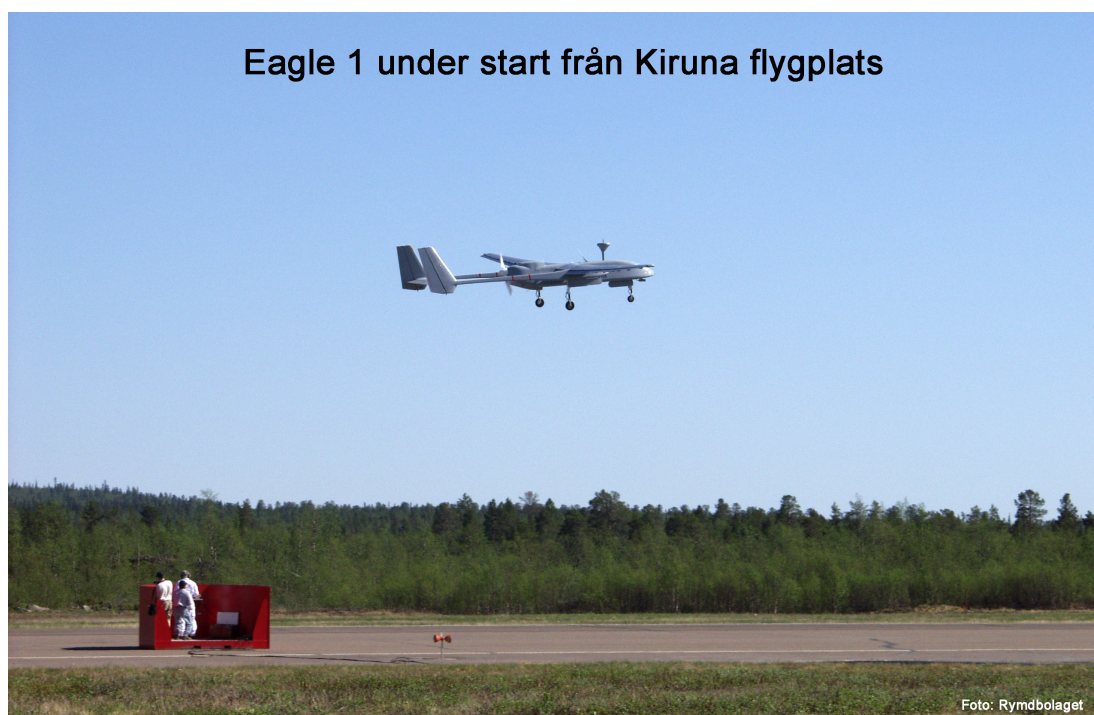


Lars M.H. Ulander, Anders Gustavsson, Mikael Karlsson, Mikael Lundberg

Sensorutvärdering från försök i Vidsel 2002 med Eagle 1 och CARABAS-II



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Sensorteknik

Box 1165

581 11 Linköping

FOI-R--0611--SE

November 2002

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

Lars M.H. Ulander, Anders Gustavsson, Mikael Karlsson, Mikael Lundberg

Sensorutvärdering från försök i Vidsel 2002 med Eagle 1 och CARABAS-II

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Sensorteknik Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0611--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 4. Spaning och ledning	
	Månad, år November 2002	Projektnummer E3908
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 42 Spaningssensorer	
Författare/redaktör Lars M.H. Ulander Anders Gustavsson Mikael Karlsson Mikael Lundberg	Projektledare Lars M.H. Ulander	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FMV	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Lars M.H. Ulander	
Rapportens titel Sensorutvärdering från försök i Vidsel 2002 med Eagle 1 och CARABAS-II.		
Sammanfattning (högst 200 ord) Under vecka 23 i juni 2002 genomförde FMV och FOI ett försök vid RFN Vidsel för att jämföra prestanda hos olika flygburna markspaningssensorer. I försöket ingick både radar- och optiksensorer på UAV (Eagle 1) och FMV:s provflygplan TP86. På Eagle fanns en mikrovågsradar (K_u-band) med SAR och GMTI för att upptäcka stillastående respektive rörliga mål i öppen terräng. Dessutom fanns en EO/IR-sensor på gyrostabiliserad gimbal. På TP86 fanns CARABAS-II (VHF-band SAR) för att upptäcka mål dolda under vegetationsmaskering och i öppen terräng. I försöket utnyttjades 25 terrängfordon av tre storlekar i olika konfigurationer. Rapporten inkluderar utvärdering av sensorerna för tre olika fall: stillastående fordon i öppen terräng, stillastående fordon under vegetationsmaskering, och rörliga fordon. Analysen har huvudsakligen fokuserat på radarsensorerna eftersom molnigheten i de flesta fall var sådan att EO/IR-sensorerna inte kunde utnyttjas. Analys av SAR-bilderna från Eagle visade att fyra olika upplösningsmoder användes: 3, 1, 0.5, och 0.25 m. Upptäckt av fordon i öppen terräng krävde 1 m upplösning, eller bättre, medan den finaste upplösningen på 0.25 m medgav viss måligenkänning. Inga fordon under vegetationsmaskering upptäcktes av Eagle SAR, medan CARABAS-II SAR upptäckte de allra flesta. CARABAS-II upptäcker mål med en upplösning på 2.5 m vilket innebär att den har unik förmåga att kombinera tillförlitlig målupptäckt med stor yttäckningsförmåga. En utvärdering av GMTI-moden på Eagle har också gjorts men är tyvärr ofullständig p.g.a. problem med datatillgänglighet och tidssynkroniseringen mellan sensor och rörligt målspele. Avslutningsvis diskuteras sensorval för framtidens markspaningsuppgift.		
