

Tillkomsten av radarsystemet Giraffe

av

Leif Appelgren

Sammanfattning

Ericssons framgångsrika radarsystem Giraffe har under ca 45 år sålts till ett 30-tal länder utöver den svenska armén och marinen. Uppskattningsvis uppgår den totala exportförsäljningssumman till ca 20 miljarder kr t o m 2018.

Jag var med om att starta utvecklingen 1963 vid LM Ericssons militärelektronikdivision i Stockholm, sektionen för vapensystem. Då utvecklingen av radarsystem i övrigt ägde rum vid radaravdelningen i Mölndal flyttades projektet dit året därpå. En demonstrationsmodell kallad DOMTI byggdes på LM Ericssons bekostnad, den demonstrerades för Armétygförvaltningen i början av 1966. I hård konkurrens med den franska radarn L'Œil Noir (Svarta Ögat) fick LM Ericsson i mitten av 1967 en beställning av en funktionsmodell för 1,4 mkr.

Lyckade tester under 1969 av funktionsmodellen, som kallades PEDER, ledde till beställning av utrustning för modifiering av arméns spaningsradar PS-04/R och eldledningsradar PE-48/T under 1973. Den första Giraffe-radarn PS-70/R beställdes 1975 för leverans med början 1977.

LM Ericssons radarverksamhet köptes av SAAB 2006 och går nu under namnet SAAB Radar Solutions.

Prolog

Min far arbetade i VVS-företaget AB Installatör och var med och byggde den nya fabriken för LM Ericsson (LME) i Midsommarkransen vid slutet av 1930-talet. Då bygget var klart blev han erbjuden att stanna kvar som förman med ansvar för VVS. Mina föräldrar köpte i samband med anställningen en bostadsrätt två kvarter från fabriken. Jag växte på detta sätt upp mycket nära LM Ericsson, fick ibland följa med min far till fabriken på helgerna, han ville kontrollera att allt fungerade, speciellt under de kalla krigsvintrarna.

1951 fick jag mitt första sommarjobb som verkstadsbud på verkstadsavdelning 27 som kallades styckeverkstad, man tillverkade där specialarbeten, prototyper och liknande, således ingen serietillverkning. I ett förråd hittade jag en 500-väljare, jag lärde mig då hur det elektromekaniska underverk fungerade som möjliggjorde de första automatiska telefonstationerna vid slutet av 1920-talet.

Jag började på linjen Teknisk fysik på KTH 1956 och praktiserade under studietiden på en elektronikavdelning och en mekanisk avdelning inom LME, verkstadspraktik var på den tiden obligatoriskt på de tekniska högskolorna.

Examensarbetet gjorde jag hos Lars-Henning Zetterberg på Försvarets forskningsanstalt (FOA), senare professor i teletransmissionsteori på KTH, det handlade om hur man skulle beräkna antalet radiostationer som behövs för att täcka ett givet område utsatt för fientliga störsändare. Det arbetet blev min första kontakt med operationsanalys, d v s tillämpning av matematiska och statistiska metoder på problem från vitt skilda områden.

Jag blev färdig civilingenjör (teknisk fysik) på senvintern 1960 och skulle rycka in till militärtjänst på hösten samma år. Det var då naturligt att söka en tillfällig anställning på LM Ericsson, det råkade bli på sektionen för telefontrafikteori inom Utvecklingsavdelningen. Jag fick där arbeta med ett intressant projekt, att dimensionera elkraftföretagens drifttelefonnät, ett nät som begagnade stamnätets högspänningsledningar som telefontrådar.

Tidigare år hade en stor andel av de tekniska fysikerna hamnat i kärnenergi-branschen, på ASEA eller AB Atomenergi, men vinden hade nu vänt till förmån för försvarsindustri och databehandling. Efter militärtjänsten vid Flygstabens OA-grupp blev jag erbjuden anställning på SAAB. Jag följde dock familjens traditioner och anställdes hösten 1961 vid LM Ericsson i Midsommarkransen för att syssla med militärelektronik.

Min anställning vid LM Ericsson 1961-63

Ericssons militärelektronikdivision Dm hade i början av 60-talet en systemsektion i Stockholm för vapensystem, betecknad Dmx. Hans Sund var chef för sektionen som hade ca 60 anställda. Jag arbetade i en grupp om ca 15 personer, bl a Per Granholm, Tage Andersson och matematikern Göran Kjellberg.

I Stockholm satt även divisionschefen, en ekonomisektion och en försäljningssektion. Huvuddelen av militärelektronikdivisionen var förlagd till Mölndal i form av radaravdelningen, betecknad S.

Min del av Dmx ägnade sig huvudsakligen åt digital signalbehandling av radarinformation. Projekt som kan nämnas är

- Störbäringsavtagning
- Systemprov med signalbehandlingsutrustning
- Olika principer för binär integrering
- Störning av spaningsradar försedd med binär integrering


Om man vill upptäcka lågt flygande flygplan med radar behöver man kunna skilja på fasta ekon från föremål på marken från rörliga föremål. Tekniker för detta kallas MTI (moving target indication). Traditionellt använde man radarekots förflyttning, man subtraherade två på varandra följande ekons amplitud från varandra varvid fasta ekon försvann medan rörliga fanns delvis kvar. Man använde därvid en fördröjningsledning som fördröjde föregående eko den tid som motsvarade tidsavståndet mellan radarns sändarpulser.

