

Bertil Brusmark

Årsrapport 2002 för FOI:s forskning inom FoT-område

Sensorer över ytan med **Signaturanpassning**

Utgivare Totalförsvarets forskningsinstitut - FOI FOI, Marknadsenheten 172 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0780--SE		<u>Klassificering</u> Användarrapport
	Forskningsområde 4. Spaning och Ledning		
	Månad, år Mars 2003	Projektnummer IS102	
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet		
	Delområde 42 Spaningssensorer, 62 Signaturanpassning		
Författare/redaktör Bertil Brusmark	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten		
	Projektledare		
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig		
Rapportens titel Årsrapport 2002 för FOI:s forskning inom FoT-området Sensorer över ytan inkl Signaturanpass-			
Sammanfattning (högst 200 ord) I rapporten sammanfattas översiktligt FOI:s forskning under 2002 inom forskningsområdet Sensorer över ytan inkl Signaturanpassning. Området omfattar sensorsystem (radar, IR, laser, akustik), signalbehandling, datafusion, signaturer och material för signaturreducering. Under 2002 har verksamhet inom lågfrekvensradar (< 1 GHz) inneburit utveckling av ett försökssystem och algoritmer för detektion av rörliga markmål. Komponenter och signalbehandling har utvecklats för aktivt elektriskt styrda antenner (AESAs) som på sikt medger multifunktionella mikrovågssystem. En ökad förmåga för måligenkänning har demonstrerats genom kombination av aktiva och passiva optroniska sensor. Vi har visat hur högupplöst 3D avbildning med laser kan utnyttjas för att detektera och känna igen mål som nästan helt dölts i terräng. En arkitektur baserad på intelligenta agenter i ett marksensornätverk har modellerats och använts för simulering. Ett frågespråk utvecklas för stöd till måligenkänning. Målet är att demonstrera språket i ett informationssystem för igenkänning av markmål baserat på optiska sensorer under nästa år. Forskning inom signaturanpassning har gett nya modeller som omfattar interaktionen (multipelreflexion) mellan målobjekt och markbakgrund. En ny aerosoldämpningsmodell har utvecklats. Inom signaturmaterial studeras bl a frekvensselektiva komponenter, för att uppnå större bandbredd hos en radarabsorbent, Material för att reducera värmeutstrålning (IR) genom att minska ytans emissivitet.			
Nyckelord Sensor, radar, laser, IR, marksensorer, datafusion, signatur, signaturmaterial,			
Övriga bibliografiska uppgifter		Språk Svenska	
ISSN 1650-1942		Antal sidor: 45	
Distribution enligt missiv		Pris: Enligt prislista Sekretess	

Issuing organization FOI – Swedish Defense Research Agency FOI Program Office 172 90 Stockholm	Report number, ISRN	<u>Report type</u>
	FOI-R--0780--SE	User report
	Research area code	
	4 C4ISR	
	Month year	Project no.
	March 2003	IS102
	Customers code	
	5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Sub area code	
	42 Surveillance sensors, 62 Low observables	
Author/s (editor/s) Bertil Brusmark	Sponsoring agency	
	The Armed Forces	
	Project manager	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation)		
Annual Report 2002 on FOI:s Research on Surveillance sensors and Low observables		
Abstract (not more than 200 words) This report summarizes FOI's research during 2002 on Reconnaissance and Surveillance incl Low Observables. The research comprise sensor systems (radar, IR, laser, acoustics), signal processing, data fusion, low observables and materials for signature reduction. Activities in the radar domain includes an experimental system (< 1 GHz) and algorithms for GMTI. Components and signal processing methods have been studied for digital beamforming antennas. Target recognition based on combination of passive and active EO-sensors and 3 D imaging by laser have been demonstrated. An architecture based on intelligent agents have been used in modeling and simulation of a ground sensor network. An information system and a query language to support target recognition has been developed. Research on low observables has resulted in new models that are taking into account interaction between target and background. A model for the influence of aerosols on EM-propagation has been developed. Research on signature materials include: radar absorbants based frequency selective components, surface coatings for reduction of IR emissivity.		
Keywords		
Sensor, radar, laser, IR, ground sensors, data fusion, low observables, radar absorbant, IR reduction		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 45 p.	
	Price acc. to pricelist	
	Security classification	

INNEHÅLL

1. Forskningsområdets omfattning och inriktning	7
2. Sammanfattning av forskningsresultaten.....	7
3. Den nationella och internationella utvecklingen inom området.....	10
4. Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet	12
4.1 OPTRONISKA SENSORSYSTEM	12
4.2 VÅGUTBREDNINGSANALYS	14
4.3 ADAPTIV MULTIFUNKTIONSANTENN FÖR LEDNING, INFORMATION OCH ANALYS (AMALIA)	14
4.4 HÖGEFFEKTKOMPONENTER I MIKROVÅGSOMRÅDET	16
4.5 RADARSYSTEMTEKNIK FÖR BREDBANDS-RADAR	18
4.6 LEDNINGSRADAR	20
4.7 RADARSIGNALBEHANDLING FÖR SAR OCH GMTI	21
4.8 INFORMATIONSSYSTEM FÖR MÅL-IGENKÄNNING	23
4.9 ADAPTIVA INTERAKTIVA MARK-SENSORNÄT (IAM)	25
4.10 AVANCERADE RADARABSORBENTER	26
4.11 OPTISKA SIGNATURMATERIAL	28
4.12 RADARSIGNATURER	30
4.13 OPTISKA SIGNATURER	32
5. Rapporter och annan kunskapsöverföring	35

1. Forskningsområdets omfattning och inriktning

Forskningsområdet är sammansatt av två delområden: *Sensorer över ytan* och *Signaturanpassning*.

Det förstnämnda delområdet, "*Sensorer över ytan*" omfattar komponentteknik, sensorsystem, signalbehandling, sensornära informations- och datafusionssystem. Ett mycket brett verksamhetsfält ryms inom området och fokusering är nödvändig för att nå högt kvalificerade forskningsresultat inom några delar av området. Samma slutsats gäller för det andra delområdet som omfattar material och metoder för signaturanpassning främst mot radar- och IR-sensorer. De sensorsystem som studeras inom "*Sensorer över Ytan*" baseras främst på radar, IR och laser. Under året har en breddning skett mot akustik och seismik som ingår i system för marksensorer. Från nästa år ökar insatserna avseende samverkande sensorsystem för markmålsspaning.

Delområde "*Signaturanpassning*" omfattar grundläggande insatser för utveckling av material och metoder som syftar till anpassning av system till dess aktuella omgivning. Verksamheten omfattar modellering, mätning och materialframtagning. Syftet är att reducera mål-till-bakgrunds-kontrasten och därigenom försämrade upptäcktmöjligheter. Inriktningen är främst radar- och IR-signaturer men en successiv breddning mot akustik och magnetik kan förväntas som en följd av ett ökande marksensorhot. Multispektral IR-teknik, polarimetrisk teknik, bredbandiga och högupplösande radarsensorer påverkar framtida utformning av signaturanpassning och ställer ökade krav. Uppträdande i olika miljöer ställer krav på dynamisk anpassningsförmåga. Tekniken är internationellt omgärdad av hög sekretess.

Verksamheten inriktas för att stödja Försvarens omformning till ett nätverksbaserat försvar. Denna utveckling bygger bl a på ett systemperspektiv med väl integrerade och samverkande sensortjänster i en nätverksstruktur. Verksamheten karaktäriseras i ökande grad av denna inriktning.

2. Sammanfattning av forskningsresultaten

I detta avsnitt sammanfattas forskning inom FoT 8 för år 2002. Avsnittet inleds med *radar* och *optronik*, följt av *marksensorer*, *informationssystem för sensorer* och därefter behandlas *signaturanpassning*.

Verksamheten har under 2002 kunnat genomföras enligt plan med några mindre förseningar och ändringar.

Verksamheten inom forskningsområdet bygger kompetens som stödjer FM:s utveckling på flera sätt, bl a genom expertstöd till FM:s studieverksamhet, deltagande i FM försök, etablering av internationell samverkan, stöd vid upphandling och utveckling av materielsystem,

Radarteknik omfattar *mikrovågssystem och -komponenter samt lågfrekvenssystem (VHF-UHF¹)*. Inom forskning för *hög-effektskomponenter* har under året tillverkningsmetoder för semi-isolerande SiC-substrat samt för epitaxiella skikt för transistorer förbättrats. Komponentprestanda är bättre än för kommersiella material. En första omgång transistorer för demonstrator-förstärkare har tillverkats och utvärderats. Vi har även för att studera möjligheten att konstruera effekttåligen tagarkomponenter byggt en C-bandsblandare baserad på SiC transistorer. Den-

¹ VHF-UHF (Very High-, Ultrahigh High Frequency)

na teknik kan potentiellt användas för t ex olika gruppantenn tillämpningar.

Forskning inom *mikrovågsbaserade flerk Funktionsantenn* har bl a resulterat i signalbehandlingsmetoder för störundertryckning av reflexstörning i huvudlob, vilket är ett stort problem för dagens flygburna radarsystem, samt för lobformning och riktningsbetämning med polarimetriska konforma gruppantenn. För demonstratorn (Smart skin DBF – Digital Beamforming) har en förenklad arkitektur för högintegrerade mikrovågsmottagare utvecklats. Inom X-bandet som potentiellt kan ge kompaktare och kostnadseffektiva antensystem med bibehållna prestanda.

Under året har forskningen inom *lågfrekvenssystem för markmålspaning* fokuserat på att färdigställa UHF-moder i det nya LORA-systemet.

De första LORA-mätningarna från FOI:s tak gjordes under våren och de första flygmätningarna genomfördes under slutet av hösten. Algoritmer har utvecklats, implementerats och testats på verkliga data. Mätningarna har varit framgångsrika såtillvida att både luft- och markmål detekterats och mätts in. Forskning inom lågfrekvensradar (VHF-UHF) har visat på den komplementära förmågan hos lågfrekvens- och mikrovågs-SAR (syntesaperturradar). FOI deltog under svenska försök med inhyrd sensorutrustad UAV (Eagle). Lågfrekvens-SAR har förmåga till stor yttäckning och hög detektionssannolikhet (stillastående mål), medan mikrovågs-SAR ger möjlighet till måligenkänning genom decimeterupplösning.

Arbetet med signalbehandling av AASR²-data (*luftmålsspaning*) har lett fram till en ny processeringsmetod som har patent-sökts. De utvecklade simuleringspaketen

har möjliggjort grundligare utvärdering av tidigare signalbehandlingmetoder. En mätdatabank för bistatisk målarea har framtagits.

Ökad förmåga till måligenkänning genom användning av multisensorsystem, där aktiva och passiva *EO-sensors*³ förmågor kombinerats, har demonstrerats under året.

Vidare har vi visat hur högupplöst 3 D avbildning kan utnyttjas för att detektera och känna igen mål som nästan helt dölts i terräng (några procents transmission till målet per vy) genom sammansättning av 3 D "punktmoln" från flera olika vyer. Man kommer på sikt att kunna flyga över en skog som synes "avskalad på träd och buskar".

Även lokalisering och igenkänning av människor i byggnader dolda bakom persienner har demonstrerats. För taktisk användning kommer utveckling av 3 D avkännande fokalplanearrayer att vara väsentlig där man erhåller en 3 D samt reflektions- "bild" för en enda kort laserpuls.

En arkitektur baserad på intelligenta agenter i ett *marksensornätverk* har modellerats och använts för simulering. Resultaten visar att denna arkitektur är tillämpbar för distribuerade sensorsystem.

Under året har genomförts två mätkampanjer. Erfarenheterna från dessa mätningar har använts för design av demonstratorsystem.

Ett frågespråk utvecklas för stöd till måligenkänning. Målet är att demonstrera språket i ett *informationssystem* för igenkänning av markmål baserat på optiska sensorer under nästa år. Under året har ett sk ontologiskt kunskapssystem införts vilket förenklat och effektiviserat systemet. Enkelt uttryckt kan man säga att en ontologi är en kunskapsstruktur som på ett logiskt sätt beskriver de objekt som man arbetar med

² AASR (Associativ Apertursyntesradar)

³ EO (elektrooptiska)

utgående från deras klasstillhörighet, inbördes relationer och begränsningar.

En följd är att systemet ur användarens perspektiv blir oberoende av sensorer och sensordata.

Ett mål för forskningen inom *signaturanpassning* är modellerings-metoder som omfattar interaktionen (multipelreflexion) mellan målobjekt och markbakgrund. Under året har jämförelser mellan modeller och mätdata (radar) från enkla objekt i viss bakgrund visat på svag överensstämmelse. Slutsatsen är att även i enkla mätfall har interaktionen stor inverkan och måste beaktas i modeller. FOI:s utomhusmätplats (radar och antennmätningar), Lilla Gåra, har i år uppgraderats och utrustats med ett 50 m högt torn som gör det möjligt att mäta markfordon i olika terrängavsnitt och elevationsvinklar.

IR-mätdata har jämförts med modelldata för semi-empirisk och empirisk texturmodell. Den senare modellen gav bäst korrelation. Analys av polarisationstillstånd för försöksdata (objekt dolt av kamouflagenät) har visat att detekterbarhet förbättras inom LWIR⁴-mätningarna.

En ny aerosoldämpningsmodell har utvecklats och använts för att uppskatta aerosolextinktionskoefficienten. Resultat har jämförts atmosfärsprogrammet Modtran (standardprogramvara). Av aerosolmodellerna i Modtran visar det sig att "Maritime" fungerar rimligt bra vid korta våglängder. För LWIR underestimerar "Maritime" dämpningen en faktor 2-4. Övriga Modtran-modeller är sämre.

Ett exempel på material som innehåller frekvensselektiva komponenter, för att uppnå större bandbredd hos en radarabsorbent utan att öka tjockleken, har presenterats. Beräkningar visar att utgående från en

tunn smalbandig absorbent kan en väsentlig förbättrad bandbredd uppnås genom att integrera ett eller flera frekvensselektiva skikt i strukturen. Inom materialforskningen eftersträvas kombinationer av egenskaper i nya material. En prototyp kommer att tillverkas och utvärderas 2003. Black-glass[®], ett kommersiellt material som studerats har visat sig ha mycket goda egenskaper. Det tål temperaturer på > 1000° och har en relativt låg permittivitet. Som förlustmaterial kan olika typer av fibrer användas. Exempel på sådan som studerats är SiC och Si-Ti-C-O fibrer.

Beräkningar av radarabsorberande och låg-emissiva siktrutor (optiskt transparenta) pekar på att mycket tunna metallskikt kan utnyttjas som förlustskikt. En realiseringsstudie kommer att genomföras 2003.

Material för att reducera värmeutstrålning (IR) genom att minska ytans emissivitet (öka reflektansen) har studerats. Aluminiumflagor har belagts och erhållit minskad glans inom det visuella området, samtidigt som dess höga reflektans inom IR-området bibehållits.

Utvecklingen av en låg-emissiv kamouflagfärg för visuella och IR-området har fortsatt. Olika blandningar av bindemedel, tilläggsmedel, färgämnen och IR-reflekterande pigment har testats för att optimera de optiska egenskaperna bl.a. aluminiumflagor och kiselpulver. Trots att själva pigmentet har en hög reflektans kan det tillsammans med bindemedlet ge en låg reflektans.

Cenosfärer kan användas för att öka IR-reflektansen. Vi har konstaterat ett tydligt samband mellan skikt tjocklek och reflektans och att maximal reflektans uppnås över en viss tjocklek. Även cenosfärens storleksfördelning påverkar reflektansen. Ytbeläggning med olika storleksfördelning av cenosfärer har visat att både polarisation och emissivitetsnivå kan kontrolleras.

⁴ LWIR (long wavelength IR, 8-12 µm)

3. Den nationella och internationella utvecklingen inom området

I detta avsnitt beskrivs utveckling och några trender inom området. Avsnittet inleds med beskrivning radarteknik, optronisk teknik, följt av marksensorer, informationssystem för sensorer och därefter behandlas signaturanpassning.

Radarområdet indelas i *mikrovågs- och VHF-UHF-teknik*. De största forskningsinsatserna inom radarsystemteknik görs i USA, med parallella men mindre omfattande program i Europa. I Ryssland är insatserna betydligt blygsammare.