Nyckelord Eagle, CARABAS, UAV, sensorer, SAR, GMTI, VHF-band, K_u -band, EO/IR, markmålsspaning, måldetektion, förändringsanalys		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 84 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Sensor Technology P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--0611--SE	Report type Technical report
	Research area code 4. C4ISR	
	Month year November 2002	Project no. E3908
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 42 Surveillance Sensors	
Author/s (editor/s) Lars M.H. Ulander Anders Gustavsson Mikael Karlsson Mikael Lundberg	Project manager Lars M.H. Ulander	
	Approved by	
	Sponsoring agency FMV	
	Scientifically and technically responsible Lars M.H. Ulander	
Report title (In translation) Evaluation of Sensor Data Collected with Eagle 1 and CARABAS-II during a Field Campaign in Vidsele in year 2002.		
Abstract (not more than 200 words) During week 23 of 2002, FMV and FOI conducted experiments at RFN Vidsele test range on performance evaluation of airborne ground surveillance sensors. Two platforms, a UAV (Eagle 1) and FMV's test aircraft TP86 collected data. Both radar and optical instruments took measurements. Eagle was equipped with a microwave radar (K_a-band) with SAR and GMTI modes to detect stationary and moving targets in open terrain. The Eagle also had an EO/IR sensor on a gyro-stabilized gimbal. The TP86 carried CARABAS-II, a VHF-band SAR, to detect targets concealed in foliage and in open terrain. Twenty-five vehicles of three different sizes were deployed in different target configurations. This report evaluates the sensors for three different cases: stationary targets in open terrain, stationary targets in foliage, and moving targets. The analysis focuses on the radar sensors since overcast conditions during the data collection prohibited the use of the EO/IR sensors for most of the flights. Analysis of the Eagle SAR images indicates four different imaging modes with resolution figures of 3, 1, 0.5, and 0.25 m. Detection in open terrain required 1 m resolution or better whereas the finest resolution of 0.25 m was required for reasonable target recognition performance. The Eagle SAR detected no vehicles in foliage whereas the CARABAS-II SAR detected the majority. CARABAS-II detects targets at a resolution of 2.5 m, which means it has a unique capability to combine robust target detection with wide-area coverage. Evaluation of the Eagle GMTI was also performed. Unfortunately, this work was hampered by problems of data availability and time synchronization between sensor and moving targets. This report also includes a discussion on sensor combinations for future ISR missions.		
Keywords Eagle, CARABAS, UAV, sensors, SAR, GMTI, VHF-band, K _a -band, EO/IR, ground surveillance, target detection, change detection		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 84 p.	
Price acc. to pricelist		