Kring årsskiftet 1962/63 spånade Tage Andersson och jag om hur man skulle kunna åstadkomma bättre markekoundertryckning genom att på något sätt använda mottagarsignalens dopplerspektrum. Eftersom vi i övrigt arbetade med digital behandling av radarinformation där man mätte signalens amplitud i olika avståndsportar var det naturligt att ställa frågan om man kunde bevara mottagarsignalens frekvens och fas i en sådan avståndsport. Våra diskussioner utmynnade i rapporten "Systemförslag till låghöjdsradar" (fig. 1), författad av mig och godkänd av Tage Andersson. Grundidén var att bevara den högfrekventa signalen i varje avståndsport samt blanda den med sändarsignalen för att få fram skillnadsfrekvensen varefter lågfrekventa delar av dopplerspektret, dvs markekona, skulle kunna filtreras bort. Se bilaga.

Vi beskrev systemidén för försvarets konsult Teleutredningar AB (TUAB), jag minns där att någon medarbetare ansåg att vår idé stred mot naturlagarna, dvs att man inte samtidigt kan mäta avstånd och hastighet. Då kontaktade jag min tidigare handledare Lars-Henning Zetterberg som bekräftade att vår idé var fullt möjlig.

Under 1963 skedde en omorganisation så att Hans Sund blev chef för försäljningsavdelningen varvid Tage Andersson efterträdde Sund som sektionschef inom konstruktionsavdelningen. Jag fick följa med Sund till en försäljningssektion benämnd Ff, enda gången i mitt liv då jag arbetat i en säljorganisation. Hans Sunds tanke var att placera mig i en ny systemsektion benämnd Fx, men två händelser gjorde att jag sade upp mig hösten 1963.

Hans Sund var reservofficer och kallades in till tjänstgöring på sensommaren 1963. Innan han försvann bad han mig utreda reservdelspriserna som han ansåg vara alltför höga, han fick ofta klagomål på detta från kunderna. Han visste att jag läste företagsekonomi på Stockholms universitet på kvällarna och tyckte väl att jag var väl lämpad för uppdraget. Jag började med att ställa frågor om saken, bl a på ekonomisektionen. Kort därefter blev jag inkallad till divisionschefen och grundligt utskälld för att jag lade mig i saker jag inte hade med att göra. Man kan misstänka att personer på ekonomisektionen klagat på detta intrång på deras revir.

	benämning	nr	sid
	FÖRSLAG TILL PULSRADARSYSTEM	Dm 26	1
	FÖR LÅGHÖJDSSPANING	titelår	datum
			8.5.1963
		godkänd (frist och namn)	
		M/Kxc <i>lage Andorn</i>	

Ed-23

Enskild handling med
HEMLIGT
 innehåll
 Telefon AB L M Ericsson
 Militärelektronik
 3015 1963 Sign. *AL*

*13.2.69 schematiskt
 anl. medd. M/C
 14/69/1274*

Sammanfattning

I denna rapport behandlas ett nytt sätt att göra en MTI-radar med begränsad räckvidd (50 - 75 km), mycket god markekodiskriminering samt goda störegenskaper. Beräkningar göres för en spaningsradar på S- eller C-bandet.

Innehållsförteckning

1. Inledning
2. Systembeskrivning
3. Effektkrav
4. Mark-, sjö- och regnekon
5. Konstruktionssynpunkter
6. Kommentarer

rec.	översatt	andra utgåvor	uppgj. (frist o sign.)	kontr. (frist o sign.)	nr
			M/FF/LA		Dm 26

Figur 1: Försättsblad till den ursprungliga rapporten från maj 1963

Den andra anledningen att jag lämnade Ericsson var att jag blev erbjuden anställning vid FOA med placering på den nya KTH-institutionen för optimeringslära och systemteori. Jag skulle därigenom få möjlighet att studera till licentiat eller doktor med full lön som förste forskningsingenjör. Jag hade blivit intresserad av optimering och operationsanalys via mitt examensarbete men hade dessutom gjort min militärtjänst vid Flygstabens OA-grupp, där jag hade arbetat med ett spelproblem avseende hur försvaret skulle disponera ett begränsat antal luftvärnsrobotar mot en fiendlig attack med bombflyg. Detta ledde sedermera till min licentiatuppsats benämnd "Ett utnötningsspel".

Jag har inte förrän nu insett vilken besvikelse min uppsägning bör ha orsakat hos Hans Sund. Han hade på mig överlåtit sin undervisning i informationsteori på Tekniska gymnasiet på Kungsholmen. Han hade erbjudit mig en egen systemsektion. Han hade även överlåtit sin plats i LME-koncernens framtidskommitté på mig. Framtidskommittén innehöll ett antal yngre förmågor från olika delar av koncernen, jag minns särskilt Kurt Katzeff som var lite mera senior, chef för sektionen Ux som utvecklade de digitala telefonsystemen. Även Håkan Ledin, senare vice VD, ingick i kommittén. Kurt Katzeff försökte övertala mig att stanna kvar och arbeta med utvecklingen av digitala telefonsystem, men det var för sent.

Hans Sund utnämndes till direktör 1965 enligt Ericssons årsredovisning, till vice VD 1975 och till förste vice VD 1977. Han avled 1989 vid 63 års ålder.

