en framtida produktifiering. De mest påtagliga förändringarna är avsevärt högre medeffekt i sändaren och nya förbättrade antenner.



*CARABAS II under flygegenskapsutprovning. I nosen syns de båda 8 m långa antennrören tillverkade av aramid förstärkt Epoxi (Foto: Pia Ericson, FMV:Prov)*

Den högre sändeffekten åstadkoms genom att en sammansatt signal med hög arbetsfaktor används. Den höga arbetsfaktorn innebär att långa sändtider kan användas med låg toppeffekt. Detta möjliggör i sin tur att en komplex sändsignal som medger att ”hål”, sk. notchar i det utsända spektret kan åstadkommas på kanaler som redan används av andra teletjänster. På detta vis kan radarsystemet arbeta tillsammans med andra användare utan att störa dessa. Med liknande metoder kan även störande yttre signaler filtreras bort i den mottagna signalen.

Det gamla antensystemet med tygsäckarna monterade i flygplanets stjärt fungerade bra under en första verifieringsfas, men visade sig medföra alltför stora restriktioner på väderförhållanden och flygenvelopp för operativ användning. För CARABAS II tillverkades därför stela antenner i aramid förstärkt Epoxi. De nya antennerna monterades i nosen på flygplanet. Antennerna är utformade som två rör, ett på vardera sidan om nosen, med en längd av ca 8 meter vardera. Den aktiva delen av antennerna sticker fram ca 5 m framför nosen på flygplanet. Ingenjörfirman **LUTAB** (Stockholm) svarade för de aerodynamiska beräkningarna och även tagit fram lastunderlag och konstruktioner av infästningsanordningar. **Applied Composites AB**, (ACAB, Linköping) svarade för konstruktion och tillverkning av kompositdelarna och **FFV Aerotech** (Linköping) stod för tillverkning och installation av mekanik och infästningar.

**Flygegenskaperna verifierades av FMV:Prov** via en serie flygpass som sakta och metodiskt öppnade flygenveloppen. Utprovningen var mycket lyckosam och verifierade väl på förhand gjorda simuleringar. Flygplanet med komplett antenninstallation får i princip flygas enligt flyghandboken utan restriktioner.

CARABAS-I och -II systemen har under alla år sedan den första provflygningen i januari 1992 testats i en mängd olika tillämpningar och miljöer.

Tekniken har provats över Bottenvikens isar, över tropisk regnskog i Panama och över Arizonas öknar. Den har testats mot Amerikanska och Franska system. Huvuddelen av utprovningen har naturligtvis genomförts i Sverige och varit inriktad mot svenska försvarsmaktens behov. Karaktären på bilderna är att ”man made objects” framträder mycket starkt medan naturen ger en svagare signatur. På bilderna syns detta tydligt då byggnader och t.ex. kraftledningar framträder som starka spridare medan skogsområden ger ett relativt svagt svar. Finessen är att militära mål såsom stridsfordon, flygplan eller lastbilar ”lyser igenom” svaret från vegetationen även om fordonen står dolda, väl skyddade från insyn med andra sensorer. Genom att bilderna inte påverkats av en mängd små, ovidkommande objekt så blir bakgrunden mycket stabil över tiden. Vid upprepade överflygningar över ett målområde kan då bakgrunden filtreras bort genom att subtrahera den ena bilden från den andra och alla förändringar kan upptäckas helt automatiskt. **CARABAS-tekniken är därmed den enda metoden som förmår upptäcka alla förändringar i ett scenario oavsett om målen står öppet eller dolda.**

**Björn Larsson**

FOA Sensorteknik, Linköping

## FLYGTEKNIK 2001

Ännu en nationell flyg- och rymdteknisk kongress ”Flygteknik 2001”, kommer att äga rum den 22-23 oktober 2001 på Norra Latin i Stockholm. Den blir därmed den fjärde kongressen som Flygtekniska föreningen har arrangerat med början 1992 i samarbete med IVA och SMR.

En programkommitté har bildats och i den ingår **Lars Anderson**, ordförande, **Göran Lilja** sekreterare, **Ulf Edlund**, Saab, **Anders Gustafsson**, FFA, **Lasse Karlsen** Haga Engineering, **Carl-Johan Koivisto**, Saab Informatics, **Göran Langemar**, FMV, **Gunnar Lindqvist**, IVA, **Kaj Lundahl**, Rymdbolaget, **Peter Möller**, Saab Ericsson Space, **Bengt-Olov Näs**, SAS, **Lars-Torsten Olsson**, SMR och **Ulf Olsson**, Volvo Aero Corp. Programupplägningen kommer i stora drag att vara densamma som vid den senaste kongressen ”Flygteknik 98”. Allmänna sessioner med koppling till kongressens tema ”Svensk flyg- och rymdteknik inför nya utmaningar” kommer att varvas med parallella tekniska sessioner.