Utvecklingen inom mikrovågssystem går mot allt kompaktare antennsystem, baserade på allt högre integrationsgrad av både kretsar, strukturintegrerade aperturer och funktionsintegration. Det medför ökade möjligheter att i framtiden utrusta även små farkoster som UAV:er med avancerade radarsensorer. En tydlig trend är att utveckla radarsystemen till rekonfigurerbara flerfunktionssystem, som inkluderar t ex kommunikation, datalänkning, signalspanning och störning i samma system. Exempel på detta finns i DARPA-program i USA, med aktiviteter som "Reconfigurable Aperture Program" (RECAP) och "Intelligent RF-Front-Ends" för mikrovågskretsar med möjlighet att i realtid anpassa sina funktioner till operativa behov och förändringar i omgivningen.

Utvecklingsmöjligheterna för aktivt elektriskt styrda gruppantennor (AESA⁵) bedöms som stora, speciellt i kombination med digital mottagning. Forskningsinsatserna motiveras av AESA:ns stora fördelar i viktiga taktiska sammanhang, jämfört med alternativa antennteknologier. Till-

ämpningar inom flygburna system är bl a nosradar i stridsflygplan, sidtittande radar med både SAR och GMTI. AESA ger bättre omvärldsuppfattning, större målföljningskapacitet, bättre förmåga att upptäcka rörliga markmål och överföra radarbilder i realtid. Den har bättre störtålighet och avsevärt högre tillförlitlighet. Genomslaget för tekniken är beroende av forsknings- och utvecklingsinsatser inom vissa teknikområden för att vara praktiskt och ekonomiskt tillämpbar. Längst har utvecklingen kommit i USA, som planerar för en omfattande introduktion av AESA-teknik både i flygplan och UAV:er mot slutet av decenniet, medan utvecklingstakten är lägre i Europa.

På *komponentsidan* förväntas en stark utveckling inom SiC/GaN-området. Denna komponentteknologi medger generering av höga effekter i mikrovågsområdet. Sverige har en ledande ställning när det gäller material-forskningen inom SiC-området (främst LiU) och har genom Okmetic AB en industri i vardande. Internationellt finns idag ett tiotal grupper som har etablerat sig inom SiC/GaN-förstärkarområdet bl a Motorola, Hughes, Northrop-Grumman, Cree research, Thales, New Japan Radio, NEC, QinetiQ, FOI-konsortiet samt ett flertal universitet främst i USA, EU och Japan.

De bästa resultaten från USA visar på teknikens möjligheter t ex transistorer med effekttätheter 5-10 ggr större än traditionell teknik. En kommersiell introduktion av 60W SiC-transistorer för mobilradio-tillämpningar (1-2GHz) har annonserats av Cree till 2003. USA planerar för en stor användning av tekniken i system, som skall tillverkas i slutet av detta decennium. DARPA har därför under 2002 initierat ett mycket stort FoU-program inom området (ca 40 miljoner dollar över en treårsperiod!)

⁵ AESA (Adaptive electrically steered antenna)

Utvecklingen för luftmålsspaning med **lågfrekvensradar (VHF-UHF)** är traditionellt omgärdad med sekretess, speciellt om ambitionen är att kunna upptäcka smygsmål, vilket är fallet med AASR. Det finns ett ökande internationellt intresse för distribuerade, multistatiska, lågfrekventa luftövervakningssystem (jmf AASR).

Relaterat arbete pågår i flera länder, t ex Frankrike, Kanada, Australien, USA och Storbritannien. Nämnas kan också förekomsten av parasiterande, och därmed passiva, system (till exempel CELLDAR⁶ eller Silent Sentry⁷), där man utnyttjar befintligt EM-strålning från till exempel mobiltelefoner, radio eller tv.

Utvecklingen inom lågfrekvensradar för markmålsspaning leds internationellt av Sverige och USA. I Sverige har FMV under året bedrivit en förstudie för ett materialsystem CARABAS-III med uppdrag till FOI och EMW.

I USA bedrivs TUT-projektet (Targets-Under-Trees) där flygvapnet har för avsikt att materialisera ett operativt system för upptäckt, igenkänning och vapeninsats mot dolda markmål fram till 2008. Målplattform är höghöjds-UAV – troligen Global Hawk.

Systemet bygger på liknande koncept som FOIs för flygburen VHF-band SAR kombinerat med förändringsdetektion och sensordatafusion för måligenkänning. Airforce Research Laboratory leder verksamheten i samarbete med DARPA och CECOM som tidigare finansierat den amerikanska forskningen inom lågfrekvensradar. TUT fas 1 löper under perioden 2002-2004 och avslutas med realtidsdemonstrationer 2004. FOI

⁶ System under utveckling Roke Manor Research UK som utnyttjar signaler från basstationer för mobiltelefoner för att skapa radardata.

⁷ System under utveckling av Lockheed Martin som nyttjar kommersiella FM-radiostationer för att skapa radardata

och FMV förhandlar f.n. om ett nytt bilateralt samarbetsprojekt med gemensamma övningar och demonstrationer i USA under 2004. På den europeiska arean finns också intresse för VHF/UHF-radar, främst i Frankrike och Storbritannien.

Ett internationellt intresse finns för **marksensorer** i flera tillämpningar bl a övervakning, lokalisering av artilleri. De system som finns har oftast endast grundläggande funktioner och är svåra att använda för generella uppdrag. Forskningen är inriktad mot dels sensorteknik, dels informationshantering (t ex SensIT⁸ i USA, avslutas 2002). Det svenska företaget Exensor har tagit fram produkter inom området och bedriver utvecklingsarbete.

Inom **signaturanpassningsteknik (IR)** sker en utveckling mot kvalificerade program (även kommersiellt) för prediktion av IR-strålning. Programmen hanterar komplexa geometrier modellering av naturliga bakgrunder, bättre beskrivning av ytrektion och emission, värmeöverföring i och mellan objekt samt strålning från avgasplymer och motorkaviteter. Inom **radarsignaturområdet** satsas internationellt stora resurser på att utveckla optimerings- och beräkningsverktyg för att kunna radarsignaturanpassa farkoster i sin rätta miljö (d v s mot olika bakgrunder). Avancerade satslösningar kräver mer kompetenta prediktionsverktyg.

En satsning som verkar vara på internationellt uppgående är styrbara kamouflage, både beträffande det synliga området och IR-området. Inom det synliga området finns det även kommersiella intressen genom att termokromt variera färg med temperaturen hos en yta eller att elektrokromt variera färg som funktion av pålagd spän-

⁸ Sens-IT, Sensor Information technology, är ett amerikanskt forskningsprogram för nätverk av distribuerade sensorer som avslutades under 2002.

ning över t.ex. en display-yta. Inom IR-området finns även kommersiella intressen inom bl.a. energibesparingsteknik, fiberoptik och solcells forskning.

Signaturmaterial inom radarområdet har utvecklats sedan mer än ett halvt sekel. Även här är sekretessen mycket hög beroende på att resultaten blir mycket tillämpningsnära. De tendenser som kan skönjas är främst styrbara material. Det finns en strömning inom SAT att snabbt (i realtid) kunna förändra sin signatur. University of Sheffield har visat en smalbandig radarabsorbent vars reflektionsminima kunde flyttas från 5 till 10 GHz. Detta möjliggör ett adaptivt materialkoncept där ett sensorsystem kan avkänna den belysande radarns frekvens och optimera absorptionen därefter.

En annan tendens är utnyttjandet av nanostrukturella material som öppnar nya intressanta möjligheter i form av flerfunktionella material. Exempel på detta är nanostrukturella förlustpartiklar i ett kompositmaterial. Nanopartiklarna kan då dels ge radarabsorberande egenskaper, dels en förbättrad lastbärande kapacitet hos kompositen. Ett annat exempel är nanostrukturella förlustpartiklar i ett optiskt transparent material, vilket möjliggör radarabsorberande siktrutor eller radarabsorberande IR-radomer.

En ytterligare trend är utveckling av metoder för materialmodellering. Detta innebär möjligheter att utifrån kännedom av de enskilda ingående materialens egenskaper hos en materialblandning kunna beräkna kompositens effektiva elektromagnetiska egenskaper. I dagens läge bestäms materialkompositers egenskaper genom tidskrävande och dyrbara experimentella metoder.

4. Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet

4.1 Optroniska sensorsystem

Projektledare Lena Klasén, FOI Lasersystem

4.1.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Syftet med detta projekt är att bygga upp kompetens och metodik för utformning och värdering av optroniska sensorsystem. Verksamheten omfattar sensorsystem baserade på multispektral- och laserradartechnologi, sensornära signal- och bildbehandlingsalgoritmer, sensormodeller samt kombinationen av passiva/aktiva system.

Forskningsmålen för projektet är att studera multi/hyperspektral- och laserradartechnik för att värdera förmågor för nya multidimensionella och multisensor system i ett NBF perspektiv.

4.1.2 Nytta/effekter för Försvarmakten

Projektets centrala frågeställning är hur framtida optroniska sensorsystem skall utformas och verka för att ge effektiv användbarhet i det framtida försvaret. Primära tillämpningar är spaning, målupptäckt, identifiering, multimålföljning och multisensortillämpningar med optroniska sensorsystem.

4.1.3 Genomförda aktiviteter

Verksamheten 2002 har omfattat flera omfattande nationella och internationella mätkampanjer samt utformning av metodik för analys av förmågan hos multidimensionella respektive multisensorsystem baserade på multispektral- och laserradartechnologi.

Två omfattande mätkampanjer ingår i ett CEPA-8 projekt där FOI deltar aktivt. Den första kampanjen genomfördes vid försöksområdet Pirrene vid Onera utanför Toulouse i Frankrike. Den bestod i sin tur

av två delar; en "long term campaign" med fyra mätomgångar under sommarhalvåret 2002 med syftet att studera väder och årstidspåverkan på mål- och bakgrundsstrålning samt en "intensive measurement campaign" som bestod av en mätomgång under juli 2002 med syfte att samla in spektrala bilder och jämföra instrumentens prestanda. FOI medverkade vid Pirrenekampanjen med 8 paneler samt medverkade vid LTC-mätningen i oktober. Insamlade data från Pirrene kommer att analyseras och slutrapporteras i december 2003. FOI stod som dessutom som värd för det femte projektmötet, som hölls i Linköping under månadsskiftet september/oktober. Syftet med försöken i Kvarn 2003 är dels att belysa nordeuropeiska förhållanden med en miljö som är annorlunda den vid Pirrene, dels att genomföra ett mer realistiskt försök med avseende på sensorer, mål och scenarier. FOIs kostnader för genomförandet av fältförsöket finansieras även via en separat beställning från FMV. WEAG projektet kommer att avslutas år 2004 med en genomgripande analys och syntes rörande multi- och hyperspektrala EO-systems förmåga.

Under 2002 har nya förmågor för måligenkänning med laserradar demonstrerats. Detta omfattar vibrometri, grindad avbildning samt scannande 3D laserradar. Utöver detta har den stora potentialen för fullt 3D avbildande laserradarsystem demonstrerats genom att bl.a. simulera ett framtida system genom att lägga samman multipla vyer som registretats med ett scannande system.

För att värdera ökad förmåga med multispektrala- och multisensorsystem, har en unik sammätning i maj i Kvarn genomförts med flera aktiva och passiva sensorer, se FOI användarrapport FOI-R—0740—SE. Samregistrering skedde med en multispektralkamera, betecknad "MULTIMIR", som är känslig i MWIR, en enbandskamera

känslig i LWIR, scannande 3D laserradar, ett försökssystem för grindad avbildning och vibrometrisystemet. Väderdata och atmosfärsförhållande registrerades samtidigt med sensordata. En mätkampanj genomfördes även i november 2002, i samverkan med det av FMV finansierade projektet "Grindad Avbildning" E3889, men samregistrering av multispektral- och laserradarsystem kunde inte genomföras i samma omfattning som under den mätkampanj som genomfördes i maj. Projektåret 2002 sammanfattades den 10 december, då årets verksamhet och resultat redovisades i seminarieform.

4.1.4 Framkomna resultat/slutsatser

Ökad förmåga för måligenkänning genom användning av multisensorsystem, där aktiva och passiva sensorers förmågor kombinerats, har demonstrerats under året.

För taktiskt utnyttjande av optiska sensorer bör den förväntade turbulensnivån kunna predikteras. Modellering av turbulensnivån utifrån väderparametrar studerades under mätkampanjen i maj i Kvarn. En god överensstämmelse erhöles mellan vädermodellerad turbulensnivå och data uppmätt med scintillometer.

4.1.5 Kunskapsspridning

Erfarenheterna från detta projekt har redovisats till FM inom gemensamma program, workshops, seminarier och vid informella kontakter. Under året har ett antal vetenskapliga artiklar och rapporter, inklusive bidrag till internationella forskningskonferenser presenterats. Bland annat publicerades två bidrag vid SPIE , Aerosense April 2002.

4.1.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Projektet bedrivs till stor del i internationell samverkan i ett projekt inom WEAG MoU CEPA JP 8.10 "Spectral Imaging

Techniques (2001-2004). Syftet med detta WEAG-projekt är att värdera multi- och hyperspektral teknik för detektion, klassificering och identifiering i förhållande till traditionella enbands EO-system. Delta-gande nationer är: Frankrike, Italien, Nederländerna, Norge, Storbritannien, Sverige och Tyskland.

Under året har även utarbetande av nya internationella avtal pågått, dels ett bilateralt samverkansprojekt med Tyskland (FOI-FGAN) och dels ett mer omfattande projekt inom området "*Laser Radar for Non Cooperative Target Identification (NOTORIL)*" avseende perioden 2003-2005.

4.1.7 Fortsättning

Projektet fortsätter under 2003 baserad på den tidigare treåriga forskningsplanen.

4.2 Vågutbredningsanalys

Projektledare Ove Gustavsson FOI Ledningssystem Se årsrapport FoT 16 Telekrig

4.3 Adaptiv MultifunktionsAntenn för Ledning, Information och Analys (AMALIA)

Projektledare: Roland Erickson, FOI Sensorteknik

4.3.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet avser att bygga upp en långsiktig kompetens inom framtida radarteknik för spaning, målföljning och identifiering med elektrisk styrda gruppantennar. En grundläggande fråga som behandlas är: "Hur skall framtida mikrovågsantennsystem utformas och arbeta för att ge optimal användbarhet med ökad störfasthet och robusthet?"

I första hand bearbetas tekniska frågeställningar inriktade på flerfunktionsradar för

samtidig spaning, följning och igenkänning. Forskningen inriktas mot att utveckla ny kunskap om gruppantenners egenskaper, konstruktion och utformning med hänsyn till prestanda, kostnadseffektivitet och , användbarhet. Kunskapen genereras även genom realisering av forskningsdemonstratorer av intresse för framtida sensorsystem och uppgraderingar. En viktig verksamhet är att undersöka möjligheterna att med modern antenn- och kretsteknik åstadkomma kompakta, strukturintegrerbara gruppantennar (Smart Skin konceptet).

Ökad nationell kompetens inom nyckelområden som aktiva gruppantennar (inklusive konforma), digital lobformning, MMIC⁹-teknologi och mikrovågsbyggsätt utgör en förutsättning för systemutformning. Inom projektet bearbetas tre viktiga delområden:

Signalbehandling och systemteknik: Forskning och utveckling av nya systemlösningar för flerfunktionsradar och prestandakrav och signalbehandlingsmetoder för plana och konforma digitala gruppantennar. Systemkoncept och möjligheter till realisering av flerfunktionsradar studeras och värderas för olika tillämpningar inom försvaret.

Byggsätt och MMIC-teknik: Studium av möjligheterna att med modern antenn- och kretsteknik åstadkomma strukturintegrerbara gruppantennar (enligt Smart Skin"-konceptet). Faktorer såsom flexibilitet, kostnadseffektivitet, reducerad total målarea och kapacitet för radar, kompletterad med störsändning, kommunikation och passiv spaning studeras.

Det konkreta slutmålet är framtagning och utvärdering av en konceptdemonstrator ("Multipurpose DBF Smart Skin Array) inkluderande en plan antennarray med upp mot 16 element, integrerade mottagarmo-

⁹ MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits)

duler för förstärkning, filtrering samt nedbandning av signalen efter varje enskilt antennelement ("receivers on a chip"), och enhet för digital lobformning.