LM Ericssons experiment med pulsdopplerradar 1964-67

Vad som hände närmast efter min avgång har jag fått berättat för mig av Tage Andersson och Per Granholm. Dessa bägge skrev en specifikation som ledde till att företagsledningen beviljade 1 mkr till byggande av en prototyp i Mölndal under ledning av Bengt Andersson, anställd i systemsektionen Sx. Prototypen monterades i en Volvo Valpen terrängbil. Projektet fick namnet DOMTI (Doppler-MTI).

Att detta projekt tillmättes stor betydelse inom LME redan på detta stadium styrks av följande skrivning i årsredovisningen för 1965: "Försöksverksamhet med en nyutvecklade låghöjdsradar av dopplertyp har ägt rum."

MI-divisionens försäljningsavdelning (Bertil Nilsson) bjöd den 1 april 1966 in Kungliga Arméförvaltningen (KAF) till en demonstration av DOMTI den 19 april på KAF Brommalaboratorium (fig. 2). Inbjudan sändes vidare till Arméstaben och FOAs elektronikavdelning FOA 3.

Telefonaktiebolaget
L M Ericsson

TELEGRAMADRESS:
TELEFONBOLAGET
STOCKHOLM



POSTADRESS:
FACK
STOCKHOLM 32

TELEFON: 08 - 19 00 00

TELEX: 19 910 ERICTEL STH

Kungl. Arméförvaltningen
STOCKHOLM 80

För närvarande delbet
Lin

KUNGL. ARME- FÖRVALTNINGEN	Ink 514 1966 Nr. LA 3340:167	BH
Handlägges av	Sa. rtd	De givnes
RB	VA	M
Beslut		

Lin

Er ref.

Ert brev

Vår ref.

MI/Fuk/OL
54

STOCKHOLM
1.4.1966

Leffers

Inbjudan till visning av pulsdopplerradar för låghöjdsplanering

Anmälan gjord 15/4-66
T/L

Telefonaktiebolaget L M Ericsson har under de senaste åren bedrivit omfattande utveckling inom dopplerradarområdet. Som ett resultat av detta arbete har en prototypstation av pulsdopplertyp tillverkats. Stationen, som är inbyggd i ett mindre självgående hjulfordon, anser vi vara en god lösning på de problem som låghöjdsplanering ställer med hänsyn till val av grupperingsplats, markekomiljö och störskydd samt möjligheter till automatisering och enkel överföring av radarinformation.

Vi har härmed äran inbjuda till orientering om pulsdopplerprinciper samt visning av radarstationen under användning för upptäckt av flygplan i markekomiljö.

Tid: den 19.4.1966 kl. 08.30 - ca 11.00

Plats: Brommalaboratoriet/KAF (infart från Ulvsundavägen, ca 1 km S Bromma flygplats)

Anmälan om personal som kommer att delta emotses tacksamt före 15.4.1966 till L M Ericsson, telefon 19 00 00, ankn. 2115 eller 2124. I samband med anmälan kan den personal som är förhindrad vid ovan angiven tidpunkt beredas plats vid annan visning i samma vecka; i första hand gäller 22.4. kl. 08.30 som reservtid.

Ytterligare en visningsperiod är planerad under tiden 6 - 10 juni. Beträffande detta ber vi få återkomma senare.

Högaktningsfullt

TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON
Militärelektronik
Försäljningsavdelningen

Bertil Nilsson
Bertil Nilsson

66
OL/BML

F 3312 a/1

Figur 2: Inbjudan till visning av DOMTI daterad 1 april 1966

KAF studerade även en radar benämnd L'Œil Noir (Svarta Ögat), från det franska företaget CSF (från 1968 Thomson-CSF, senare omdöpt till Thales Group).

I september 1966 utfördes prov i trakten av Överkalix där man jämförde möjligheten att upptäcka flygplan på lägsta höjd mellan ordinär spaningsradar, spaningsradar med konventionell MTI och pulsdopplerradar (Svarta Ögat). MTI-radarn var endast obetydligt bättre än den ordinära radarn, medan dopplerradarn var avsevärt bättre, detta trots att dopplerradarn effekt var mångdubbelt lägre jämfört med de övriga enheterna.

Försök med DOMTI och Svarta Ögat, som bägge byggde på sändarkoherenta system, utfördes i september 1966 vid F7 Såtenäs. Från LME deltog L. Hallberg, A. Molin och G. Bonander.

En jämförande rapport skrevs i februari 1967 (fig. 3) av major B Andersson. Av rapporten framgår att DOMTI arbetade på C-bandet med pulslängd 4 μ s, pulsfrekvens 4-5 kHz samt 30 avståndsportar à 600 m. Svarta Ögat hade endast fyra avståndsportar à 3 km. Rapporten utmynnade i en rekommendation av Svarta Ögat, baserat på entydig hastighetsmätning samt sannolikt högre driftsäkerhet och lägre driftkostnad. Förbättrad avståndsupplösning ansågs dock önskvärd.

Vid en föredragning för Forsvarsdepartementet den 7 juni 1967 fanns en offert från CSF avseende mottagarkoherent system daterad 11 april 1967 samt en offert från LME avseende sändarkoherent system daterad 30 maj 1967. KAF rekommenderade CSF, d v s Svarta Ögat.