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 AVGRÄNSNING	1
2 FÖRSÖKSOMRÅDE NEAT	3
3 SENSORER	5
3.1 EAGLE UAV	5
3.2 SENSORLAST PÅ EAGLE	6
3.2.1 Mikrovågsradar	6
3.2.2 Elektrooptisk och infraröd sensor	8
3.3 CARABAS-II SAR	9
3.3.1 Systembeskrivning	9
3.3.2 Förändringsdetektion	11
4 FLYGNINGAR OCH MÅLSPEL	12
4.1 MÅLSPEL INOM RFN VIDSEL	12
4.2 GEMENSAMMA MÅLSPEL FÖR CARABAS-II OCH EAGLE	13
4.3 EAGLE FLYGPROGRAM	20
4.3.1 UAV-flygning måndagen 3 juni	21
4.3.2 UAV-flygning tisdagen 4 juni	22
4.3.3 UAV-flygning torsdagen 6 juni	24
4.4 TILLGÄNGLIGA SENSORDATA FRÅN EAGLE	25
4.5 CARABAS-II FLYGPROGRAM	26
5 SENSORUTVÄRDERING	29
5.1 NAUSTA BY: MÅL I ÖPPEN TERRÄNG	29
5.2 NAUSTA SKOG: MÅL UNDER SKOGSMASKERING	40
5.3 NAUSTA VÄGAR: RÖRLIGA MÅL	43
6 EXEMPEL PÅ OPERATIVT SCENARIO	47
7 DISKUSSION OCH SAMMANFATTNING	49
REFERENSER	51
A. APPENDIX EO/IR	52
A.1 TILLGÄNGLIGT OCH UTVALT DATAMATERIAL FÖR UTVÄRDERING	52
A.2 ÖVERLAGRAD NAVIGERINGSINFORMATION I VIDEODATA	53
A.3 SPANINGSKAPACITET HOS DE OPTISKA SENSORERNA	54
B. APPENDIX FORDONSDATA UNDER OLIKA MÅLSPEL	56
B.1 STATISKA MÅLSPEL	56
B.2 RÖRLIGT MÅLSPEL	60
C. GMTI/SAR-BILDER FRÅN EAGLE LAGRADE PÅ CD-SKIVOR	63
D. SPANINGSRAPPORTER FRÅN EAGLES SAR-MOD	71

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Försvarsmakten arbetar med en ny målbild där det nätverksbaserade försvaret (NBF) utgör grundstommen för den framtida strukturen. En komponent i denna vision är att uppnå informationsövertag, i vilket ingår att ha tillgång till en tillförlitlig gemensam lägesbild. För att realisera en sådan förmåga krävs ett nätverk av olika sensortyper vars data kan vägas samman (fusioneras) och möjliggöra såväl upptäckt som identifikation av alla relevanta företag inom både begränsade och större geografiska områden. Informationsinhämtningen skall också huvudsakligen vara oberoende av yttre miljöfaktorer som vädertyp och tidpunkt på dygnet.

Som del i förberedelserna för NBF, hyrde Rymdbolaget (SSC) och Försvarets Materielverk (FMV) in en obemannad flygfarkost, en s.k. MALE UAV (Medium Altitude Long Endurance Unmanned Aerial Vehicle), för prov i övre Norrland under juni 2002. Den inhyrda UAV:n har modellbeteckningen Eagle 1 och kontrakterades genom EADS (European Aeronautic Defence and Space Company). Det primära syftet med försöken var att demonstrera planering och genomförande av flygningar med en UAV inom okontrollerat och kontrollerat luftrum, såväl militärt som civilt.

Genom UAV-försöken gavs också tillfälle att studera data från olika sensortyper i ett markspaningsscenario. Eagle var utrustad med såväl avbildande radar, SAR ("Synthetic Aperture Radar") och GMTI ("Ground Moving Target Indication"), som optronik, dvs. EO (elektro-optisk) och IR (infraröd) sensor. Sensordata registrerades och överfördes i realtid till en markstation inom horisonträckvidden från UAV:n. Under försöken utnyttjades den civila flygplatsen i Kiruna som bas för start och landning. Flyguppgiften skedde inom restriktionsområdet för SSC:s anläggning Esrange och FMV:s RFN (RobotFörsöksplats Norr) Vidsel med upprättandet av luftrumskorridorer däremellan. För att utvärdera sensorförmågan mot markmål fanns dessutom ett kontrollerat målspele kring Nausta by inom RFN Vidsel. För målspelet ansvarade Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI).