Konforma antenner: Studier av konforma antenner omfattande specifika problem som uppstår vid icke-plana antennstrukturer för att uppnå optimala prestanda i termer av tex utstyrning, krav på antenn-diagram, impedansanpassning och polarisation. Härvid är de elektromagnetiska aspekterna av central betydelse, speciellt metoder och verktyg för analys.

4.3.2 Genomförda aktiviteter

Signalbehandling för störundertryckning av reflexstörning har studerats och värderats. Signalbehandling för konforma gruppantennar har analyserats med polarimetriska modeller av antenner och mål. Systemanalys och utformning med plana och konforma gruppantennar har studerats.

Framtagning av plana antennarrayer och integrerade mottagarmoduler för X-bandet har pågått under året, såväl som utveckling av lobformningsenheten. En slutgiltig version av antennarray och byggsätt har tagits fram och processats. Efter en defekt första processomgång har en andra processning av byggsättet påbörjats hos underleverantören.

Utgående från de tidigare framtagna integrerade mottagarmodulerna inom projektet har en ny version tagits fram som är kompatibel med byggsättet. Processningen av dessa görs tillsammans med kretsar från våra holländska samarbetspart TNO med förväntas leverans till FOI i februari 2003. Arbetet med lobformningsenheten pågår. Under året har den analoga delen av enheten färdigställts och testats. Arbetet fortgår med den digitala delen, där en fullbestycka enhet beräknas färdigställas och testas före årsskiftet 02/03.

En effektiv modell för att kunna analysera och värdera stora konforma gruppantenners egenskaper med cylindersymmetri har utvecklats. Metoden bygger på fasskiftsvägar i vinkelled varigenom endast en liten del av antennen behöver analyseras åt gången.

Kvalitetssäkring genomförs genom olika former av samarbete med industrier, UoH och internationella forskningsinstitutioner samt studiemedverkan i Försvarsmaktens studier inom projektområdet. Projektet deltar också i ett informationsutbyte inom konforma antenner inom ramen för CEPA-projektet JP-1.21. Vidare har ett tiotal rapporter och bidrag till nationella och internationella konferenser tagits fram.

Arbetet utförs i nära samarbete med LiU (doktorand). SSF (Styrelsen för Strategisk Forskning) finansierar denna del av forskningen inom konforma gruppantennar. Inriktningen kantiga fasetter.

4.3.3 Framkomna resultat/slutsatser

Utvärdering av de framtagna integrerade mottagarmodulerna visar på att konceptet med styrbara rekursiva aktiva filter i kombination med spegelfrekvensundertryckande blandare uppnår en förenklad mottagararkitektur. Prestanda bibehålls beträffande spegelfrekvensundertryckning, gain och störtålighet för mottagaren. Förenklade, högintegrerade arkitekturer är av central betydelse för att uppnå en god balans mellan kostnad, prestanda och användbarhet för aktiva digitala gruppantennar.

Reflexstörning i huvudlob är ett relativt nytt störhot för dagens flygburna radarsystem. Metoder för undertryckning av reflexstörning har studerats och värderats och kan ge tillräckligt hög störundertryckning i typiska scenarier. Metoder och modeller för lobformning och riktningsmät-

ning med polarimetriska konforma gruppantennor har tagits fram.

4.3.4 Kunskapsspridning

Erfarenheterna från detta projekt har redovisats till FMV och försvarsindustrin inom gemensamma program och vid informella kontakter. Resultat och kunskaper har även spridits genom medverkan i flera av försvarsmaktens studier samt inom NBF-kurser riktade mot FM. Ett antal vetenskapliga artiklar och rapporter, inklusive bidrag till internationella forskningskonferenser presenterats under året. Bland annat publicerades bidrag på IEEE MTT-S-symposiet (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Microwave Theory and Techniques Society) i Seattle, vilken anses som den mest renommerade konferensen i världen inom området. Kunskapsöverföring sker genom FOI:s medverkan i T-projekt inom radarsystem och antennteknik.

4.3.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Forskningen är främst till nytta för utformningen av framtida radarsystem med krav på kostnadseffektiv realisering av flera funktioner på plattformar med begränsade utrymmen. Kunskaperna används i andra projekt inom området och ger en fast bas för dessa projekt. Utveckling inom olika NBF-projekt har stor nytta av projektets resultat och kunskapsuppbyggnad. Den uppbyggda kompetensen bidrar också, i samverkan med andra FM/FMV-projekt, till en kunskapsbas för utformning av radarsystem som kompletteras med kommunikations-, signalspanings- och störningsfunktioner (flerfunktionssystem).

4.3.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Ett samarbetsprojekt "Conformal Smart Skin Antenna Technology for Digital Beamforming Applications" mellan FOA och TNO-FEL inleddes i november 2000. Pro-

jektet, vari även NLR ingår, är 3-årigt (med möjlighet till förlängning) och baseras på en MOU mellan Sverige och Nederländerna. Samarbetsorgan: TNO Physics and Electronics Laboratory.

Projektet deltar också i ett informationsutbyte inom konforma antenner inom ramen för CEPA-projektet JP-1.21.

4.3.7 Fortsättning

Projektet fortsätter under 2003 baserad på en tidigare fastlagd treårig forskningsplan

4.4 **Högeffektkomponenter i mikrovågsområdet**

Projektledare: Staffan Rudner FOI SM

4.4.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Forskningen inriktas mot att utveckla ny kunskap om hur SiC- och GaN-baserade mikrovågskomponenter skall konstrueras och tillverkas och att tillämpa denna kunskap för att realisera olika demonstratorer av intresse för framtida materielsystem/uppgraderingar. Främst studeras effektförstärkare med uteffekter mellan 10 och 100W för olika radar- telekrig- och sambandssystem samt mottagarkomponenter som kan klara höga effektnivåer.

Delmål för 2003 är att ta fram av två förstärkardemonstratorer, en telekrigförstärkare (2-6 GHz) och en radarförstärkare (3,5GHz).

Ett viktigt mål för projektet är också att förstärka kompetensen inom högeffektkomponentområdet såväl inom FOI, UoH och FMV som inom försvarsindustrin i Sverige.

Projektet genomfördes till del genom utlagda uppdrag till CTH, KTH och LiU/Okmetic AB.

4.4.2 Genomförda aktiviteter

Under 2002 var arbetet inriktat mot att fortsätta förbättringen av transistorernas

högfrekvensprestanda (uteffekt, frekvensområde och verkningsgrad) samt att påbörja arbetet med två demonstratorförstärkare som definierats av industrin (en 3,5GHz förstärkare för radar och en 2-6GHz störsändarförstärkare). För att uppnå detta har vi genom experiment och simuleringar ökat vår förståelse av vad som påverkar de viktigaste parametrarna. Vi har även arbetat med att förbättra våra material och tillverkningsprocesser. Bl a har vi initierat arbete med GaN HEMT-teknik vid CTH (Chalmers Tekniska Högskola) och LiU (Linköpings Universitet)

Den vetenskapliga kvaliteten har säkrats genom ett omfattande samarbete med ledande grupper vid UoH samt genom en omfattande internationell publicering. Kundkvaliteten har säkrats genom en tät samverkan med projektets kundgrupp som också besvarat en kundenkät.

4.4.3 Framkomna resultat/slutsatser

Vi har nu väl fungerande tillverkningsmetoder för semiisolerande SiC-substrat samt för epitaxiella skikt för transistorer. I jämförelser mellan transistorer tillverkade på kommersiella material. Vi har visat att våra material ger bättre komponentprestanda. Både uteffekt och stabilitet förbättrades förmodligen på våra SiC-materials låga defekttäthet. De experimentella resultaten för SiC MESFETar¹⁰ är ännu inte optimala vad gäller effektprestanda men vi har under året förbättrat effekttätheten till 3,4W/mm för små transistorer och framförallt fått upp repeterbarheten i processningen. En första omgång transistorer för våra demonstratorförstärkare har tillverkats och utvärderats. Utgående från deras egenskaper har ett antal olika versioner av förstärkarkretsar tagits fram. Förstärkarnas egenskaper utvärderas för att ligga till grund för förbättrade transistorer och förstärkare under nästa år. Vi har för att studera möjligheten att

konstruera effekttåliga mottagarkomponenter byggt en C-bands-blandare baserad på SiC transistorer. Den har mycket goda prestanda som pekar på denna tekniks möjligheter för t ex olika gruppantenn tillämpningar.

4.4.4 Kunskapsspridning

Projektet och dess resultat har under året redovisats för FMV och intresserad industri vid en kunddag i Sverige och en i Nederländerna. Projektresultat har även i stor omfattning redovisats vid konferenser och i vetenskapliga tidskrifter. Projektets resultat använd dessutom direkt i uppstarten av en svensk industri inom områdena SiC-material (Okmetic AB) och komponenter (NORSE)

4.4.5 Nytta/effekter för Försvarmakten

Projektet har lyckats introducera och etablera högfrekvenstillämpningar av SiC- och GaN-teknologin på den svenska FoU-scenen. De potentiella möjligheterna av SiC/GaN- tekniken för att generera höga effekter i mikrovågsområdet - såväl militära som civila - har väckt ett stort och aktivt intresse inom såväl FMV och försvarsindustrin som vid forskningsråd och högskolor.

Relevant försvarsindustri deltar aktivt i projektet och delvis tack vare detta projekt har Okmetic AB i Linköping som första företag utanför USA inlett en testproduktion av de för högfrekvenstillämpningar viktiga semiisolerande SiC-substraten.

Under året har projektledaren lett en arbetsgrupp som på VINNOVA:s¹¹ uppdrag tagit fram underlag till ett nationellt program för SiC/GaN-teknologin med en föreslagen finansiering från VINNOVA, FM och industrin. Ett sådant program skulle kunna resultera i att Sverige kan bryta det amerikanska teknikmonopolet inom detta

¹⁰ MESFET (Metal Semiconductor Field Effect Transistor)

¹¹ Verket för innovationsystem, VINNOVA.

område och ge försvaret och försvarsindustrin nationell tillgång till strategiska komponenter.

4.4.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Verksamheten bedrivs i samverkan med TNO-FEL i Haag, Universitetet i Nijmegen och Tekniska högskolan i Eindhoven inom ramen för annexavtal nr 12 mellan Sverige och Nederländerna

4.4.7 Fortsättning

Projektet fortsätter i nuvarande form under 2003. Samverkan med Nederländerna är avtalad t o m år 2005. På uppdrag av regeringen och i samråd med FM har VINNOVA tagit fram ett förslag på ett nationellt program inom SiC/GaN-området. VINNOVA prioriterar detta område högt. När VINNOVA startar programmet har FM förbundit sig att förlänga FOI projektet och samordna det med VINNOVA-programmet som planeras pågå under upp till tio år uppdelat i två etapper om 5 år.

(Projektet finansieras via de två FoT-grupperna Sensorer över ytan och Telekrig)

4.5 **Radarsystemteknik för bredbandsradar**

Projektledare: Björn Larsson, FOI Sensortechnik

4.5.1 Behandlade frågor och forskningsmål

I samverkan med projekten "Signalbehandling för SAR och GMTI" och "Systemstudier Ledningsradar" har olika koncept och tekniska lösningar för ett flygburet bildalstrande system med GMTI kapacitet studerats och tagits fram. Projektets huvudverksamhet har varit att utifrån studerade koncept fullfölja framtagandet av teknikdemonstratorn LORA. Projektets mål är framtagning av en funktionsdemonstrator för lågfrekvent radar. Systemet syftar till att demonstrera detektion av markmål som

rör sig under skydd av en vegetationsmask. Detta kräver att systemet har förmåga att undertrycka de mottagna signaler som härrör från den stillastående markytan och framhäva de ofta mycket svagare signalerna från rörliga objekt i målområdet. Tekniken kräver en gruppantenn dvs. ett antal antennelement som är oberoende av varandra men som tar emot signaler från ett och samma målområde. Projektet samverkar med "Radarsignalbehandling för SAR och GMTI".

Exempel på de stora tekniska frågor som adresseras i projektet är:

Extremt stora dataflöden (>3 Gb/s över långa mättider),
datakompression,
bredbandiga gruppantennor (2 oktaver),
stor mottagardynamik i många kanaler,
extrem navigationsnoggrannhet samt
metoder för frekvenssamvaro med andra teletjänster.

LORA-försökssystem, som utvecklas inom projektet, är FOIs nya plattform för såväl flygburna som markbaserade radarförsök på låga frekvenser. Systemet arbetar över frekvensområdet 235 – 800 MHz och är försett med en gruppantenn med fem element i två delband.

Frågor kring den taktiska användbarheten adresseras genom flygförsök samt stöd till pågående studieverksamhet.

4.5.2 Genomförda aktiviteter:

Den pågående system-framtagningen har i princip slutförts under året och systemutprovningen påbörjats genom ett första flygprov under senhösten.

Experimentell verifiering av radarelektroniken har i laboratoriemiljö har fortsatt från föregående år varvid funktioner hos delsystemen testats och verifierats alltmånga. Delsystemen har även samkörts på systemnivå. Systeminstallationen i provflygplan TP86 (i samarbete med FMV:VoVC) har genom-

förts och en första flygkampanj med test av såväl högupplösande SAR-mod som GMTI-mod har genomförts.

Under året har enligt plan båda de flygburna antennerna färdigställts tillverkningsmässigt. Den lågfrekventa antennen, som arbetar över bandet 235-435 MHz har färdigställts till fullt luftvärdigt skick medan antennen som arbetar mellan 435-800 MHz inte har genomgått flygsäkerhetsgodkännande ännu. Antennkärnan består i båda fallen av 5 stycken antennelement och en bakomliggande reflektor. En bredbandig impedansanpassningsenhet (balun) har tagits fram efter misslyckade försök att köpa en sådan på öppna marknaden. Anpassningsenheten har serietillverkats på FOI till alla tio antennelementen.

Under året har ett arbete för att möjliggöra att LORA-systemet även kan användas på VHF inletts genom att en extra frekvensgenerator tagits fram som ett exjobb och denna enhet integreras nu i LORA-systemet. Genom detta arbete kommer lågfrekvensforskningen på FOI att framgent ha tillgång till ett modernt försökssystem även när det gamla CARABAS-II systemet fasas ut.

4.5.3 Framkomna resultat/slutsatser

Under tidigare år i projektet har ett koncept för en experimentell multimod radar på VHF/UHF tagits fram och redovisats. Specifikationer för implementering har tagits fram för ett system avsett att användas för såväl mark- som flygburna försök. Under innevarande år har arbetet med integration av systemets olika delar slutförts. Arbetet har tillsammans med ovan angivna projekt fört Sverige till en världsledande position inom området lågfrekvent SAR/GMTI-teknik

Projektet producerar viktig ny kunskap avseende tekniska problem och lösningar för denna världsunika bredbandsteknik.

Arbetet med den för systemet nödvändiga bredbandiga gruppantennen (235 - 800 MHz) har visat på stora utmaningar och FOIs konstruktion av en luftvärdig flygburn anten har visat sig vara en mycket effektiv lösning som med framgång installerats på ett mindre flygplan. Då det visade sig svårt, för att inte säga omöjligt, att köpa en bredbandig impedansanpassningsenhet på världsmarknaden har en sådan tagits fram och givit stor insikt i den typen av tekniska problem. Arbetet med framtagandet av anpassningsenheten visade sig kräva betydligt större insats än vad som först kunde bedömas men resultatet har blivit mycket bra.

Konkret uppnådda resultat under året relateras främst till att hårdvaran till det flygburna systemet färdigställts och inledande flygutprovning genomförts.

Resultaten kan sammanfattas genom att en väl genomarbetad systemlösning för en teknikdemonstrator har tagits fram för en unik multimod VHF/UHF-radar. Den kan användas som både flygburen och markbaserad plattform för radarförsök på låga frekvenser för verifiering av de systemkoncept för Förvarsmaktens framtida nätverksbaserade spanings- och ledningssystem som de tre samverkande projekten enligt ovan studerar.

Under året har projektet också stöttat övriga projekt inom lågfrekvensradarområdet genom försök där det befintliga CARABAS-II systemet utnyttjats i omfattande flygburna mätningar mot markmål. Resultaten redovisas genom andra projektrapporter.