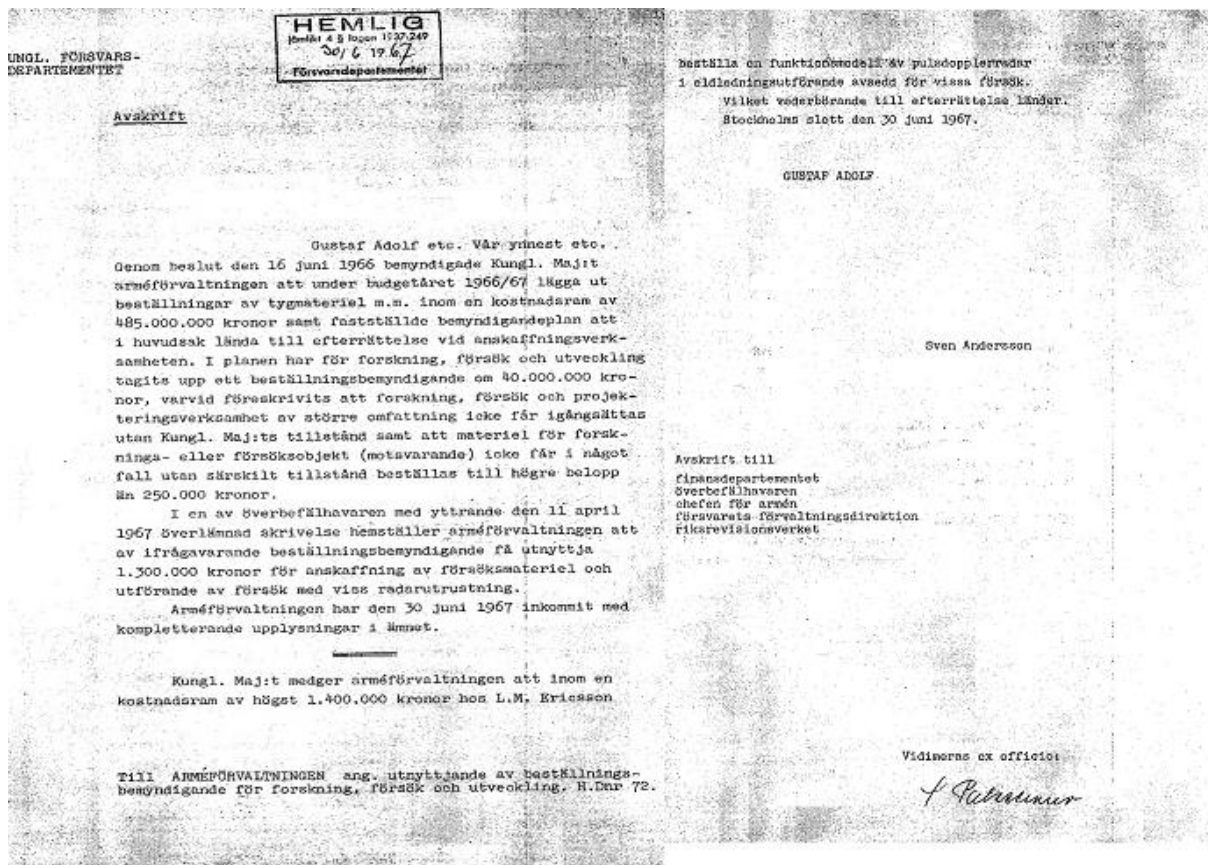
LME inkom dock med en ny offert för mottagarkoherent system den 30 juni med priset 1,4 mkr. Detta ledde till en snabb helomvändning inom KAF. Samma dag beviljades i konselj 1,4 mkr för beställning av en funktionsmodell från LME, beslutet undertecknat Gustaf Adolf (Fig. 4). Man kan fråga sig hur en offert från LME kan leda till ett regeringsbeslut samma dag. Det var nära Ögat!

Regeringsbeslutet ledde till en beställning i november samma år enligt en specifikation från KAF, med leveranstid februari 1969. Detta projekt fick namnet PEDER (PulsDopplerRadar). Under utvecklingstiden hölls regelbundna protokollförda möten mellan LME och KAF (från 1968 Försvarets Materielverk, huvudavdelningen för armémateriel, FMV-A). Av protokollen framgår att PEDER använde tre olika pulsrepetitionsfrekvenser för att eliminera mångtydighet i målavstånd upp till 10 km.

Prov med PEDER tillsammans med centralinstrumentet cig 760 utfördes våren 1969 på F7 Såtenäs som en del av projekt Eldledningsradar Eutr 75.