1.2 Avgränsning

I föreliggande rapport beskrivs de första resultaten från sensorutvärderingen i samband med UAV-flygningarna mot målspelet. Det senare bestod av 25 terrängfordon grupperade både öppet och i skydd av skog. Målspelet var primärt definierat för ett mer omfattande försök inom RFN med det flygburna SAR-systemet CARABAS-II som opereras av FOI. Vissa målkonfigurationer planerades i tid och rum så att dessa också skulle kunna avbildas av Eagle. I rapporten inkluderas även jämförande data och resultat från CARABAS-II.

Rapporten inleds med en beskrivning av Eagle- och CARABAS-systemen. Därefter sammanfattas målspelet och jämförande exempel från de olika sensorerna presenteras. Slutligen värderas sensortypernas förmåga i förhållande till varandra och exempel på operativt scenario beskrivs.

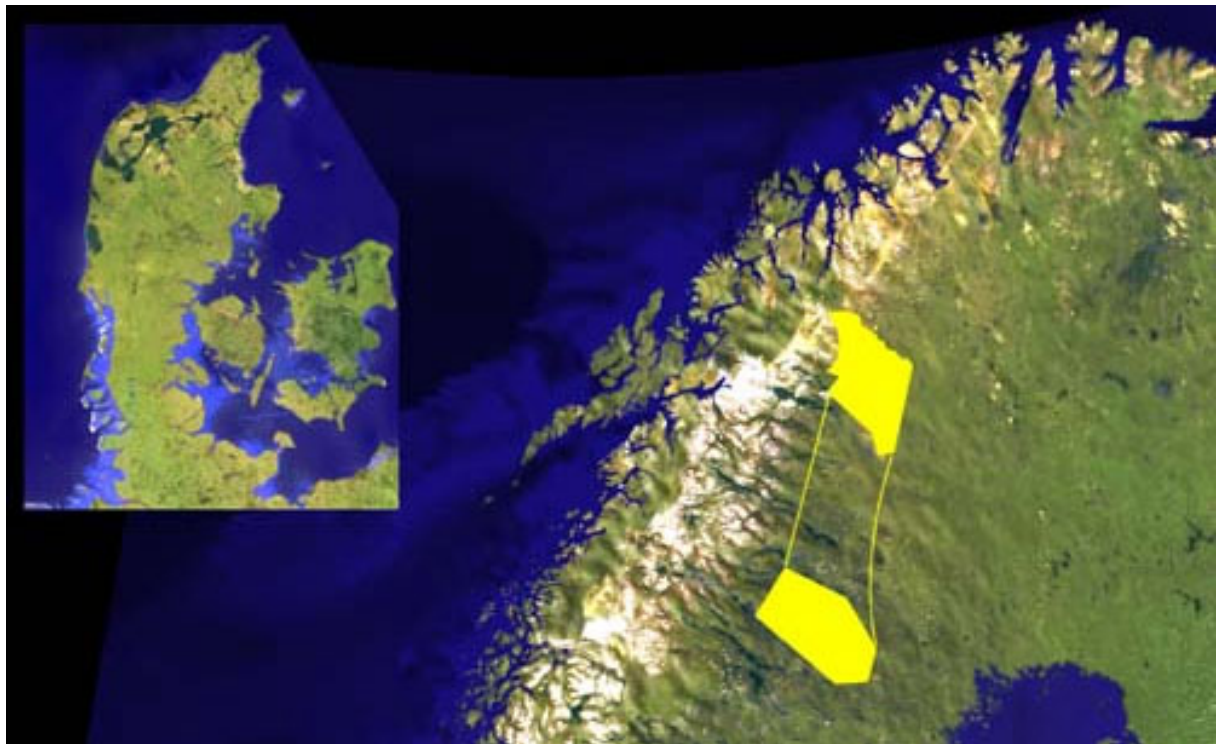
Rådande väderlek begränsade förmågan att operera Eagle, t.ex. vid risk för åska. Det visade sig också svårt att hitta molnfria tillfällen för de optiska sensorerna på aktuella flyghöjder. Resultatet blev därför att inget tillfälle gavs då Eagles alla sensorer samt CARABAS-II