4.5.4 Kunskapsspridning

Genom ett nära och omfattande samarbete med flera företag och organisationer överförs medvetet och långsiktigt systemtänkande inom området lågfrekvent bred-

bandsradar. FOI sprider på detta sätt både övergripande systemtekniskt tänkande och förslag till detaljerade tekniska lösningar. Genom täta kontakter med Försvarmaktens olika enheter medverkar verksamheten till att tydliggöra behovet av denna typ av sensorsystem och kombinationer av olika sensorer i samordnade spaningssystem mot markmål. Inom avdelningen för Sensorteknik har ett förslag utarbetats för samordnad markmålsspaning. Förslaget kallas SEMARK och här ingår det nya LORA-systemet som en viktig experimentell resurs. Utöver stöd till studiearbetet och aktiviteter direkt riktade mot kundens organisationer redovisas även resultaten genom deltagande i nationella och internationella konferenser och symposier.

4.5.5 Nytta för uppdragsgivaren

Projektet drivs med det uttalade syftet att utveckla och demonstrera de tekniska komponenter som blir viktiga i ett nytt Försvarmaktsgemensamt sensor- och ledningssystem i NBF. Ett sådant system måste för sin underrättelsefunktion innehålla ett stort antal sensorer baserade på olika tekniker. Projektet försöker att analysera och demonstrera problem och möjligheter med bredbandiga lågfrekvensradarsystem i den sensorkedjan - speciellt med avseende på de genuina tekniska utmaningar som måste lösas. Långsiktigt ger detta den svenska Försvarmakten ett bra underlag i beslutsprocessen.

4.5.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Deltar i samverkan med projekten "Signalbehandling för SAR och GMTI" och "Systemstudier Ledningsradar" under TRDP/PA med USA (DARPA) och under TRDP/TAA med Frankrike (DGA/ONERA). Liknande avtal finns även med Storbritannien (DERA). Ett nytt samar-

betsavtal om är under upprättande med Schweiz (GR).

Den under tidigare år genomförda mätkampanjen RAMCAR har medfört fortlöpande kontakter med DGA/ONERA i Frankrike. Fortsatta gemensamma försök planeras till 2004.

4.5.7 Fortsättning

Arbetet med den flygburna gruppantennen kommer att fortsätta även nästa år med färdigställande av antenn nummer två (435-800 MHz) till flygskick. Bistatiska mätningar mot luftmål kommer att genomföras och omfattande flygprov mot markmål (SAR/GMTI) främst på VHF planeras i två kampanjer (en i Sverige och en i Schweiz).

Projektet avslutas 2003.

4.6 **Ledningsradar**

Projektleddare: Magnus Herberthson, FOI Sensorteknik

4.6.1 Behandlade forskningsfrågor och forskningsmål

Spaningsradar som upptäcker mål under alla tänkbara förhållanden avseende väderlek, ljus/mörker, smygutformade och kamouflerade mål, extremt snabba och extremt manövrerande mål mm. Radarsystem med mycket hög inmättningsnoggrannhet och hög målkapacitet. Integrationen av sensorer i ledningssystem (med de krav detta ställer på sensorn). Integration av radar i den civila informationsinfrastrukturen, bl a i form av radarfunktioner som replierar på eller kan döljas i mängden av civila kommunikationssignaler.

4.6.2 Genomförda aktiviteter

Projektet deltar, tillsammans med projekten "Radarsystemteknik för bredbandsradar" och "Radarsignalbehandling för SAR och GMTI", i utveckling och finansiering

av hårdvaran till LORA-systemet. Vad gäller luftmålsdelen så har studierna avseende AASR fortsatt. Befintliga signalbehandlingsmetoder har vidareutvecklats och implementerats i simuleringspaket som sedan använts för en utvärdering av egenskaperna hos dessa metoder.

En ny algoritm för att lösa det så kallade associationsproblemet har framtagits. Mätningar på bistatisk målarea har utförts.

4.6.3 Framkomna resultat/slutsatser

Arbetet med signalbehandling av AASR-data har lett fram till en ny processeringsmetod som har patentsökts. De utvecklade simuleringspaketen har möjliggjort grundligare utvärdering av tidigare signalbehandlingsmetoder. Dessa visar i stort sett på förväntade egenskaper. En mätdatabank för bistatisk målarea har framtagits.

4.6.4 Kunskapsspridning

Resultat och information har spritts via rapporter och bidrag till internationella konferenser. Vidare har information delgetts uppdragsgivaren, FMV, samt försvarssindustri vid bl a informationsdagar.

4.6.5 Nytta/effekter för uppdragsgivare

Forskningen under året har gett FM ny kunskap inom området distribuerad och/eller lågfrekvent radar. Kunskapen har tydlig bäring på det nya försvaret med nätverksbaserad information liksom på förmågan att kunna detektera och följa smyg-anpassade luftmål.

4.6.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Har inte förekommit.

4.6.7 Fortsättning

Projektet avslutas 2003. För detta år planeras fortsatt arbete med signalbehandlingen,

praktiskt och teoretiskt arbete vad gäller bistatiska målareor, samt närmare analys av kommunikationsbehovet för AASR.

4.7 **Radarsignalbehandling för SAR och GMTI**

Projektledare: Lars Ulander, FOI Sensortechnik

4.7.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet syftar till att utveckla signalbehandling och apertursyntesradar (SAR) i kombination med gruppantenn teknik i avsikt att erhålla en yttäckande spaningsfunktion för både stillastående och rörliga mål (GMTI = markmåls-MTI). Inom projektet studeras speciellt signalbehandlingsmetoder med tillämpning på lågfrekventa operativa system och med krav såsom realtid och störfasthet. Radardata erhålls från det tidigare utvecklade flygburna SAR-systemet CARABAS-II (VHF-band) samt det nyutvecklade LORA¹²-systemet (UHF-band + GMTI).

Projektet syftar även till att värdera SAR på VHF/UHF-bandet i förhållande till traditionell mikrovågs-SAR/GMTI.

4.7.2 Genomförda aktiviteter

Projektet finansierar tillsammans med projekt E3027 och E3028 hårdvaruutveckling till LORA-systemet. Under året har hela systemet integrerats och utvärderats - både avseende mark- och flyginstallation. Data har samlats in med LORA under två försöksperioder.

Projektet har varit representerat i FM-studie "Sensorsystem 2010: Huvudstudie markmål".

¹² LORA (Low-frequency Radar)

Under året har projektet fokuserat på att färdigställa UHF-moder i det nya LORA-systemet. De första LORA-mätningarna från FOI:s tak gjordes under våren och de första flygmätningarna genomfördes under slutet av hösten. Algoritmer har utvecklats, implementerats och testats på verkliga data. De första mätningarna har varit framgångsrika så tillvida att både luft- och markmål detekterats och mätts in. Vid försöken har dock ett antal problem med LORA uppenbarats som måste åtgärdas inför den fortsatta forskningsverksamheten. Se vidare under projekt E3027 för en mer detaljerad beskrivning.

Projektet har deltagit i sensorutvärdering i samband med den att FMV inhyrda UAV:n under juni månad 2002. UAV:n var utrustad med mikrovågs-SAR/GMTI samt EO/IR¹³-sensorer. FOI ansvarade för målspel på marken (stillastående/förflyttade, rörliga, öppna, maskerade, et c) och parallell datainsamling med CARABAS-II¹⁴.

Projektet har tillsammans med FMV och EMW bedrivit förstudie "CARABAS-III" inför eventuell materielanskaffning. Förstudien rapporterades till FMV under november månad 2002.

4.7.3 Framkomna resultat/slutsatser

Det tidigare nämnda UAV-försöket var mycket framgångsrikt och ett omfattande material på ca 150 flyglöpor med CARABAS-II samlades in. Analysen har påbörjats men kommer att fortsätta nästa år. En jämförande analys mellan sensortyper har redan rapporterats till FMV som ett separat uppdrag. Slutsatserna visar på den komplementära förmågan hos lågfrekvens- och mikrovågs-SAR. Lågfrekvens-SAR har förmåga till stor yttäckning och hög detektionssannolikhet (stillastående mål),

emedan mikrovågs-SAR ger möjlighet till måligenkänning genom dm-upplösning. Mikrovågs-GMTI erbjuder potentiellt samma yttäckande förmåga mot rörliga mål även om UAV-systemet (mikrovågs-SAR) inte levde upp till dessa förväntningar.

4.7.4 Kunskapsspridning

Resultat från projektet har under året presenterats i rapporter och vetenskapliga artiklar, inklusive bidrag till internationella konferenser. Resultat och erfarenheter har även delgetts genom medverkan i FM studie "Sensorsystem 2010: Huvudstudie markmål", som avslutades i november 2002. Kunskap om SAR-teknik har också spridits genom att delta i sensorutvärdering av lågfrekvens-SAR och den av FMV inhyrda UAV:n Eagle. Projektet har vidare ett stort internationellt kontaktnät där kompletterande kunskap inhämtas och sprids vidare inom FM.

4.7.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Projektet ger FM ny kunskap om förmåga och begränsningar hos lågfrekvens-SAR, speciellt i relation till andra sensorer t.ex. traditionell mikrovågs-SAR. Projektet ger också kunskap om framtida hot som försvarsmakten kommer att utsättas för och hur man lämpligen skyddar sig. FM får vidare möjlighet att tidigt utveckla det taktiska uppträdande med lågfrekvens-SAR-system i ett framtida yttäckande markmålsplaneringssystem.

4.7.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Under året har den avslutande fasen i ett pågående samarbete med USA (DARPA) inletts. En flygkampanj med CARABAS-II genomfördes i början av juni över RFN Vidsel med ett omfattande målspel på marken. Målsättningen var att utvärdera förändringsdetektion under varierande miljöförhållanden. Datainsamlingen var fram-

¹³ EO/IR (Elektrooptiska/Infraröda)

¹⁴ CARABAS (Coherent All-radio band sensing, 20-80 MHz SAR)

gångsrik och resulterade i 56 flyglöpor för DARPA. Försöket genomfördes vid samma tillfälle som CARABAS-II flög gemensamt med den av FMV inhyrda UAV:n Eagle. Data från CARABAS-II analyseras f.n. för att sammanställa ett antal prestandakurvor ("receiver-operator-characteristics") till DARPA vid halvårsskiftet 2003.

Under året har intensiva diskussioner om ett nytt samarbete med USA (AFRL) inletts. AFRL bedriver f.n. projektet TUT ("targets-under-trees") med målsättningen att omsätta VHF-SAR-teknik till operativa system år 2008. USA satsar ca 45 MUSD under tre års tid, främst på övningar/demonstrationer, signalbehandlingsalgoritmer, fusionssystem, och konstruktionsförslag för UAV-burna system. AFRL har visat stort intresse att ta del av CARABAS-tekniken som utvecklats på FOI genom både myndighets- och industrisamarbete. FOI har tillsammans med FMV och HKV definierat villkoren för ett samarbete med industrimedverkan, och ett förslag har utarbetats gemensamt mellan FOI och AFRL vilket redovisades på ett SNR¹⁵ Air-möte i Colorado Springs under slutet av september. Inom ramen för samarbetet skulle FOI bl.a. delta med CARABAS-II i en realtidsdemonstration inklusive datalänk under 2004 i USA.

Diskussioner med ONERA¹⁶ i Frankrike har förts under året om ett eventuell fortsatt samarbete.

Även med DSTL¹⁷ förs diskussioner om eventuellt fortsatt samarbete.

Under sista året har även Schweiz visat intresse och ett tjänsteexportavtal avseende CARABAS är under utarbetande.

4.7.7 Fortsättning

Projektet fortsätter under 2003. Under 2003 inriktas verksamheten mot nya algoritmer i nära realtid för bildgenerering, måldetektion och falsklarmsreduktion i UHF/VHF-SAR. Samarbetet med AFRL och TUT-projektet inleds förmodligen under 2003.

4.8 **Informationssystem för måligenkänning**

Projektledare: Erland Jungert, FOI, avdelningen för ledningssystem teknik

4.8.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Huvudmålsättningen för detta projekt är att demonstrera måligenkänning av markmål med hjälp av frågespråk i ett informationssystem avsett att integreras i ett ledningssystem. Speciellt under år 2002 har följande frågor och forskningsmål behandlats inom projektet:

- Utveckling av enkel frågespråksdemonstrator för måligenkänning med utnyttjande av verkliga sensordata.
- Metod för sensordatafusion i frågespråk.
- Vidareutveckling av metod för situationsanalys med frågespråksassistans.
- Utveckling av interaktionssystem för informationssystemet omfattande visuellt användarstöd.
- Utveckling av metoder för frågeförfining med stöd av ontologi med syfte att uppnå sensor- och sensordataoberoende.
- Vidareutveckling och förbättring av signalbehandlingsalgoritmer för egenskapsextraktion för måligenkänning; speciellt för data från laser-radar, IR och digital kamera.
- Utveckling av simuleringsmiljö för generering av träningsdata för måligenkänning.
- Utveckling av bildanalysalgoritmer för grindad avbildning.

¹⁵ SNR

¹⁶ ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales) en fransk forskningsorganisation.

¹⁷ Dstl, "Defence Science and Technology Laboratory". Forsvarsforskningsorganisation i Storbritannien.

4.8.2 Genomförda aktiviteter

Arbete med att vidareutveckla metodiken för generering av högupplösande terrängmodeller inriktade mot bestämning av olika terrängstrukturer för t ex bestämning av terrängframkomlighet har pågått under året. Här pågår också utveckling av en formalism som kan utgöra grunden för ett speciellt frågespråk för terrängstrukturer.

Bland övriga aktiviteter som genomförts under året kan nämnas att projektet gästades av Professor Gennaro Costagliola från Universitetet i Salerno, Italien. Syftet med Professor Costagliolas besök var att fördjupa ett redan pågående samarbete och att fortsätta arbetet med frågespråket och speciellt att förbättra kompilator- och interaktionsmetoderna.

Vid sidan av ovanstående har också bedrivits verksamhet med sikte på att utveckla en teknik för lagring av målmodeller i ett modellbibliotek.

4.8.3 Framkomna resultat/slutsatser

Ett resultat av central betydelse som framkommit under året är att användningen av frågespråk för måligenkänning mot multipla sensordatakällor kan effektiviseras och ur ett användarperspektiv förenklas i avsevärd grad genom utnyttjande av ett sk ontologiskt kunskapssystem. Kort uttryckt är en ontologi en kunskapsstruktur som på ett logiskt sätt beskriver de objekt eller föremål som man arbetar med utgående från deras klasstillhörighet, inbördes relationer och begränsningar.

Sedan tidigare har man kunnat konstatera att ett sådant kunskapsbaserat system kan utnyttjas för frågeförfining utan att detta påverkar användarens verksamhet i någon avsevärd grad och att tilläggsinformation såsom väder, årstid och ljusförhållanden automatiskt kan utnyttjas som ingångsparametrar för att bestämma valet av sensor i

varje given fråga. En konsekvens av detta är att användaren inte behöver bekymra sig om valet av sensorer i varje givet ögonblick utan kan överlåta detta på det ontologiska systemet.

Det visar sig också att denna teknik kan bilda grunden för vilka analysalgoritmer som skall användas under de givna förutsättningarna. Man kan därför konstatera att om de givna yttre förhållandena förändras kan detta leda till en förändring med avseende på vilka sensorer som medverkar i en fråga. Detta kan också medföra en förfining av den till systemet ställda frågan vilket i sin tur kan förbättra resultatet av densamma både i vad avser svarets korrekthet och tillförlitlighet.

Nyligen har man också kunnat påvisa att det härigenom blir möjligt att optimera frågorna och att man samtidigt kan utnyttja olika visualiseringstekniker för att utföra fortsatta rumsliga/temporala resonemang och stöd för informationsfusion genom ett kraftfullt system för visualisering. I ett senare skede kommer detta att ge ett förstärkt stöd till processen för situationsanalys. Allt detta medför att det blir möjligt att ställa frågor i givna enkla termer som är väl kända av användarna och att användaren kan koncentrera sig på sina arbetsuppgifter utan att behöva bekymra sig om de tekniska detaljerna i hur varje enskild fråga skall besvaras. Förhoppningsvis skall detta leda till en för användaren ökad systemtilltro.