	Angiv Ansvar Datum Sign	ELEKTROTEKNISKA LABORATORIET Uppdrag: EA/RB Avslutat den: 1.2.1967 Utfört av: Mj B Andersson Godkänt: <i>N. Andersson</i>	Protokoll Nr E H1194 Handlingen omfattar 40 blad										
		HEMLIG jäml. 4 § lagen 1937:249 24. 02. 67 KUNGL ARMEFÖRVALTNINGEN											
		Upptäckt av flygplan på lägsta höjd med pulsdopplerradar											
			Insk. 29 MRS 1967 <i>Kill HA</i> Dnr 44										
		<p><u>Sammanfattning</u></p> <p>Under september 1966 utfördes vid F7 Sätenäs nya försök med radarupptäckt av flygplan på låg höjd (jämför protokoll E H1181 och E H1189).</p> <p>Avsikten med försöket var i första hand att prova inom landet befintliga spaningsradar av pulsdopplertyp, d v s <u>Svarta Ögat</u>, som av KAF inköpts från CSF, Frankrike, och DOMTI, som är en av LME framtagna laboratorieutrustning.</p> <p>För jämförelsens skull hade medtagits en pulsradar med koherent MTI, PS-51/R, och en vanlig eldledningsradar av typ PE-48 monterad på Cig 760. I försöket ingick dessutom en pulsradar av hoppfrekvenstyp.</p> <p>Platsen hade valts med hänsyn till tillgängligt kvalificerat målflyg och till den flacka terrängen, som ger kraftiga och utbredda markeken, samt till att likartade försök tidigare utförts därstädes.</p> <p>Målflygplan var A32 Lansen med vilket företogs 20 flygpäss med olika höjd och anflygningsriktning.</p> <p>Resultatet av försöket visar, att pulsdopplerstationerna ger god undertryckning av markekena och en säker upptäckt av målflygplanet, även när detta går på absolut lägsta höjd. Den koherenta MTI-stationen gav något sämre resultat, vilket var väntat. Dock kan härvid räckvidden ej helt jämföras på grund av skilda uppställningsplatser. Den normala pulsradarn gav ett väsentligt mycket sämre resultat. Hoppfrekvens gav ej någon förbättring av målupptäckten i denna typ av terräng.</p> <p>De upptäcktsavstånd, som erhållits med de bägge pulsdopplerstationerna, kan ej direkt jämföras på grund av de olika principiella skillnaderna i parametervalet. Domti kördes dessutom inte med avsedda pulsfrekvenser och antennhastigheter. Det förefaller emellertid klart att <u>den franska lösningen ger en säkrare förvarning genom den tätare informationen och hastighetsdiskrimineringen.</u></p>											
	KUNGL ARMEFÖRVALTNINGEN Insk. 29 MRS 1967 Nr CP/A. 221/133 30 44		KUNGL ARMEFÖRVALTNINGEN Insk. 24/2 1967 Nr EA/A. 45/529										
		KUNGL ARMEFÖRVALTNINGEN ELEKTROAVDELNINGEN	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Datum</th> <th>Gransk</th> <th>Ant bl</th> <th>Bl nr</th> <th>Ex nr</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	Datum	Gransk	Ant bl	Bl nr	Ex nr					4
Datum	Gransk	Ant bl	Bl nr	Ex nr									
				4									

Figur 3: Ur jämförande rapporten Svarta Ögat – DOMTI från februari 1967



Figur 4: Kungl. Maj:t beslut att inköpa LME funktionsmodell av pulsdopplerradar.

Seriebeställningar av MTI-tillsatser 1968-73

I en handhavandebeskrivning för PEDER daterad januari 1970 framgick att utrustningen var avsedd att ersätta eldledningsradarn PE-48/T¹. Utrustningen fick senare namnet UDR 10101 (MTI för PE-48/T).

1973 rapporterades att spaningsradar PS-04/R² och PS-171/R hade försetts med MTI-tillsats och att dessa utprovades. Tillsatsen för PS-04/R fick namnet UDP 10401 Beställningar lades samma år till LME både för PS-04/R (9,7 mkr) och för PE-48/T (17,1 mkr).

¹ PE-48/T var en eldledningsradar för luftvärnet som utgjorde en del av centralinstrumentering 760 (Cig 760) som tillverkats av Arencos från 1940-talet. 1960 seriebeställdes den tillhörande radarn hos LME, leveranser av färdiga stationer påbörjades i mitten av 1964. Cig 760 utgick ur krigsorganisationen under 90-talet.

² 1957 beställdes från Compagnie Francaise Thomson Houston (CFTH) Paris två prototypstationer (sändar- och mottagarenheter), en för armén och en för marinen. I samband med dessa beställningar tecknades även ett licensavtal för tillverkning av såväl radarstationer som antenner i Sverige. Tillsammans med vissa komponenter utvecklade i Sverige blev resultatet spaningsradarn PS-04/R. De första stationerna levererades i början av 1962. Sedan modernare radarstationer tillkommit under 70-talet (PS-70 och PS-707) utvecklades PS-04/R successivt ur krigsorganisationen under 1990-talet.

Haerens materielkommando i Norge beställde samma modifiering av PS-04, sannolikt under 1975, möjligen något tidigare. Detta synes vara den första exportordern av LME:s pulsdopplerradar.

Projekt PS-50/R

Enligt PM från 1967 startade tankarna på en ny spaningsradar för luftvärnet 1961. LM Ericson fick 1966 uppdraget att utreda möjligheten av gemensam utveckling av PS-50/R och olika spaningsradarprojekt inom Flygförvaltningen.

I juni 1968 beviljade regeringen 7,1 mkr för utveckling av ny spaningsradar.

I januari 1969 offererade LME PS-50 med olika alternativ för markekoundertryckning, dels konventionell signaljämförelse med fördröjningsledning, dels koherent pulsdopplerradar. Man refererade till de tidigare projekten DOMTI och PEDER. I offerten fanns en skiss som visar likheten med de kommande Giraffe-stationerna (figur 5).

Projekt PS-50/R tycks senare ha lagts ned, sannolikt ersatt av PS-70/R.