De nya utmaningarna gäller bl.a den tekniska utvecklingen och de strukturella förändringarna inom industrin.

**Gunnar Lindqvist** ger följande synpunkter, som anknyter till temat: ”Svensk flygindustri har under flera årtionden utvecklats och producerat både militära och civila flygplansprogram. Nu pågår fullföljandet av Gripen-systemet samt deltagande i flera utländska projekt. Vår flygindustri liksom den övriga internationella flygindustrin genomgår nu en omfattande omstrukturering. Det innebär fusioner, nedläggningar, ändrade produktområden och inte minst ändrade ägareförhållanden.

Här hemma kommer vår flygindustri förmodligen inte att utveckla och ansvara för vare sig något nytt flygplan eller någon flygmotor. Speciella åtgärder måste därför vidtagas för att kunskaperna inom de flygtekniska basteknologierna skall kunna bibehållas och vidareutvecklas. Dessa kunskaper krävs för att fortfarande vara en attraktiv samarbetspartner med andra flygindustrier. Om inte detta görs riskerar flygindustrin att hamna i en trång nisch som underleverantör. Då kommer vi inte längre att ha en industri som kan kallas flygindustri.

Genom de senaste ändringarna inom vår försvarsindustri tycks Saab mer gå in för att lägga tyngdpunkten på att bli en IT-industri, dock med bibehållandet av Gripen-programmet så länge det varar. Volvo tycks, förutom varande en medleverantör i flygmotorbranschen, gå djupare in i underhållssektorn. Ericsson går vidare inom sensorer, kommunikation och datorteknik, men synes nu också åter vara intresserade av ledningssystem. Med medleverantör menas en leverantör som har tekniskt kunnande, både vad beträffar utveckling och tillverkning, att självständigt ansvara för viktiga delar av ett flygplanssystem och dess inpassning i det totala systemet.

Vart är då den tekniska utvecklingen på väg? Vilken marknad finns för flygtekniska produkter? Hur kan finansiering av utveckling och tillverkning ske? De två sista frågorna hänger givetvis ihop.

På den civila sidan kan man nog under alla förhållanden se en konstant ökning av flygtrafiken. Trängsel över Europa och Nordamerika driver utan tvekan fram behovet av större flygplan. Naturligtvis ökar även behovet inom andra storlekar av passagerarflygplan. Någon större marknad för överljuds-flygplan och än mindre för hypersoniska flygplan kan inte förväntas, åtminstone inte förrän i mitten av seklet. Även om de flesta (demokratiska) länder nu rustar ner kommer utvecklingen av både bemannade och obemannade krigsflygplan att fortsätta, liksom inom missilområdet. Tyvärr bör man inte vara så optimistisk att tro att den tusenåriga freden brutit ut. Det trodde vi 1925. Det var ett katastrofalt misstag. Det viktiga nu är att ta reda på vilka områden inom den militära utvecklingen som är mest lönsamma att satsa på.

Rymd och flygteknik hör till stor del ihop. På lång sikt kanske vi kan förvänta rymdflygplan, men det är knappast intressant för svensk flyg- och rymdindustri just nu.”

**Under slutet av november kommer FTF att skicka ut en inbjudan till föredragshållare (Call for Papers) med ett preliminärt kongressprogram.**

**En bok om uppfinnaren och Thulin-medaljören Håkan Lans** har skrivits av journalisten David Lagerkrans där den dramatiska utvecklingen och spelet om några av hans patent beskrivs.

## FTFs Hemsida på Internet

Adressen är:

[www.flygtekniskaforeningen.org](http://www.flygtekniskaforeningen.org)

På FTFs Hemsida finns bl.a aktuell information om Huvudföreningens Programverksamhet. *BEVINGAT* finns också på Hemsidan under rubriken "FTFs Tidskrift" och kan laddas ned fr.o.m nr 4 1996.

Hemsidan redigeras av redaktören för *BEVINGAT*.

## *BEVINGAT*

*utkommer med 4 nr/år och distribueras till FTFs medlemmar*

### Redaktör

#### och ansvarig utgivare

Lars Anderson

Kammakargatan 52

111 60 Stockholm

Tel. 08-791 84 91

E-post: [ftf@mailbox.swipnet.se](mailto:ftf@mailbox.swipnet.se)

### Lokalredaktörer

Alfred Persson, Göteborg

031-93 61 31

Per Bertler, Linköping

013-18 52 31

Torsten Höjrup, Malmö

040-49 92 05

Thomas Johnsson, Trollhättan

0520-948 44

*Manuskript adresseras till redaktör eller lokalredaktörer. Manusstopp för nästa nummer: den 14 november.*