Bland övriga resultat kan nämnas utvecklingen av en måligenkänningsalgoritm, som också ingår som ett delresultat i en under året presenterad doktorsavhandling (Image sequence analysis of complete objects law enforcement and defence applications). En del av denna avhandling behandlar metoder för analys av bildsekvenser avsedda för informationsutväxling, med tillämpningar inom det nätverksbaserade försvaret. Målet med detta arbete har varit

att ta fram metoder för att detektera, följa och rekonstruera komplexa objekt, såsom människor och stridsvagnar registrerade i bildsekvenser.

4.8.4 Kunskapsspridning

Deltagare från projektet har medverkat i flera olika konferenser och i olika studier där analys av den problematik som utgör kärnan i informationssystemet ingår. Exempel på det senare är de arbeten som bedrivs i anslutning till FORMA och Led-systT studierna. Redovisningar och diskussioner med medlemmar ur projektets referensgrupp har genomförts och en artikel i FOI Framsyn nr 2, 2002.

Ett antal internationella konferensbidrag och FOI-rapporter har publicerats och presenterats under året. Projektet har också presenterats vid en informationsdag i Stockholm i februari detta år samt vid en informationsdag på FMV i september.

4.8.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Nytan består i utvecklingen av system och metoder som utnyttjar olika typer av sensordata för fusion i måligenkänningsprocessen och där det slutliga informationssystemet skall kunna integreras med ett ledningssystem. Tillämpningar av betydelse för informationssystemet är t ex underrättelsetjänst, spaning, övervakning samt andra tillämpningar där stöd för situationsanalys kommer att krävas. I ett längre perspektiv kommer det antagligen också att vara möjligt att utnyttja metodiken vid planering och för internationella operationer.

4.8.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Inget.

4.8.7 Fortsättning

Under det kommande året avses att färdigställa en demonstrator för frågespråket som vid utgången av år 2003 skall kunna demonstreras med verkliga sensordata. I detta sammanhang kommer det också att bli möjligt att hitta mål som är delvis skymda

och att utnyttja sensorer från olika plattformar. Andra frågor som kommer att behandlas under 2003 berör problem relaterade till frågeförfining, analys och fusion av heterogena data.

4.9 **Adaptiva Interaktiva Mark-sensornät (IAM)**

Projektledare: Martin Holmberg,
FOI Ledningssystem

4.9.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Målet med verksamheten under detta år har varit att definiera de tekniska specifikationerna för den demonstrator som ska visas vid projektets slut 2004. Detta har inneburit att vi har studerat olika alternativ. Lösningsförslag för sensorer, kommunikation och informationsnätverk. Även val av scenario för demonstrator och vilka begränsningar inom området vi ska ha inom projektet har definierats.

4.9.2 Genomförda aktiviteter

Under året har vi genomfört två mätkampanjer i Skövde med ett "provisoriskt" sensorsystem. Erfarenheterna från dessa mätningar användes sedan för att designa och köpa in material för ett större system med 10 sensornoder. Detta system kommer att sättas ihop och testas under kommande år. Under året har dessutom diskussioner skett med MOSART-projektet (projekt inom FoT5 Ledning) för att klargöra möjligheter för implementering av IAM-demonstratorn i den miljön. Vidare har vi haft kontakter och diskussioner med kommersiella företag (EMW, Exensor, Aerotech Telub). Vi har även kontakter med DARPA och deras SensIT-projekt som behandlar informationshantering i sensornätverk. Resultaten från ett examensarbete utfört inom projektet presenterades på en konferens i Tjeckien.

4.9.3 Framkomna resultat/slutsatser

Årets aktiviteter har gett oss en bra grund för att verifiera att de antaganden vi tidigare gjort om lämplig arkitektur för systemet stämmer. Detta har gjort att det nu finns en beskrivning av demonstratorsystemet levererad. Vidare har experimentsystemet för själva sensornätverket designats och de olika delarna inhandlats. Vi har lyckats lösa hur vi ska koppla samman de olika bitarna av systemet (sensornätverket, kommunikationssimuleringarna och informationssystemet).

4.9.4 Kunskapsspridning

Deltagande i FOI-studien FORMA18. Projektresultaten används till viss del vid undervisning på FHS. Undervisning i FOI-FHS kurs MOT NBF19 samt några FOI-rapporter.

4.9.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Kunskap om möjligheter och begränsningar vid tillämpning av marksensorer i nätverk, samt användning av intelligenta agenter i distribuerade sensorsystem. HKV har deltagit vid diskussioner om lämpligt scenario för projektet, och tanken med detta är inte bara att projektet ska ha ett lämpligt mål att jobba mot, utan även att kunskap om vad ett marksensornät kan användas till kommer kunden till del.

4.9.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Har ej förekommit under 2002.

4.9.7 Fortsättning

Under 2003 kommer sensorsystemet att byggas och testas, varefter ett stort antal mätningar kommer att genomföras. Dessa data kommer att analyseras för att ge lämpliga rutiner för datafusion och spårning

samt ge information om räckvidder och lämpliga placeringar av sensorerna.

Simuleringarna av kommunikationssystemet kommer att inledas efter det att en inledande kravspecifikation för systemet är gjord. I detta arbete är externa kontakter oerhört viktiga för att få bra information om räckvidder, designlösningar för hårdvara etc.

Informationssystemet kommer att börja implementeras med koppling till MOSART²⁰-miljön (projekt inom FoT 5 Ledning). Ett område som ska studeras i anslutning till detta är hur databasen i systemet ska designas för att få bästa möjliga åtkomst, robusthet och snabbhet.

Projektet beräknas avslutas 2004.

4.10 **Avancerade radarabsorbenter**

Projektleddare: Jan-Olof Ousbäck, FOI Sensorteknik

4.10.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Målet för projektet är att genom experimentellt och teoretiskt arbete bygga upp kunskap och förståelse för elektromagnetiska vågors interaktion med olika material. Projektet behandlar frågor rörande vilka mekanismer i olika material och materialkombinationer som kan utnyttjas för att på sikt utveckla bredbandiga, och/eller styrbara material med goda radarsignaturreducerande egenskaper för olika tillämpningar och miljöer. Projektet fokuserar på utveckling av nya typer av radarabsorbenter för högttemperaturlämpningar, bredbandiga absorbenter samt radarabsorbenter med goda IR-egenskaper (lågemissiva). Detta medför också att nya och förbättrade mät- och analysmetoder för material och materialstrukturer måste utvecklas.

¹⁸ FoRMA (Forskning om RMA, FOI-studie åt FM om utformning av det framtida försvaret)

¹⁹ MOT NBF (Metoder och Teknik för NBF, kurs som ges FHS och FOI)

²⁰ MOSART (Modellering och simulering....)

Verksamheten under 2002 har koncentreras till tre delaktiviteter.

Högtemperaturabsorbenter: Studier av radarabsorberande material för högttemperaturlämpligheter, typiskt över 200°C har fortsatt. Vissa matrismaterial med intressant potentiella egenskaper har identifierats

Radarabsorbenter med goda IR-egenskaper (lågemissiva): Studier av nya principer för radarabsorbenter för att uppnå förbättrade IR-egenskaper har fortsatt. Fokusering har skett mot absorbenter med tunna förlustskikt samt nanostrukturella förlustmaterial.

Mät- och analysmetoder: Studier och utveckling av olika mät- och analysmetoder rörande karakterisering av elektromagnetiska egenskaper hos material och strukturer har fortsatt. Fokusering har gjorts på mätmetoder för materialkarakterisering vid höga temperaturer.

(Projektet i nuvarande form startade på 2001 och beräknas sluta på 2003)

4.10.2 Genomförda aktiviteter

Under 2002 har studier rörande mätmetoder för materialkarakterisering inom höga temperaturområden fortsatt. Kompletterande mätutrustningar har anskaffats. Fortsatt arbete med att dokumentera, validera och verifiera existerande mätutrustningar för materialkarakterisering har genomförts. I samarbete med projekt "Nanostrukturella material" och KTH har nya typer av förlustmaterial studerats. Materialen bedöms ha intressant potential som radarabsorberande material. Beräkningar på en högtemperaturabsorbent och en bredbandig absorbent innehållande frekvensselektiva materialkomponenter har genomförts.

Fortsatta studier av lämpliga matrismaterial för radarabsorberande material för högttemperaturlämpligheter har genomförts.

I samarbete med projekt Nanostrukturella material och KTH har nya typer av förlustmaterial studerats. Materialen är nanostrukturella, d.v.s. har en typisk storlek på 10 – 100 nm och bedöms ha intressant potential som radarabsorberande material. Material har tillverkats och kommer att utvärderas under 2003.

Studier rörande mätmetoder för materialkarakterisering inom temperaturområdet kring 200°C genomfördes 2001. Förslag på lämplig mätkonfiguration redovisades då. Under 2002 har lämplig mätutrustning anskaffats. Utrustningen kommer att utvärderas och dokumenteras under 2003.

4.10.3 Framkomna resultat/slutsatser

En kartläggning av keramiska matrismaterial har inletts. Ett material Blackglass[®] har visat sig ha mycket intressanta egenskaper. Det tål temperaturer på > 1000° och har en relativt låg permittivitet, vilket är önskvärt. Som förlustmaterial kan olika typer av fibrer användas. Exempel på dessa som har studerats är SiC och Si-Ti-C-O fibrer. Ett exempel på en högtemperaturabsorbent baserat på dessa material har presenterats.

Ett exempel på en absorbent som innehåller frekvensselektiva materialkomponenter, för att uppnå större bandbredd hos en radarabsorbent utan att öka tjockleken, har presenterats. Beräkningar visar att utgående från en tunn smalbandig absorbent kan en väsentlig förbättrad bandbredd uppnås genom att integrera ett eller flera frekvensselektiva skikt i strukturen. En prototyp kommer att tillverkas och utvärderas 2003. Inledande studier rörande radarabsorberande och lågemissiva siktrutor (optiskt transparenta) har påbörjats. Studierna har fokuserats på tunna förlustskikt (metallskikt

med en tjocklek om ca 10-100 Å) och nanostrukturella kolpartiklar. De första beräkningarna pekar på att mycket tunna metallskikt kan utnyttjas som förlustskikt om det är möjligt att tillverka dem. En realiseringsstudie kommer att genomföras 2003.

4.10.4 Kunskapsspridning

Projektet är i huvudsak kunskapsuppbyggande, och avtappning sker, förutom FOI-rapporter och internationell publicering, genom exempelvis undervisning (HKT, Högre Kurs Telekrig), seminarier, deltagande i arbetsgrupper (Ag-FSS, Frekvensselektiva strukturer) och YS-NY²¹), samt deltagande i systemprojekt inom FOI.

4.10.5 Nyttan/effekter för uppdragsgivaren

Motivet och förväntad nytta för det svenska försvaret är dels att ge förutsättningar till att rätt kunna bedöma och värdera den internationella hotutvecklingen, d.v.s. vilka signaturreducerande materialstrukturer våra sensorsystem kan komma att möta vid internationella insatser, dels att ge adekvat tekniskt och vetenskapligt underlag till kravspecifikationer för materialstrukturer på egna plattformar vid nyutveckling och modifiering.

Kraven på signaturmaterial kommer att öka i framtiden. Vid exempelvis internationella uppdrag vill man i vissa situationer ha hög signatur (markerad närvaro) vid patrullering/övervakning, medan man i andra situationer vill ha låg signatur (stridssituationer). Dessa situationer kan snabbt växla så att en signaturändring i realtid blir nödvändig. Detta kommer att ställa krav på styrbara och/eller flerfunktionella material.

4.10.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Har ej förekommit under 2002.

4.10.7 Fortsättning

Projektet fortsätter i nuvarande form, under bå 2003, med den inriktning som fastlades inför startåret 2001. Projektets slutår är 2003.

4.11 Optiska Signaturmaterial

Projektledare: Tomas Hallberg, FOI Sensorteknik

4.11.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet fokuserar i första hand på signaturanpassning inom IR-området, med syfte att reducera värmestrålning från t.ex. heta skrovparterier och därmed försvåra upptäckt och identifiering. Med olika typer av ytbeläggningar är det möjligt att påverka denna värmeutstrålning genom att minska ytans emissivitet (öka reflektansen). I sin mer avancerade utformning önskar man förhöja reflektansen inom endast atmosfärens transmissionsfönster (3-5 och 8-12 µm) så att avkylning av ytan kan ske genom utstrålning utanför dessa våglängdsområden.

Vi betraktar även kamouflageraspekter inom visuella våglängdsområdet. Utformningen av optisk signaturanpassning får samtidigt ej påverka eventuell radarsignaturanpassning. Olika ytors polarisationsegenskaper studeras med hänsyn till att man kan förstärka kontrasten mellan en tillverkad yta och dess bakgrund genom att placera ett vridbart polarisationsfilter framför en IR-sensor.

Arbetet inriktas på en kunskapsuppbyggnad med avseende på tekniska möjligheter och begränsningar för olika material avseende signaturanpassning i det optiska området.

Projektet har i sin nuvarande form pågått sedan 2001.

²¹ YS-Ny är en studie för utformning av ny modell för ytstridsfartyg ledd av FMV.

4.11.2 Genomförda aktiviteter

Tillsammans med PvTT²² i Finland har vi fortsatt utvecklingen av en lågmissiv kamouflagefärg för visuella och IR-området. Olika blandningar av bindemedel, tilläggsmiddel, färgämnen och IR-reflekterande pigment har testats för att optimera de optiska egenskaperna.

Modellering av fotonbandgapsmaterial har under året fortsatt tillsammans med Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet. Arbetet omfattar framtagning av lämpliga tredimensionella periodiska strukturer bestående av olika material för att ge lämplig våglängdsselektiv hög reflektans. Tillverkning av tredimensionella fotonbandgapsstrukturer har påbörjats med bl.a. självorganiserande strukturer.

Tidigare resultat som framkommit inom relaterad forskning vid FOI de senaste åren har analyserats och sammanfattats.

Litteratursökning och skapandet av universitetskontakter inom området styrbara ytor/displayer har inletts.

Optisk karakterisering av olika metallpigment och ytbeläggningar på dessa, dielektriska pigment/pulver samt polymerbaserade bindemedel har gjorts.

Metallbeläggning av cenosfärpartiklar²³ och storleksfördelningens inverkan på reflektansen hos cenosfärpartiklar har studerats.

Lågmissiv färg (samarbete med PvTT, Finland) har utvecklats.

Fotonbandgapsmaterial har modellerats och tillverkats.

Polarisationsegenskaper hos olika ytor har uppmätts och inledande modelleringsarbete startat.

Multilagerstrukturer har modellerats.

4.11.3 Framkomna resultat/slutsatser

Reflektansen för olika metallpigment, bl.a. aluminiumflagor och kiselpulver, har karakteriserats inom IR-området. Resultaten jämfördes med reflektansen hos motsvarande pigment som blandades med bindemedel. Resultaten visar att färgblandningens reflektans är mycket beroende av vilken typ av pigment som används. Trots att själva pigmentet har en hög reflektans kan det tillsammans med bindemedlet ge en låg reflektans. Skillnaden i brytningsindex mellan pigment och bindemedel är en orsak, kemiska processer i gränssytan pigment/bindemedel tros vara en annan.

- Kemiska beläggningar har gjorts på flagor av aluminium för att minska glansen inom det visuella området, samtidigt som dess höga reflektans inom IR-området bibehålls.

- Reflektansen för olika metallpigment (aluminium och guld) inom visuella och IR-området har undersökts och jämförts med deras mikroskopiska ytstruktur erhållen med svepelektronmikroskopi (SEM). Slutsatsen är att pigment med en slät ytstruktur och för vilka partiklarna/flagorna är väl separerade, ger en högre reflektans inom IR-området jämfört med oregelbundna ytor och/eller sammansatta pigment. Även storleksfördelningen påverkar tydligt reflektansen.

- Metallisering av cenosfärer har gjorts genom förångning, S-puttring och våtkemisk beläggning med olika metaller. Vi har noterat ett tydligt samband mellan skikt-tjocklek och reflektans och att maximal reflektans uppnås över en viss tjocklek. Även cenosfärernas storleksfördelning påverkar reflektansen. Cenofärer inom storleksintervallet 20-80 µm undersöktes, för vilka maximal reflektans normalt erhöles för storleksfördelningen 45-63 µm.