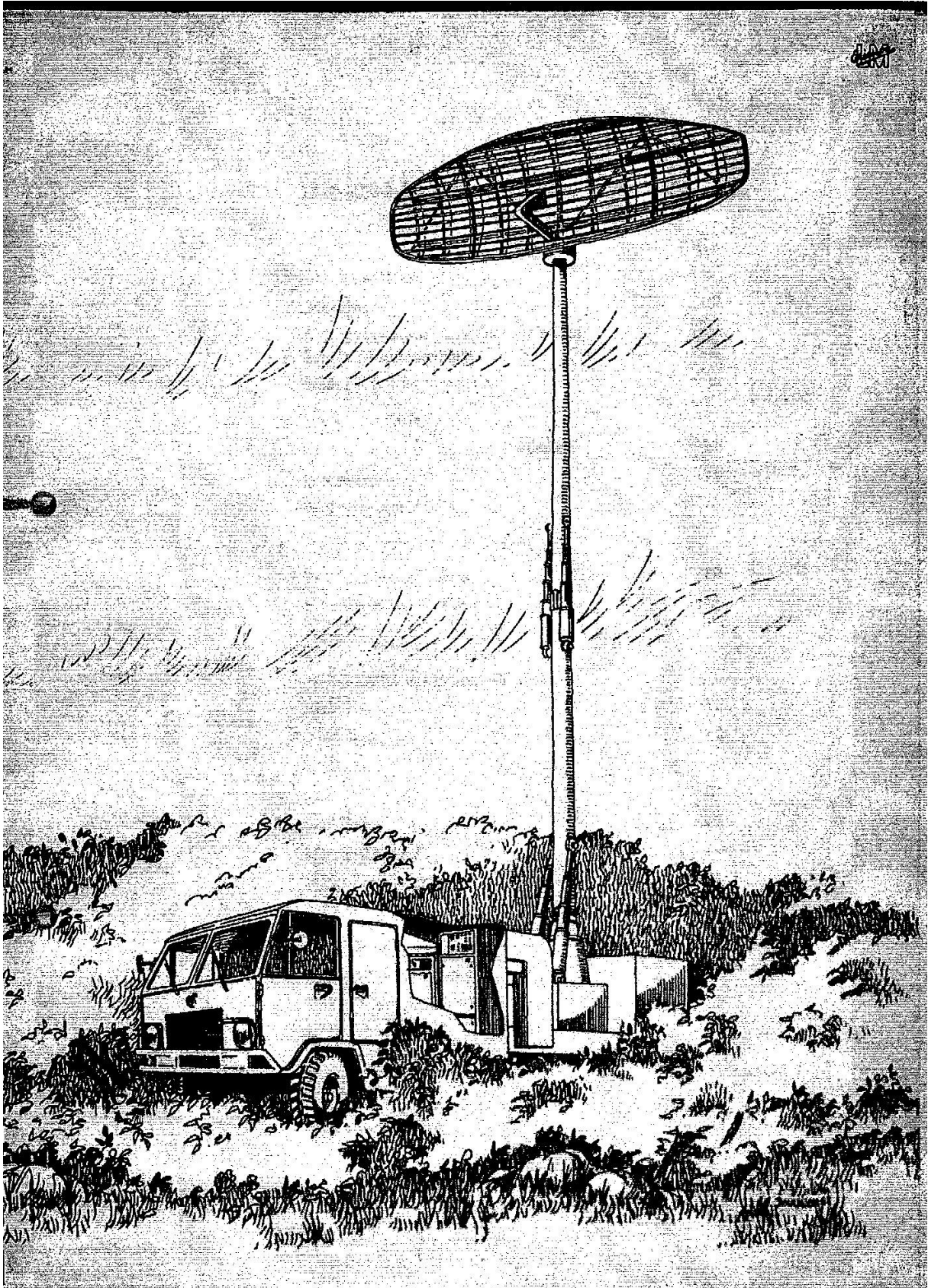
Den första Giraffen

LME offererade i juli 1971 spanings- och inisningsutrustning för fördelningsrobotsystem 70. Spaningsradarn som kallades DOMTI II var en fullkoherent pulsdopplerradar på C-bandet med prf-växling för att undvika blinda hastigheter. En konkurrerande offert inkom från Philips (PTAB) men radarbyrån vid FMV-A rekommenderade LME, främst eftersom PTAB inte hade någon färdig teknisk lösning. I maj 1972 beviljade Regeringen 17 mkr för utveckling av detta radarsystem. I oktober samma år hölls det första uppföljningsmötet mellan FMV-A och LME, varvid radarn fått namnet PS-70/R.

PS-70/R var dimensionerad för 20 km räckvidd men kunde köras i en förvarningsmod med 40 km räckvidd och något sämre markekoundertryckning och upplösning.

Det första försöksexemplaret skulle levereras i september 1974, det andra våren 1975. I september 1975 beviljade Regeringen tillstånd att utlägga seriebeställning på PS-70/R enligt LME offert, kostnad ca 180 mkr.

Hösten 1976 anhöll LME att få låna försöksexemplar nr 1 av PS-70/R för visning på Parisutställningen i maj-juni 1977.



Figur 5: Skiss av LME:s offererade PS-50/R



Figur 6: Den första Giraffen PS-70/R

1977 levererades de första serieexemplaren av PS-70/R, därmed var den första fasen av Giraffe-utvecklingen avslutad. Den 12 m höga masten har givit radarnamnet Giraffe (figur 6).