spanade mot samma målkonfiguration inom några timmar enligt den ursprungliga planen. Antingen skiljer det minst en dag i tid eller så saknas simultana optiska data p.g.a. molnförekomst. En bidragande orsak till bristen på gemensamma sensordata över områden med målspele är också det faktum att operatörerna och bildtolkarna kring UAV-systemet inte på förhand kände till de exakta positionerna där dessa skulle vara lokaliserade utan hade i uppgift att söka efter militärt intressanta objekt inom en betydligt större yta.

2 Försöksområde NEAT

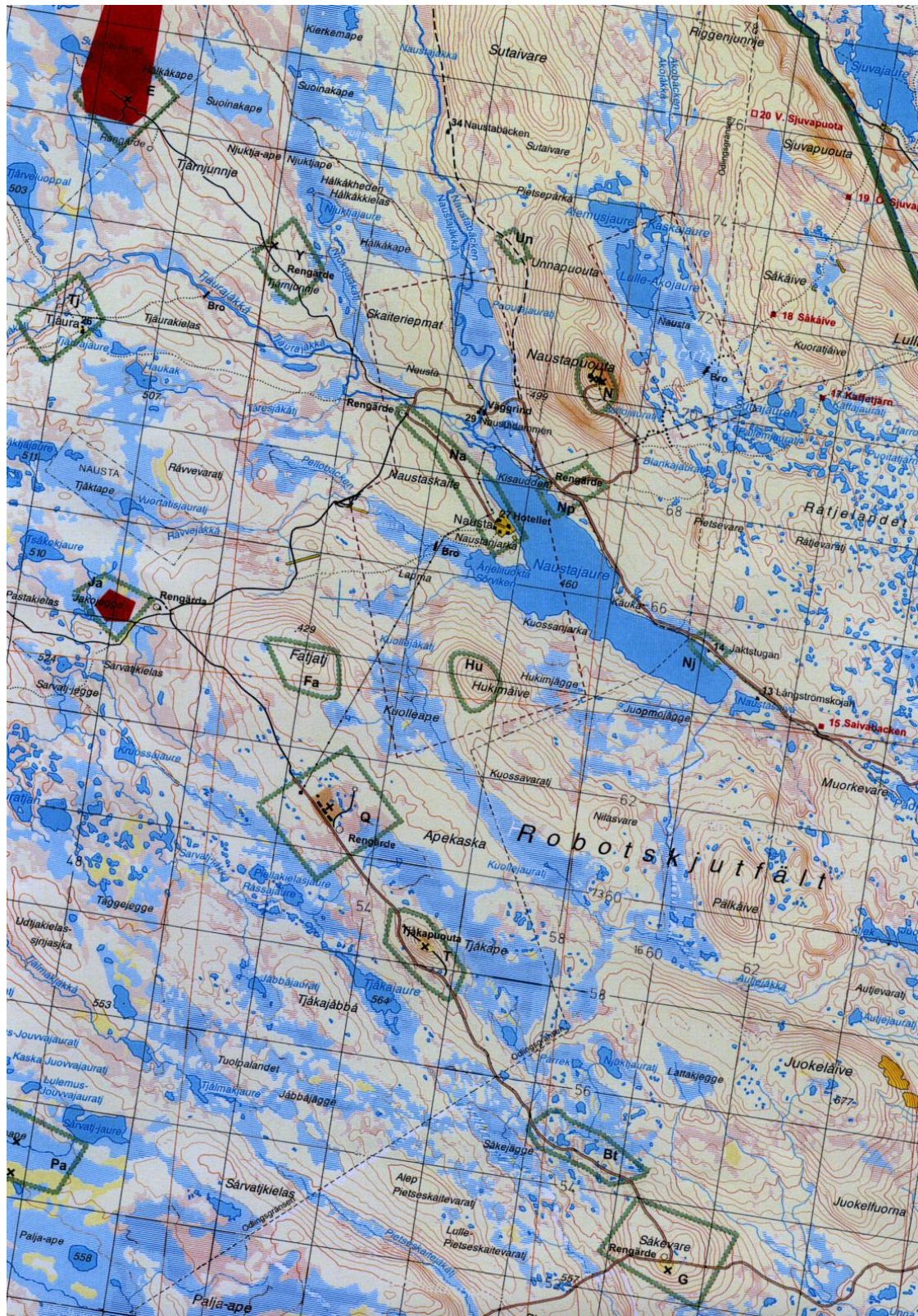
UAV-systemet Eagle 1 var under försöksperioden baserat på den civila flygplatsen i Kiruna. Hangarkomplexet Arena Arctica hade hyrts för detta ändamål och erbjöd nödvändiga utrymmen för plattformen med tillhörande kringutrustning, liksom att ge plats för information och visningar inför olika besöksgrupper. Här fanns också de centra som byggdes upp för att styra och övervaka flygningarna samt analysera sensordata som länkades ner i realtid.