Polarisationsegenskaper hos olika typer av ytor har uppmätts bredbandigt inom 3-5

²² PvTT, Finnish Defence Forces Technical Research Centre

²³ Cenofärer är ihåliga sfäriska partiklar

µm och 8-12 µm. Undersökta prover tillverkades genom att sputtra guld på ytor täckta med olika storleksfördelningar av cenosfärer. På så sätt påvisades att både graden av polarisation och emissivitetsnivå kunde kontrolleras.

4.11.4 Kunskapsspridning

Modellering av fotonbandgapsmaterial presenterade vid konferensen "Progress in Electromagnetics Research" i Cambridge, USA och i tidsskriften Applied Optics. Resultat gällande polarisationsegenskaper hos olika ytor presenterade vid SPIE²⁴-konferens i Seattle. Forskningsresultat har dokumenterats i FOI-rapporter och Memo.

4.11.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Projektets målsättning är att bidra med kunskaper för att göra försvarets fordon och vapenplattformar mindre synliga, vilket ökar möjligheten till att våra förband kan verka effektivt på det framtida slagfältet utan att röjas av fiendens sensorer. När det gäller kamouflage inom IR-området har projektet kommit in i en intressant fas med framställning av låg emissiv färg där en mera konkret nytta för försvarsmakten kan påvisas. Den utvecklade metoden att med en vridbar polarisator framför IR-sensorn öka kontrasten mellan en relativt slät yta och dess bakgrund ökar möjligheten att upptäcka t.ex. fiendliga fordon. Med denna metod kan kontrasten mellan mål och bakgrund ökas med upp till 50 %. Kontrasten kan minskas genom att öka ytans skrovlighet.

4.11.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Ett MOU har under året upprättats med PvTT i Finland gällande utvecklandet av en kamouflagefärg för VIS/IR-området.

4.11.7 Fortsättning

Projektet fortsätter 2003(slutår) med samma inriktning som under 2002.

4.12 **Radarsignaturer**

Projektledare: Jonas Rahm

FOI Sensorteknik

4.12.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Målet för verksamheten är att för försvarets behov utveckla metoder och modeller för beräkning, mätning, analys och värdering av radarsignaturer. Begreppet radarsignaturer innefattar här mål- och bakgrunds-signaturer. Den härvid förvärvade kunskapen inom området används för att ta fram metoder för signaturanpassningstekniker (SAT). Behandlade frågor är bl a:

kan man använda sig av samma formgivningsmetoder för mål på mark/sjö, som för flygfallet?

Hur mycket påverkas radarsignaturen av det faktum att radarvågen sprids från mål till mark/sjö (och tvärt om) och tillbaks till radarn igen?

För att kunna svara på dessa frågor samt utveckla realistiska markmodeller, krävs relativt stora forskningsinsatser vad gäller markens reflektiva förmåga (främst den bistatiska²⁵ markspridningen) för olika markförhållanden. Kunskapen ligger även till grund för att kunna bestämma upptäckts sannolikheter, signaturkrav etc för mål i bakgrund.

4.12.2 Genomförda aktiviteter

Projektet har vidareutvecklat modelleringsmetoder som beaktar interaktionen (multipelreflexion) mellan målobjekt och markbakgrund. Härvid studeras radarmålytan för ett typfall som utgörs av en godtyckligt lutande plan metallisk platta, vars ena sida vilar mot en skrovlig markyta. Beräkningar har utförts med dels en modell

²⁴ SPIE, The International Society for Optical Engineering

²⁵ Bistatiska radarsystem använder geometriskt separerade antenner för sändning och mottagning. System med gemensam antenn kallas monostatiska.

baserad på geometrisk optik, där markens ytojämnheter ges en statistisk medelvärdesbeskrivning, dels med en koherent modell där markytan byggs upp av ett stort antal fasetter, genererade efter vissa fördelningsfunktioner.

Mätningar på det typfall som beskrivs ovan utfördes på en grusplan och analyserades och redovisades i början på detta år. Jämförelse mellan de beräknade och mätta data har också redovisats i en separat rapport.

För att på ett systematiskt och effektivt sätt kunna gå vidare med att utveckla bakgrundsmodeller krävs mätdata med god noggrannhet och precision att jämföra modelleringsresultaten med. Vi har därför analyserat vad som krävs av ett mätsystem och även tagit fram idéer beträffande mätmetodik för att man skall kunna få relevanta radarmåldata som kan användas vid utvecklingen av markmodeller. Denna studie redovisades i september. I anslutning till denna studie utfördes dessutom en litteraturlatabassökning inom området bistatisk markspredning.

Vi är Sveriges representant i och tillika projektledare för CEPA-projektet "Target and Target Background Modelling and Validation for High Resolution Radar". Förutom Sverige deltar England, Tyskland, Spanien och Italien i detta europeiska samarbetsprojekt, vars främsta syfte är att öka ländernas kunskap om hur man modellerar objekt i bakgrund och om högupplösta mål-/bakgrundssignaturer. Arbetet har hittills handlat om projektberedning, där inriktning och omfattning av verksamheten klarlagts. I CEPA arbetet har ett dokument (supplement) som beskriver fördelningen av arbetsuppgifter, ekonomi m m. för de olika länderna utarbetat. Projektet kommer att löpa under en 3-års period med planerat startdatum 1 april 2003.

I samarbete med Chalmers tekniska högskola fördjupades 1999 års studie om hur plasma fungerar som radarabsorbent. Studien inriktades på att utreda om det är möjligt att generera plasman med tillräckligt hög elektrontäthet och gastryck för effektiv absorption av radarvågor.

Vi har också deltagit på konferensen "Antenna Measurement Techniques Association" (AMTA) där vi presenterade FOI:s utomhusmätplats, "Lilla Gåra".

4.12.3 Framkomna resultat/slutsatser

Jämförelsen mellan beräknade och mätta RCS data för en plan metallisk platta placerad på en grusplan visar på signifikanta avvikelser. Resultaten visar att fortsatt utveckling av såväl mätmetodik som modelleringsmetoder är nödvändiga inom detta område.

I rapporten 'Mätmetoder för bistatisk markmålsarea – en förstudie', identifieras och diskuteras vilka särskilda krav som ställs på mätningarna för att få relevanta och noggranna mätresultat, som senare kan användas vid utvecklingen av markmodeller. Dessutom analyseras för- och nackdelar med några tänkbara mätuppställningar. Som ett led i utvecklingen av markmodeller och för att få en omvärldsuppfattning vad som gjorts inom området bistatisk markspredning har vi även gjort en litteraturlatabassökning.

Plasmastudien redovisades i en rapport. Resultaten visade att det finns svårigheter att generera tillräckligt tätt plasma med rimlig effektförbrukning. De teoretiska estimaten visar att det krävs effekter av storleksordningen flera tiotals kW/m². För att kunna erhålla ett mer trovärdigt resultat krävs experimentella försök.

FOI:s utomhusmätplats 'Lilla Gåra' har i år uppgraderats och utrustats med ett 50 m högt torn som gör det möjligt att mäta

markfordon i olika terrängavsnitt och elevationsvinklar. De nya möjligheterna samt mätresultat på ett skalmodellflygplan 'Holger' presenterades på AMTA konferensen.

4.12.4 Kunskapsspridning

Under året har kunskapsspridning främst skett i form av skriftliga redovisningar. Kunskapsavtappningar från projektet har också skett i form av undervisning för FHS.

Resultat har spritts genom att projektmedlemmarna också medverkat och arbetat i andra projekt, t ex. SAT-Mark, elektrisk-magnetiska beräkningar (EMB) benchmark, ETAP²⁶, CEPA, YS-Ny, FoT SAT/Signaturanpassningsteknik 2002-2003 och genom deltagande på konferens.

Vi har även i år medverkat i σ -Flyg, vilket är FMV:s arbetsgrupp för signaturanpassning av flygplan.

4.12.5 Nytta/effekter för Försvarsmakten

De metoder som utvecklas och den kompetensuppbyggnad som sker inom uppdraget kan direkt tillämpas för radarsignaturanpassning och för att sätta signaturkrav på försvarets materiel. De kan också användas för att analysera sannolikheterna för upptäckt, klassificering respektive identifiering inom radarområdet. Detta ska utföras med hänsyn tagen till realistisk bakgrund och aktuell hotsensor.

4.12.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Sveriges representant i och tillika projektledare för det nya CEPA projektet "Target and target-background modelling and validation for high resolution radar". Förutom Sverige deltar England, Tyskland, Spanien

och Italien i detta europeiska samarbetsprojekt.

4.12.7 Fortsättning

Fokus för 2003 kommer att ligga på metodutveckling, modellering, mätningar och beräkningar av markbakgrunder och växelverkan mellan objekt och markbakgrund. Huvuddelen av verksamheten kommer att inriktas mot CEPA projektet, d v s målmark modellering med högupplösande radar.

4.13 **Optiska signaturer**

Projektledare: Claes Nelsson
FOI Sensorteknik

4.13.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektets mål är att bygga upp grundläggande kunskap om optiska signaturer i hela det optiska våglängdsområdet (UV, visuellt, nära IR och termisk IR). Nyckelfrågan är hur kraven på signaturanpassning inom det optiska området ska se ut med hänsyn till nya hotsensorsystem och med hänsyn till försvarets behov i den nya krigföringen. Projektet har följande delmål:

Karakterisera bakgrundsignaturen från provområden och omsätta den kunskapen i generella krav för signaturanpassningsteknik i markfallet.

Etablera verksamhet inom signaturprediktion av mål utgående från fysikaliska parametrar.

Mjukvaruverktyg för värdering av kamouflage och SAT m a p textur och spektrala egenskaper.

Metod för värdering av SAT m a p. polarisationseffekter.

Aerosolmodell för svenska förhållanden.

4.13.2 Genomförda aktiviteter

Bakgrundsatabanken som byggdes upp under 1999-2001 har använts som underlag för grundläggande modellarbete samt som underlag för en påbörjad studie av bak-

²⁶ ETAP, European Technology Aquisition Programme, är ett program inom ramen för 6N för samverkan vid utveckling av framtida flygssystem.

grundens spektralinnehåll i IR. Modellarbetet har varit inriktat på att ta fram en semi-empirisk modell för bakgrundsradiansens väderberoende. Dessutom har försök gjorts att ta fram en modell som predikterar bakgrundstexturens väderberoende. Studien av bakgrundens spektralinnehåll är inledningsvis inriktat på att utreda i vilken grad naturbakgrund är gråkroppar, d.v.s. följer Plancks strålningslag. Syftet är att få underlag för att kunna bedöma vinsten med multi- eller hyperspektrala EO-system för IR.

Experiment har genomförts för att studera vinsten med ett polarisationskänsligt IR-system vid detektion av kamouflerade objekt. En testpanel på ca 1 m² doldes i varierande grad av kamouflagenät och panelens kontrast mot bakgrunden kvantifierades.

Värderingsmodellen Terrtex²⁷ har kompletterats och förbättrats.

Det kommersiella signaturprediktionsprogrammet Radtherm har införskaffats och använts. Programmet kan dynamiskt beräkna temperatur och radians över ett objekt. Tillsammans med IR-miljöprogrammet SensorVision kan plattformar modelleras i bakgrund.

I samverkan med EU-projektet Earlinet har vertikala lidarsonderingar gjorts regelbundet under året. Uppgraderingar av kommersiella atmosfärsmodeller har under året införskaffats. Utgående från mätdata från Lövsättra i Uppland har arbete med en ny aerosolmodell för nordiska förhållanden genomförts. Syftet är att kunna prediktera den så kallade IR-faktorn utifrån vissa väderparametrar.

4.13.3 Framkomna resultat/slutsatser

Prediktioner med den semiempiriska modellen (bakgrundsmodell) generellt sett gav ganska bra överensstämmelse med uppmätt radians för de valda fallen. Det fanns emellertid några fall där korrelationen med mätningar är mindre bra. Prediktioner med den empiriska texturmodellen visade svag korrelation med mätdata.

Polarisationsexperiment med en testpanel dold av kamouflagenät har rapporterats. Beräkningar av Stokes parametrar (beskrivning av ett elektromagnetiskt fälts polarisationstillstånd) från LWIR-mätningarna (8-12 µm) visade att en polarisations-sensor kan detektera objekt gömda bakom kamouflagenät. Detta trots att de inte är synliga för en sensor utan polarisator. Samma mätningar och beräkningar genomfördes dessutom i området 3-5µm. Resultaten visade då inte att polarisation ger en ökad möjlighet, vilket var förvånade och behöver studeras vidare.

Ett mjukvaruverktyg för att exportera objekttemperaturer från Radtherm till SensorVision har tagits fram. Programmet som är skrivet i Visual C++ arbetar i realtid under en SensorVision simulering.

Arbetet med en aerosoldämpningsmodell har redovisats i en rapport där två enkla modeller för att uppskatta aerosolextinktionskoefficienten beskrivs. Modellerna estimerar extinktionskoefficienten med hjälp av väderparametrarna sikt, temperatur och vindhastighet. Transmissionen som kan uppskattas av modellerna har också jämförts med resultat från det kommersiella atmosfärsprogrammet Modtran. En slutsats från arbetet är att det fanns en större mängd stora aerosolpartiklar i omgivningen av mätplatsen än vad Modtrans modeller antar. Av aerosolmodellerna i Modt-

²⁷Värdeingsmodell förTerrtex

ran²⁸ visar det sig att "Maritime" fungerar rimligt bra vid korta våglängder. För LWIR underestimerar "Maritime" dämpningen en faktor 2-4. Övriga Modtran-modeller är sämre.

4.13.4 Kunskapsspridning

Resultaten har spritts internationellt genom medverkan vid en konferens i USA. Erfarenheterna har delgetts i stor omfattning till andra projektverksamheter och studier, t.ex. rörande vilseledning och maskering, samt genom att projektmedlemmarna också arbetat i andra projekt, t.ex. Signaturmateriel, SAT/mark, Optroniska sensorsystem och olika signaturmätprojekt. Medverkan har skett i FMV samarbetsgrupp för optisk flygsignatur: Epsilon Flyg. Ett stort antal kurser har givits under året i samarbete med FHS där optiska signaturer och SAT ingått som väsentliga delar.

4.13.5 Nytta/effekter för uppdragsgivaren

Under året har arbetet i hög grad inriktats mot modellarbete. Dels har arbete bedrivits för att ta fram modeller med hjälp av mätdata och dels genom att använda kommersiella modeller som utgår från fysikaliska principer. Syftet med dessa modellarbeten är att ta fram eller identifiera datorprogram som kan användas vid bedömning av SAT eller sensorprestanda. Arbetet under året har varit inriktat på kunskapsuppbyggnad men bedömningen är att program för prediktion av målsignatur samt för beräkning av IR-faktorn (aerosoler) under 2003 kommer att bli allmänt användbara.

Värderingsprogrammet Terrtex är direkt användbar vid utveckling och anskaffning.

Till FM förfogande finns vid FOI en kvalificerad fältanpassad signatur-mätresurs.

4.13.5 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Samarbete har skett med PvTT, Finland inom området atmosfär: "Atmospheric transmission in the optical wavelength region".

4.13.6 Fortsättning

Projektets slutår är 2003 och flera pågående aktiviteter kommer att avslutas under året.

Arbetet med de semiempiriska modellerna för prediktion av bakgrundssignaturens beroende av vädret kommer att fortsätta. Likaså kommer analysarbetet av spektrala variationer i bakgrunden att fortsätta. Kommersiella simuleringsprogram för syntetisk IR-bakgrund kommer att valideras. Program för prediktion av målsignatur kommer också att valideras, om möjligt för ny lågemissiv färg. Arbetet med att integrera olika signaturprediktionsprogram kommer att fortsätta. Det FOI-utvecklade programmet Terrtex kommer att kompletteras med funktioner för spektral värdering. SAT-åtgärder kommer att studeras m.a.p. röjande polarisationseffekter. En förstudie av fartygsbaserat system för signaturmedvetenhet kommer att genomföras.

Arbetet med modellbildning rörande aerosoler kommer att fortsätta och en modell kommer att implementeras i datorprogram. Olika metoder för prediktering av sikt och bakgrund i sydeuropeisk miljö kommer att studeras.

²⁸ Modtran är en kommersiellt mjukvara för bl a beräkning av transmission och emission från synligt ljus till mikrovågsområdet.