Giraffe-systemens utveckling efter 1977

Försvaret hade sedan 1966 ett omfattande samarbete med den schweiziska armén. 1973 tecknades ett samarbetsavtal rörande Robotssystem 70 varvid Gruppe für Rüstungsdienste (Schweiz motsvarighet till FMV) skulle betala hälften av utvecklingskostnaden för robotsystemet. Radarsystemet ingick inte i detta avtal, hela utvecklingskostnaden bekostades av FMV. Redan hösten 1974 anhöll den schweiziska armén om att få låna prototypen till PS/70-R i maj-juli

1975 för utprovning. LME önskade få skicka med sju tekniker för kunna ansvara för att utrustningen fungerar tillfredställande.

I LME årsredovisning för 1978 berättades om fortsatta stora beställningar av radarutrustningar från Schweiz, vilket tyder på att de första exportorderna kom redan 1977 eller tidigare. I årsredovisningen för 1986 redovisades att det schweiziska företaget Contraves var en viktig samarbetspartner för lokala mobila försvarssystem. Av Ericsson Radio Systems broschyr från 1986/87 framgick att LME:s pulsdopplerradar ingick i Contraves luftvärnssystem Skyguard. Contraves köptes 1999 av den tyska vapentillverkaren Rheinmetall.

PS-70/R fick i exportversion namnet Giraffe-40. En tidig exportorder kom från Singapore 1978 som en del av Robotssystem 70.

Robotsystem 67 Hawk, tillverkat av Raytheon i USA, ingick i luftförsvaret sedan 1963 som Robotssystem 67, utrustad med enbart amerikansk elektronik. En uppgraderad version anskaffades på 1970-talet, betecknad Robotssystem 77. Eftersom denna planerades få en svensktillverkad radar startade redan 1973 utvecklingsarbete vid LME på en ny version av PS-70/R, den kallades från början PS-70/R variant 3 men fick senare namnet PS-707/R. Den skulle ha räckvidden 40 km och minst dubbla uteffekten jämfört med PS-70/R.

PS-90/R utvecklades som spaningsradar till Robotssystem 90 och levererades till svenska försvaret 1991-95. Exportversionen betecknas Giraffe-75.

PS-91/R är en 3D radar (som även mäter målets höjd över marken) med 20 km räckvidd, utvecklad för Robotssystem 90.

De marina exportversionerna av Giraffe benämns Sea Giraffe, de har exporterats till ett 15-tal länder. Den första exportbeställningen synes ha kommit från Bahrein 1979, den gällde en marin version av Giraffe-75 kallad Sea Giraffe-50HC.

I den svenska marinen utrustades de tolv torpedbåtarna av Norrköping-klass med Sea Giraffe, betecknad PS-75/R, i samband med att de byggdes om till robotbåtar i början av 1980-talet. Radarn beställdes 1980, första leverans 1983. De två korvetterna av Stockholm-klass, levererade 1985, utrustades också med Sea Giraffe. De fyra korvetterna av Göteborgs-klass, levererade 1990-93, har en Sea Giraffe betecknas PS-76/R. medan de fem korvetterna av Visby-klass, levererade 2009-2014, utrustades med Sea Giraffe AMB.

CEROS-200 är ett eldledningssikte för örlogsfartyg som kan användas med artilleri eller luftvärnsrobotar. Sålt till ett tiotal länder. Första leverans 1995.

ARTHUR (Artillery Hunting Radar) är ett artillerilokaliseringssystem som utvecklades under slutet av 1980-talet och början av 1990-talet på uppdrag av svenska och norska försvaret. I det svenska försvaret heter systemet ArtlokRR 2091. Det har exporterats till ett tiotal länder.

HARD är en tre-dimensionell radar med 20 km räckvidd utvecklad för det svensk-tyska kortdistans luftvärnsrobotsystemet ASRAD-R, levererad från 2001.

PS-740 utgör en del av artillerieldledningssystemet ArtE 740 som utvecklats för kustartilleriet och som efter dess avveckling levererats till Amfibiebrigad 2004 som dock aldrig förverkligades.

UndE23 är en underrättelseenhet utvecklad för Robotssystem 23 Bamse men används även för Robotssystem 70 och 97. Enheten tillverkas av LME, senare SAAB, med första leverans år 2000. Den innehåller en tredimensionell spaningsradar av Giraffe-typ med 100 km räckvidd. Exportversionen benämns Giraffe AMB (Agile Multi Beam), exporterad till ett dussintal länder.

LM Ericssons radarverksamhet köptes av SAAB 2006 och går nu under namnet SAAB Radar Solutions. Att Giraffe-systemet fortfarande är högaktuellt framgår av SAABs hemsida där tre olika landbaserade varianter av Giraffe marknadsförs:

Giraffe 1X, en 3D radar av AESA-typ (Active Electronically Scanned Array) på X-bandet med 75 km räckvidd.

Giraffe 4A, en 3D radar av AESA-typ på S-bandet med 280 km räckvidd.

Giraffe AMB, en 3D radar av AESA-typ med 120 km räckvidd.

Samma tre varianter marknadsförs för marint bruk under namnet Sea Giraffe.

SIPRI (Stockholm International Peace Research Institute) publicerar statistik över vapenhandeln, både volymmässigt och projektvis. Projektstatistiken (Trade register) visar enskilda affärer uppdelade på år, exportland, importland och vapentyp. Den intressanta vapentypen här är sensorer, som främst omfattar radar och sonar.