5 Rapporter och annan kunskapsöverföring

Rapporter (SÖY)

Vetenskapliga och metodrapporter (SÖY)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Brännström Mikael	An agent architecture for an unattended ground sensor network.	E7036	FOI-R--0500--SE
Haapalahti Gustav,Herberthson Magnus	Simulations of direct target localization and clustering for AASR.	E3028	FOI-R--0679--SE
Habberstad Hans, Kullander Fredrik	Fältförsök med akustiska och seismiska givare för fordonsdetektion.	E7036	FOI-R--0703--SE
Hallberg Tomas	Kort introduktion till principalkomponenttransformation och kanonisk diskriminantanalys av multispektrala data.	E3036	FOI-R--0382--SE
Herberthson Magnus	A direct target localization method for AASR - principles and implementation.	E3028	FOI-R--0515--SE
Horney Tobias	Design of an ontological knowledge structure for a query language for multiple data sources.	E7030	FOI-R--0498--SE
Kajser Thomas	Simulations of an exclusion algorithm for target positioning in AASR.	E3028	FOI-R--0690--SE
Karlsson Henrik, Nygårds Jonas, Ulvklo Morgan	Efficient region tracking and target position estimation in image sequences using Kalman filters.	E3035	FOI-R--0595--SE
Nelander Anders, Alm Anders , Boman Tomas, Ferrer Isabel, Grahn Per, Gustafsson Andreas, Malmqvist Robert, Strömberg Dan, Svedin Jan	Digitala gruppantennor - DGA slutrapport.	E38346, E30411	FOI-R--0693--SE
Nygårds Jonas, Högström Tomas, Ulvklo Morgan	The QWIP/MASP system.An airborne experiment platform with georeferenced EO/IR sensors for research on image processing i UAV applications.	E3035	FOI-R--0505--SE
Renhorn Ingmar	Integrated computational imaging systems.Technologies for new possibilities.	E3036	FOI-R--0455--SE
Sjövall Mats	Object and feature recognition in a digital terrain model.	E7030	FOI-R--0499--SE
Svensson Thomas	Okylta IR-sensorer - marknadsöversikt och tillämpningar.	E3036	FOI-R--0391--SE

Övriga rapporter (SÖY)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Brusmark Bertil	Årsrapport 2001 för FOIs forskning inom FoT-området sensorer över ytan med signaturanpassning.	IS102	FOI-R--0359--SE
Jungert Erland, Grönwall Christina, Horney Tobias, Folkesson Martin, Fransson Jörgen, Ahlberg Jörgen, Silvervarg Krin, Lantz Fredrik, Klasén Lena, Ulvklo Morgan	SigmaQL - Ett beslutsstöd för måligenkänning i en multisensormiljö.	E7030	FOI-R--0692--SE
Larsson Björn, Stenström Gunnar, Jonsson Tommy	Konstruktionsrapport LORA.	E3027	FOI-R--0565--SE

Larsson Håkan Steinvall Ove Ahlberg Simon Allard Lars Bolander Göran Carlsson T Karlsson Kjell	Lasersignaturmätningar mot JAS 39 - Oktober 2001. Mätningar i jämförelse med simuleringar.	E3859	FOI-RH--0112--SE
Letalick Dietmar	Vindmätning med laserradar - en förstudie.	E3866	FOI-R--0588--SE
Letalick Dietmar	FMCW laserradar för noggrann avståndsmätning - en förstudie.	E3892	FOI-RH--0186--SE
Pettersson Mats	Kalibrering i LORA.	E3029	FOI-R--0517--SE
Pohl Anna, Boman Tomas	FOI MoM Ett momentmetodbaserat datorprogram för elektromagnetiska beräkningar.	I338, E3811	FOI-R--0510--SE
Ulander Lars	Fortsatt forskningsverksamhet inom UHF/VHF-radar.	E3872	FOI-R--0485--SE
Ulander Lars Gustavsson Anders Fröling Per-Olov Follo Peter Jonsson Tommy Larsson Björn Martin Torleif Pettersson Mats Pohl Anna Stenström Gunnar	CARABAS III Förstudie:Tekniska utredningar.	E3871	FOI-RH--0142--SE
Ulander Lars, Gustavsson Anders, Karlsson Mikael, Lundberg Mikael	Sensorutvärdering från försök i Vidsel 2002 med Eagle 1 och CARABAS-II.	E3908	FOI-R--0611--SE

Artiklar (SÖY)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Arbman G, Lindgren M, Sjöqvist L	Characterization of a liquid crystal spatial light modulator for beam steering.	E3827, I33	FOI-S--0731--SE
Beaudoin A, Jenvall J, Le Toan T, Martinez J M, Ulander L M H	Retrieving of forest stem volume from VHF SAR data: observation and modeling.	E3029	FOI-S--0404--SE
Bergman J P, Carlsson F H C, Egilsson T, Hallen A, Henry A, Janzen E, Son N T, Sridhara S G	Pseudodonor nature of the D(I) defect in 4H-SiC.	E3024	FOI-S--0410--SE
Bertilsson K, Lindgren M, Sjöqvist S	Simulation of beam propagation with time- dependent nonlinear processes in optical limiting applications.	E3827	FOI-S--0413--SE
Busson P, Lindgren M, Malmström E, Persson M, Westberg R	Chiral dendritic polymers for photonic applications.	E3827	FOI-S--0729--SE
Chang S-K, Danielsson Ö, Henry A, Janzen E, Linnarsson M K	Nitrogen doping of epitaxial silicon carbide.	E3024	FOI-S--0455--SE
Ellison A, Forsberg U, Henry A, Isacson M, Janzen E, Kordina O, Magnusson B	Growth characteristics of SiC in a hot-wall CVD reactor with rotation.	E3024	FOI-S--0440--SE
Ellison A, Janzen E, Larsson Å	Properties of the UD-1 deep-level center in 4H-SiC.	E3024	FOI-S--0441--SE
Eriksson A, Lindgren M, Andersson G, Eriksson A, Gedde U W, Hult A, Ihre H, Pitois C, Örtengren J	Pyroelectric liquid crystalline polymers for second order nonlinear optics.	E3827	FOI-S--0727--SE
Eriksson A, Lindgren M, Malmström E, Persson M, Vestberg R	Chiral dendritic polymers for photonic applications.	E3827	FOI-S--0414--SE

Eriksson J, Jonsson R, Rorsman N, Zirath H	Resistive SiC-Mesfet mixer.	E3024	FOI-S--0438--SE
Eriksson J, Rorsman N, Rudner S, Svensson C, Wahab Q, Zhang J, Zirath H	Evaluation of SiC Mesfet structures using large-signal time-domain simulations.	E3024	FOI-S--0439--SE
Forsberg U, Henry A, Janzen E	Investigation of the temperature profile in a hot-wall SiC chemical vapor deposition reactor.	E3024	FOI-S--0456--SE
Hai P N, Janzen E, Martin T	Carbon vacancy-related defect in 4H and 6H SiC.	E3024	FOI-S--0408--SE
Hai P N, Janzen E, Son N T	Silicon antisite in 4H SiC.	E3024	FOI-S--0409--SE
Hult A, Hällstig E, Lindgren M, Malmström E, Rodlert M, Westberg R	Fluorinated dendritic polymers and dendrimers for waveguide applications.	E3827	FOI-S--0730--SE
Melon P, Ulander L M H	Forestry parameter retrieval from texture in CARABAS VHF-band SAR images.	E3029	FOI-S--0406--SE
Pettersson L, Smith G	Modified fresnel coefficients for huygens sources in FDTD.	E3029	FOI-S--0407--SE
Smith G, Ulander L M H	Digital elevation map generation using VHF-band SAR data in forested areas.	E3029	FOI-S--0645--SE

Konferensbidrag (SÖY)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Herberthson Magnus	Methods for processing data from a low frequency bistatic radar network.	E3028	FOI-S--0535--SE
Alfredsson M, Gustafsson A, Lundin J, Ouacha A	A 7.9-9.7 GHz on-chip radar receiver fron- end for future adaptive x-band smart skin array antennas.	E3041	FOI-S--0493--SE
Alfredsson M, Gustafsson A, Malmqvist R, Ouacha A	A highly integrated single-stage RF down- converter for future adaptive X-band radar systems.	E3710	FOI-S--0719--SE
Andersson K, Jungert E	Towards a query assisted tool for situation assessment.	E7030	FOI-S--0635--SE
Axelsson S R J	SAR/MTI Radar mapping from ships and ground based vehicles.	E3877	FOI-S--0747--SE
Axelsson S R J	SAR/MTI Radar mapping from ships and ground based vehicles.	E3877	FOI-S--0754--SE
Axelsson S R J	Autofocusing SAR imagery - some simulation results.	E3877	FOI-S--0756--SE
Bishop J, Dahlberg E	Leaky-mode and wavenumber-integration representation of grazing-ray diffraction.	G695	FOI-S--0418--SE
Carlsson-Kanyama A, Ljungberg M, Norden M, Otto K, Rantakokko J, Åhlander K	Object-oriented modeling of parallel PDE solvr.	G695	FOI-S--0428--SE
Castenfors K	Ground estimation of laser radar data using active shape models. Publ. in: OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models. Proc.	E3038	FOI-S--0302--SE
Costagliola G, Jungert E, Kullander F	Multi-sensor information fusion by query refinement.	E7030	FOI-S--0458--SE
Dalsjö R, Karasalo I, Peplow T	Green's tensors for the stratified elastic medium.	G695	FOI-S--0429--SE

Danestig M, Malmqvist R	3 GHz low noise amplifiers in silicon on Sapphire CMOS technology. Publ. in: GigaHertz 2001 Symposium. Proc.	E38343	FOI-S--0282--SE
Danielsson Ö, Henry A, Janzen E, Linnarsson M K Storasta L	Influence of growth parameters on the nitrogen incorporation in 4H- and 6H-SiC epilayers grown by hot-wall chemical vapour deposition. Publ. in: Materials Research Society, Proc, Vol 680E, pp E3.10.1-6	E3024	FOI-S--0412--SE
Dreborg K E, Gaunard G G	Applications of (Wigner-Type) time-frequency distributions to sonar and radar signal analysis.	E3022	FOI-S--0688--SE
du Plessis O, Fröling PO, Jonsson T, Larsson B, Le Coz D, Martineau P, Pettersson M I, Stenström G, Ulander L M H	Some results on detection of targets deployed in hide under foliage.	E3029	FOI-S--0527--SE
Eklöf M	Suppressed ambiguity in range by coded waveforms.	E3877	FOI-S--0755--SE
Eldsäter C, Fröling P O, Gustavsson A, Smith G, Ulander L M H, Walter F	A new remote sensing tool for forestry applications.	E3029	FOI-S--0518--SE
Ellison A, Forsberg U, Janzen E, Storasta L	Infrared absorption and annealing behavior of semi-insulation 4H SiC HTCVD substrates. Materials Research Society, Vol. 680E, Proc, pp E5.11.1-6	E3024	FOI-S--0411--SE
Elmqvist M, Bolander G, Steinvall O, Klasen L	Gated viewing in the atmosphere - a study of performance limits.	E3036	FOI-S--0581--SE
Elmqvist M, Kylesten B, Steinvall O, Bolander G	Gated viewing in the atmosphere - a study of performance limits.	E3036	FOI-S--0581--SE
Engström D, Have K D, Hård, Junique S, Matuszczyk T, Rudquist P, Stark B, Wang Q, Öhgren J	Retroreflective free-space optical communication using non-mechanical laser beam steering and MQW modulators. Publ. in: Optik i Sverige 2001. Proc. Summaries of contributions to the conference.	E3831	FOI-S--0317--SE
Eriksson J, Gustavsson A, Rorsman N, Zirath H	C-band resistive SiC-Mesfet mixer.	E3024	FOI-S--0634--SE
Folkesson K, Fransson J E S, Fröling P O, Gustavsson A, Hallberg B, Magnusson M, Ulander L M H, Walter F, Wijk G	Forestry applications of CARABAS.	E3029	FOI-S--0644--SE
Fransson J E S, Gustavsson A, Herberthson M, Smith G, Ulander L M H	Development of a fully integrated system for retrieval of forest parameters from Carabas-II VHF SAR images.	E3029	FOI-S--0534--SE
Fransson J E S, Gustavsson A, Manninen A T, Ulander L M H, Walter F	Forest stem volume retrieval with VHF-band SAR. Publ. in: 3rd international symposium on retrieval of bio-and geophysical parameters from SAR data for land applications. Proc. pp 13-18	E3029	FOI-S--0405--SE
Fransson J E S, Hallberg B, Holmgren J, Persson Å Ulander L M H	Forest stem volume estimation using high-resolution lidar and SAR data.	E3029	FOI-S--0637--SE
Fransson J, Gustavsson A, Magnusson M, Smith G, Ulander L M H Walter F	Detection of thinning cuttings using CARABAS II VHF SAR data.	E3029	FOI-S--0636--SE

Fransson J, Gustavsson, Linder S, Smith G, Walter F	VHF-band SAR for forest stem volume applications.	E3029	FOI-S--0591--SE
Frenje L, Ivansson S, Karasalo I, Nilsson B	Reverberation measurements and modelling in shallow waters.	G695	FOI-S--0419--SE
Fröling P O, Gustavsson A, Silfverskiöld S, Smith G, Ulander L M H, Walter	Introducing VHF SAR data in forestry applications.	E3029	FOI-S--0433--SE
Gustafsson A, Hunstad A, Kozuharaov R, Zirath H	A three-chip single-stage RF down-converter including filter, mixer and VCO for adaptive X-band radar systems.	E3041, E3	FOI-S--0718--SE
Gustafsson B, Wahab Q	Iterative solution of the Helmholtz equation by higher-order methods.	G695	FOI-S--0424--SE
Hallberg Tomas	Kort introduktion till principalkomponenttransformation och kanonisk diskriminantanalys av multispektrala data.	E3036	FOI-R--0382--SE
Holm P, Horney T, Silvervarg K	Ontology driven sensor independence in a query supported C2-system.	E7030	FOI-S--0612--SE
Ivansson S, Jonsson R, Rudner S, Svensson C	RF output power analysis of 4H-SiC MESFETs using a novel large signal time domain simulation technique. Publ. in: 13th workshop on physical simulation of semiconductor devices. Proc.	E3024	FOI-S--0421--SE
Ivansson S, Jönsson M, Pihl J	Mine classification by synthetic aperture sonar.	G695	FOI-S--0417--SE
Jungert E, Lantz F, Sjövall M	Determination of terrain features in a terrain data model using symbolic filters.	E7030	FOI-S--0613--SE
Jungert E, Strömberg D	A scalable agent architecture for a dynamic sensor network.	E7036	FOI-S--0685--SE
Karasalo I	Transient bistatic scattering from a buried object.	G695	FOI-S--0420--SE
Klasén L	Multispectral MWIR imaging sensor.	E3036	FOI-S--0580--SE
Malmqvist R	Detection of moving target in wideband SAR using fast time backprojection processing.	E3029	FOI-S--0563--SE
Nelander A	Deconvolution approach to terrain scattered interference mitigation.	E3041	FOI-S--0500--SE
Otto K	Flexible solver for the Helmholtz equation.	G695	FOI-S--0423--SE
Ouacha A, Alfredsson M, Gustafsson A,	A tuneable active MMIC filter for on-chip x-band radar receiver front-ends.	E3041, E3	FOI-S--0494--SE
Ouacha A, Tronarp O	A highly integrated single-stage RF down-converter for future adaptive x-band radar systems.	E3710	FOI-S--0495--SE
Pralits J O	Silicon on sapphire CMOS LNAs for future low-cost S-band receivers.	E38803	FOI-S--0708--SE
Renhorn Ingmar	Integrated computational imaging systems. Technologies for new possibilities.	E3036	FOI-R--0455--SE
Shippey G	Acoustic transmission and reflection properties of Alberich anechoic coatings.	G695	FOI-S--0416--SE
Sjökvisst S	Deconvolution methods in radar array processing.	E3041	FOI-S--0502--SE

Steinvall O, Letalick D	The potential of combined passive and active channels in EO systems	E3020	FOI-S--0805--SE
Svensson Thomas	Okylida IR-sensorer - marknadsöversikt och tillämpningar.	E3036	FOI-R--0391--SE
Svensson T, Renhorn I	Multispectral MWIR imaging sensor.	E3036	FOI-S--0580--SE
Thune M	Transient scattering from an object buried in the seabed - Numerical predictions and experimental results.	G695	FOI-S--0422--SE
Ulander L M H	Influence of soil properties on time-frequency signatures of conducting and dielectric targets buried underground.	E3022	FOI-S--0588--SE

FOI Memo (SÖY)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Dnr
Alm Anders	Utveckling och värdering av digital lobformare.	E38343	02-499
Alm Anders, Hagelin Sven, Mylen Leif, Nelander Anders, Pettersson Lars	Elektriskt styrda gruppantennar för radar i stridsflygplan.	E3869	02-1590:2
Axelsson Sune	Signalbehandling radar:jämförelse mPD och kodade vågformer.	E3846	02-297
Brännström Mikael (red.), Holmberg Martin, Jungert Erland, Habberstad Hans, Lennartsson Ron, Farman Linda, Sterner Ulf	IAM: Definition av demonstrationssystemet.	E7036	02-3207
de Hek A P, Rudner S	SiC and GaN transistors for microwave power amplifiers. 5 th progress report.	E3024	02-1268
de Hek A P, Rudner Staffan	SiC and GaN transistors for microwave power amplifiers.A Swedish-Dutch co-operation project. 6th progress report.	E3024	02-2807
Eklöv Tomas	Preliminär specifikation av testbädd.	E781023	02-1134
Ferrer Isabell	Study of RF MEMS based devices and technologies for future wide-band multipurpose array antennas.	E38805	02-2222
Grahn Per	Mätning av bredbandiga störsignaler med digital gruppantenn.	E3877	02-2716
Grahn Per	Radar- och refelxmätningar under år 2001.	E38342	02-501
Grönwall Christina, Klasen Lena, Ulvklo Morgan	Redovisning av milstolpe kvartal 3 2002 för ISM signal- och bildbehandlingsmetoder för måligenkänning i ISM.	E7030	02-2449
Gunnarsson Ronny	Design av antennelement.Redovisning av milstolpe B, antennkonfigurationer.	E38802	02-2451
Gustafsson Andreas	Spegelfrekvensundertryckande blandare.	E38343	02-134
Gustafsson Andreas, Andersson Morgan	DISA Receiver simulations.	E38343	02-136
Hagelin Sven, Nelander Anders, Gustafsson Andreas, Pettersson Lars, Ouacha Aziz	AMALIA.Framtida radarystemteknik.Statusrapport 2002-03-31.	E3041	02-902
Hagelin Sven, Ouacha Aziz, Nelander Anders, Gustafsson Andreas, Pettersson Lars	Aktiva gruppantennar för radar och kommunikation i robusta nätverk.	E3041	02-1760

Holmberg Martin, Jungert Erland, Brännström Mikael, Farman Linda, Grönwall Christina	Statusrapport för projektet interaktiva adaptiva marksensornät	E7036	02-1742
Holmgren Terje, Gunnarsson Ronny	Körmanual till GEMS-TD.	I338	02-2677
Kajser Thomas	On an exclusion algorithm for target positioning.	E3028	02-1692
Kjellgren Jan	Informationsbehov för robotstyrning - Preliminär studie.	E3048	02-2408
Larsson B, Blom M, Flood B, Follo P, Frölund P O, Gustafsson A, Jonsson T, Murdin D, Pettersson M, Råäf U	Årets prov och försök, flygburet och markbundet, med LORA-systemet redovisas och analyseras.	E3027	02-3163
Larsson B, Blom M, Flood B, Follo P, Frölund P O, Gustafsson A, Jonsson T, Pettersson M, Stenström G, Ulander L M H	Förstudie CARABAS-III: Prov, försök och inledande taktiska prov med C-II.	E3872	02-1196
Larsson Björn	CARABAS-III förstudie: Prov, försök och inledande taktiska prov med CARABAS-II.	E3872	02-2774
Larsson Björn, Blom Marin, Jonsson Tommy, Råäf Ulf, Stenström Gunnar	Inledande flygburna mätningar med LORA.	E3027	02-2387
Larsson Björn, Gustavsson Anders, Haapalahti Gustav, Herberthson Magnus, Jonsson Tommy, Pettersson Mats, Stenström Gunnar, Ulander Lars	Lägesrapport för den tekniska utprovningen av LORA-systemet.	E3027	02-1739
Lennartsson Ron K, Brännström Mikael	Signalbehandlingsprinciper i interaktiva adaptiva marksensornät.	E7036	02-2390
Lindgren Mikael et al.	Teknisk prognos fotonik.	E3886	02-554
Lundberg Mikael	MPD-vågformer för helikopterradar, vidareutveckling av MATLAB programmet.	E3877	02-2730
Malmqvist Rober, Alfredsson Mattias, Ouacha Azizt	Inledande studie av lämpliga topologier för gemensam RF front-end.	E38804	02-2440
Malmqvist Robert	Alternativa halvledarteknologier för gemensam RF front-end.	E38805	02-2221
Malmqvist Robert	Förenklade mottagarmoduler.	E3041	02-3017
Malmqvist Robert	Komponenter för förenklad kiselbaserad mottagare.	E38343	02-428
Nelander Anders	Studie bredbandiga flerfunktionsantennar. Projektrapport mars 2002.	E38805	02-1011:2
Nelander Anders	Studie bredbandiga flerfunktionsantennar. Projektrapport juni 2002.	E38805	02-1790:2
Nelander Anders	Studie signalbehandling radar. Projektrapport juni 2002.	E3877	02-1824:2
Nelander Anders	Studie bredbandiga flerfunktionsantennar. Projektrapport oktober 2002.	E38805	02-2527:2

Nelander Anders	Analys av undertryckning av reflexstörning.	E3877	02-2761
Nelander Anders	Studie signalbehandling radar.Projektrapport oktober 2002.	E3877	02-2762:2
Nelander Anders	Studie signalbehandling radar.Projektrapport februari 2002.	E3846	02-461
Nelander Anders	Studie signalbehandling radar.Undertryckning av reflexstörning.	E3846	02-463
Nelander Anders	Studie signalbehandling radar.Dokumentöversikt februari 2000.	E3846	02-496:2
Nelander Anders	Studie gruppantenn teknik.Projektrapport januari 2002.	E38346	02-497:2
Nelander Anders	DGA-Studie gruppantenn teknik.	E38346	02-498:2
Nelander Anders	Studie gruppantenn teknik.Sammanfattande slutrapport.	E38346	02-556:2
Nelander Anders	DGA-Studie gruppantenn teknik.Projektrapport februari 2002.	E38346	02-557:2
Nelander Anders, Alm Anders, Andersson Börje, Eneroth Anders, Grahn Per, Strömberg Dan	Spelkort för DRA studier.	E38804	02-2223
Nelander Anders, Sume Ain	Signalbehandling för konforma gruppantennar.	E30411	02-2939
Ouacha Aziz	Inledande studie av krav på flerfunktions RF front-end.	E38803	02-1674
Pettersson Leif	Ett användargränssnitt till två FDTD-program för EM-beräkningar av plana periodiska gruppantennar.	E38802	02-2419
Pettersson Mats	Halvårsrapport i projektet: Avancerade målsökarsystem och koordinatstyrning.	E3048	02-2015
Sigray Peter	Genomfört fältförsök och analys inom projektet Spaningssystem mot marina mål.	E6053	02-2760
Strömberg Dan	DGA-studie digital gruppantenn teknik.Prestandavärdering.	E38341	02-264
Svedin Jan, Ferrer Isabel	BFA Studie bredbandiga flerfunktionsantennar.C.3 Studier av möjliga byggsätt för gemensam RF front-end.Inventering av tillgängliga byggsätt.	E38803	02-1676
Svedin Jan, Ferrer Isabel	LTCC- manufacturing technology for mm-wave applications.	E38344	02-518
Ulander Lars	Handlingsalternativ för signalbehandling i LORA-systemet.	E3029	02-2411
Ulander Lars	CARABAS III Förstudie: Kvalitetssäkringsarbete och stöd till FM/FMV/EMW.	E3872	02-2772
Ulander Lars	SAR- och GMTI-försök med LORA-systemet.	E3029	02-3158
Ulander Lars, Gustavsson Anders, Haapalahti Gustav, Herberthson Magnus, Jonsson Tommy, Larsson Björn, Stenström Gunnar	Markmätningar med LORA från FOIs tak.	E3029	02-928

Rapporter (SAT)

Vetenskapliga och metodrapporter (SAT)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Fagerström Jan, Kariis Hans, Savage Steven, Strifors Hans, Pohl Anna, Wellander Niklas	Möjligheter med materialmodellering.	I0104	FOI-R--0479--SE
Hermansson Patrik, Nyberg Sten, Nilsson Claes	IR background modelling - progress report.	E30161	FOI-R--0529--SE
Jakobsson Stefan	Frequency optimized computation methods.	E840303 CEM	FOI-R--0407--SE
Nilsson Claes	Lägesrapport från projektet optiska signaturer - mars 2002.	E30160	FOI-R--0453--SE
Serdyuk Y, Bondeson A, Gubanski S	High-pressure plasmas for radar wave absorption.	E3015	FOI-R--0482--SE
Zdansky Erik, Gustafsson Magnus, Gustafsson Nils, Nilsson Stefan, Rahm Jonas	Mätmetoder för bistatisk markmålarea - en förstudie.	E3015	FOI-R--0575--SE
Zdansky Erik, Rasmusson Johan, Gustafsson Magnus, Gustafsson Nils, Nilsson Stefan, Rahm Jonas	Jämförelse mellan beräkningar och mätningar av radarmålarea för plan platta i markbakgrund.	E3015	FOI-R--0522--SE

Övriga rapporter (SAT)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Björkert Stefan, Hallberg Tomas, Nilsson Christina, Forssell Göran, Hedborg Karlsson Eva, Ribbing Carl-Gustaf	Översikt av material för optisk signaturanpassning.Forskning inom FOI/FOA senaste 10 åren.	E3033	FOI-R--0530--SE
Fagerström Jan, Hermansson Patrik, Forsell Göran	Modellering av signaturegenskaper hos kompositmaterial med hjälp av blandningsformler.	E3052	FOI-R--0632--SE
Forsell Göran	Passive optical polarisation applied to camouflaged objects.	E30163	FOI-R--0594--SE
Fäldt Daniel, Ohlsson Johan	Improved infrared object signature calculations for SensorVision by the use of RadTherm.	E30163	FOI-R--0574--SE
Gustafsson Nils	Teknikdemonstrator-2. Målareamätningar.	E3648	FOI-RH--0098--SE
Nilsson Claes	Improved infrared object signature calculations for SensorVision by the use	E30160	FOI-R--0574--SE
Nilsson Claes	skandinavisk miljö - baserad på mätningar vid Lövsättra i Uppland	E30160	FOI-R--0689--SE
Nilsson Claes	Passive optical poarization applied to camouflaged objects	E30160	FOI-R--0594--S
Nilsson Claes	IR background modelling - progress report	E30160	FOI-R--0529--SE
Nilsson Claes	Specifikation futveckling av matlabverktyg fanalys av THV900-bilder	E30160	FOI-D--0061--SE
Nilsson Pär Nilsson Claes	Spectral IR-measurements on an engine test rig - Trollhättan October 2001.	E3862	FOI-RH--0123--SE

Persson Andreas Lindell Roland	TD2s IR-signatur vid solbelysning.	E38995	FOI-RH--0165--SE
Persson Andreas Lindell Roland Bohman Lars	Optisk signaturmätning TD2, sommar och vinter. Referensobjekt: TD1 samt signaturanpassade strf 90 och	E37623	FOI-RH--0121--SE
Persson Andreas Lindell Roland Bohman Lars	Optisk signaturmätning TD2, sommar och vinter. Referensobjekt TD 1.	E37623	FOI-RH--0141--SE
Persson Rolf, Kaurila Timo	Aerosoldämpningsmodell för skandinavisk miljö - baserad på mätningar vid Lövsättra i Uppland.	E30162	FOI-R--0689--SE
Sjökvist Stefan Persson Andreas Bohman Lars	Optisk signatur för kustkorvetterna HMS Göteborg och HMS Gävle.	E3857	FOI-RH--0124--SE

Konferensbidrag (SAT)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Eiken O, Gustafsson N, Rahm J	Outdoor broadband RCS measurements of model-scale aircraft.	E3015	FOI-S--0698--SE
Forssell G, Hedborg-Karlsson E	Passive IR polarization measurements applied to rough surfaces consisting of cenosphere particles covered with gold.	E3033	FOI-S--0614--SE
Fureby C, Hallberg T	Calibrated sensitive polarization measurement methods in the regions 3-5 mikrometere and 8-12 mikrometre, corrected for contributions to the detector signal from the polarizer.Publ. in:	E30161, E	FOI-S--0401--SE
Hedborg-Karlsson E, Jungert E	Passive IR polarization measurements applied to rough surfaces consisting of cenosphere particles covered with gold.	E3033, E3	FOI-S--0614--SE
Hedin P-O	Surface landmine and trip wire detection using calibrated polarization measurements in the LWIR and SWIR.Publ. in: Subsurface and surface sensing technologies and applications III.Proc. pp. 41-51	E30161, E	FOI-S--0361--SE

FOI Memo (SAT)

Författare	Titel	Uppdr.nr	Dnr
Bohman Lars m fl	Underlag till skenmålsstudie vid SAAB Barracuda AB.	E3875	02-H156
Forssell Göran	Mätning, med passiv IR polarisation, av skrovliga ytor bestående av cenosfärer belagda med guld.Ansats till modellering av sådana ytor.	E3033	02-3130

Forsell Göran, Hallberg Tomas	Calibrated sensitive polarization measurement methods in the regions 3-5 mikrometere and 8-12 mikrometre, corrected for contributions to the detector signal from the polarizer	E3033	FOI-S--0401--SE
Forssell G, Hedborg-Karlsson E	Mätning, med passiv IR polarisation, av skrovliga ytor bestående av cenosfärer belagda med guld. Ansats till modellering av sådana ytor	E3033	02-3130
Gustafsson Magnus, Nilsson Stefan, Zdansky Erik	Litteratursökning inom området bistatisk markspridning.	E3015	02-2332
Hallberg Tomas, Hedborg-Karlsson Eva, Björkert Stefan	Development of low emissive IR paint by FOI and PvTT: Progress report	E3033	02-2416
Jonsson Nils-Uno, Wilow Mathias, Karlsson Nils, Gustavsson Jan	Signalbehandling vid dynamiska RCS-mätningar med radarsystemet Arken.	E3013	02-780
Larsson Christer	Utveckling av Columbus.	E3015, E3	02-1129
Nelander Anders, Gadd Staffan, Zdansky Erik	Prestandaanalys för krav och värdering av radarmålarea.	E38992	02-2940
Ousbäck Jan-Olof	Radartransmission genom plastskikt.	E3001	02-2414
Ousbäck Jan-Olof	Mät- och analysmetoder. Dokumentering, validering och verifiering. (delrapport 1)	E3001	02-2415
Ousbäck Jan-Olof	Elektrisk design av en högtemperaturabsorbent.	E3001	02-3148
Rahm Jonas	Utveckling av Columbus.	E3015, E3	02-1129
Rahm Jonas	Delrapportering av CEPA-projektet "Target and target background modelling and validation for high resolution radar".	E3015	02-2932
Rasmusson Johan, Nilsson Stefan, Gustafsson Nils, Rahm Jonas	Lägesrapport 2002-03-21. Radarmätningar platta-mark för bakgrundsmodellering.	E3015	02-724
Renhorn Ingmar	Mätning av signaturanpassningsytor.	E38993	02-H493
Rung A, Ribbing C G	Calculated photonic structures for infrared emittance control.	E3033	FOI-S--0693--SE
Winzell Thomas	CAMEO-SIM: ett simuleringsverktyg för syntetisk generering av scener.	E3910	02-3087
Winzell Thomas	Modelling air intake signature (Case IR1) using McCavity.	E3862	02-H457
Zdansky Erik, Rasmusson Johan, Gustafsson Magnus, Gustavsson Nils, Nilsson Stefan, Rahm Jonas	Jämförelse mellan beräkningar och mätningar av radarmålarea för plan platta i markbakgrund.	E3015	02-1742