Handelsvolym (Exporter/importer TIV tables) redovisas antingen på importland och vapentyp, exportland och vapentyp eller exportland och importland, däremot går det inte att samtidigt välja exportland, importland och vapentyp. Handelsvolymerna mäts i TIV (Trend Indicator Values), som enligt SIPRI enbart är jämförelsetal användbara för att utläsa trender och marknads-

andelar. Baserat på 16 Giraffe-kontrakt med angivet försäljningsbelopp uppskattas att en TIV ungefär motsvarar 1,6 USD.

Total export 1977-2018 från Sverige av gruppen sensorer uppgår till 2,2 miljarder TIV som grovt kan översättas till 3,5 miljarder USD. All svensk export av sensorer avser givetvis inte Giraffe-system, som här anses innefatta även Ericsson/SAABs system ARTHUR, CEROS-200 och HARD. Baserat på antalet vapenaffärer av olika system har Giraffe-systemens värdeandel uppskattats för olika femårsperioder. Denna andel har stigit från 12,5 % den första femårsperioden 1977-81 till ca 90 % för den sista perioden. Med hjälp av dessa andelstal har exporten av Giraffe-system grovt uppskattats till totalt 2,6 miljarder USD motsvarande 20 miljarder SEK.

Enligt SIPRI har Giraffe med efterföljare sålts till 33 länder, varav 14 i Europa, 11 i Asien, fyra i Amerika och två i Oceanien. De största exportleveranserna synes ha skett till Norge, Finland, Kanada och Sydkorea.

Slutord

Ett avsnitt av TV-serien Omöjlig ingenjörskonst som visades i SVT under 2018 handlade om USA-flottans Littoral-klass, grundgående fartyg avsedda för strid i kustnära områden. Fartygschefen på USS Independence berömmar sin Sea Giraffe-radar, ”Vi kan sälla agnarna från vetet mycket bättre än med en vanlig radar”. Det var pinsamt att den svenska kommentatorn inte nämnde (inte kände till?) att denna fantastiska radar var utvecklad och tillverkad i Sverige.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att radarsystemet Giraffe varit och är en mycket lyckosam produkt med en livslängd hittills på över 40 år. Jag är självfallet stolt och glad över att ha varit med från början i utvecklingen av detta framgångsrika radarsystem.

Denna artikel tillägnas min kollega framlidne Tage Andersson med familj.

Källor

Dicander, Lars, Kihlström, Göran och Lundgren, Per (2009). Framgångsfaktorer i ett lyckat samarbetsprojekt mellan Norge och Sverige. Försvarets Historiska Telesamlingar, Armén. <http://www.fht.nu>.

Ericsson Radio Systems AB, årsredovisning 1983 samt odaterade broschyrer från mitten av 1980-talet.

Försvarets Materielverks öppna och hemliga arkiv, huvudavdelningen för armémateriel 1968-76. Krigsarkivet.

Försvarsdepartementets hemliga arkiv 1967. Riksarkivet.

Försvarsmaktens hemsida, <https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/sensorer/>

Jönson, Malte (2017). Ledningssystem i Marinen under 50 år. En kortfattad genomgång. Försvarets Historiska Telesamlingar, Urvalsgruppen för marinmateriel. <http://www.fht.nu>.

Kungliga Arméförvaltningens öppna och hemliga arkiv 1966-67. Krigsarkivet.

Lindgren, Kjell-Erik (2001). En sammanställning över arméns radarstationer från 1940-talet fram till början av 1960-talet. Försvarets Historiska Telesamlingar, Urvalsgruppen för armémateriel. <http://www.fht.nu>.

LM Ericssons årsredovisningar 1969-2005.

SAABs årsredovisningar 2006-2018.

SIPRI Arms Transfer Database, <https://www.sipri.org/databases/armstransfers>

Bilaga: Några radartekniska frågor

En pulsradar sänder ut pulser med jämna mellanrum, den s.k. pulsrepetitionsfrekvensen, förkortad prf. Om ett mål befinner sig på det avstånd d där tidsfördröjningen motsvarar tiden mellan två pulser kan det tolkas som att målet är på avståndet noll.

$$2d/c = 1/p$$

där c är ljushastigheten (300.000 km/sekund) och p prf (pulser per sekund)

$$d = c/2p = 150.000/p$$

Med $p = 3000$ blir $d = 50$ km

Dopplerfrekvensen f_d för ett mål med hastigheten v km/sekund där sändarfrekvensen är f MHz blir

$$f_d = vf/c$$

Med $f = 6000$ MHz (C-bandet) och målhastigheten 0,3 km/s (1080 km/tim) blir dopplerfrekvensen

$$0,3 \cdot 6000 / 300000 = 0,006 \text{ MHz} = 6 \text{ kHz}$$

Om dopplerfrekvensen är en multipel av pulsrepetitionsfrekvensen uppstår en blind hastighet eftersom dessa frekvenser måste filtreras bort. För att man inte ska förlora mål med blinda hastigheter kan man växla mellan två pulsrepetitionsfrekvenser, t ex 3000 och 4000, då blir den första blinda

dopplerfrekvensen 12 kHz vilket svarar mot målhastigheten 0,6 km/s, d v s 2160 km/h.

Det ovanstående visar ungefär de parametrar som skisserades i min ursprungliga rapport och som sedan kom att användas i den första utrustningen som byggdes av LME.

240104 LA