Alla försök med Eagle-systemet skedde inom området NEAT (North European Aerospace Test range) [1]. NEAT utgörs av restriktionszonen Esrange (R01), RFN Vidsel (R02) samt ett definierat luftrum mellan dessa två zoner (R_{NEAT}). NEAT etablerades i december 2000 och drivs i samverkan mellan SSC och FMV. Totalt erbjuder NEAT ett område som är 360 km långt och 100 km brett – se figur 1. Båda restriktionsområdena har utnyttjats sedan 50/60-talen och erbjuder därför en väl utbyggd infrastruktur i samband med prov och försök. NEAT marknadsförs även internationellt som en resurs för utprovning av olika typer av luft- och rymdburna farkoster.



Figur 1. NEAT består av de två gula restriktionsområdena Esrange (norr) och RFN (söder). Däremellan kan en luftrumskorridor upprättas vilket ger en nord-sydlig utsträckning om 360 km – av samma storleksordning som Danmark. (Bild: <http://www.neat.se>).

Under försöksperioden med Eagle skedde flygningarna med militär inriktning i huvudsak över RFN. Då markstationen var placerad på Arena Arctica gjorde flyggeometrin visavi Kiruna att Eagle endast kunde nå den nordöstra delen av området för att säkerställa att kommunikationen inte begränsades av horisonten. Inom RFN fastlades ett huvudområde för sensorspaningarna. De yttre gränserna för detta definierades av den vägslinga som går från Punkt G (Såkevare) i söder, via Punkt T (Tjåkapuouta) och Punkt Q i nordväst, upp mot och förbi avtagsvägen in mot Nausta by i norr och därefter vägsträckan i nordost tillbaka mot Punkt G. I figur 2 finns en karta över merparten av detta huvudområde.



Figur 2. Karta över det markområde inom vilket sensorspaningen med Eagle koncentrerades. Punkt G (Såkeväre) återfinns i nederkanten av bilden medan Nausta by är belägen på östra delen av den halvö som skjuter ut i Naustasjön (Naustajaure). I det pålagda rutnätet motsvarar varje delruta en yta om 2 x 2 km². (Karta: Copyright Lantmäteriverket 2001. Ärende nr L2002/308).

3 Sensorer

3.1 Eagle UAV

Leverantör för den inhyrda UAV:n Eagle 1 är EADS med IAI (Israel Aircraft Industries) som underleverantör. Figur 3 visar Eagle 1 utanför hangaren Arena Arctica vid Kiruna flygplats under proven 30 maj till 10 juni 2002. Prestanda för Eagle 1 sammanfattas i tabell 1.



Figur 3. UAV:n Eagle 1 på Kiruna flygplats utanför Arena Arctica. (Foto: Rymdbolaget).

Tabell 1. Prestanda för Eagle UAV, gällande plattformstypen med beteckningen Eagle 1.

Max. flyghöjd	25000 ft
Operativ flyghöjd	20000 ft
Max. flygfart	120 knop
Typisk flygfart vid 20000 ft	80-110 knop
Max. uppdragstid	30 tim
Max. startvikt	1100 kg
Max. bränsle	400 kg
Motoreffekt (Rotax 914)	115 hp
Flygkropp - vingspann	16.6 m
- längd	8.7 m
- höjd	2.3 m
Nyttolast - max. vikt	250 kg
- max. volym	643 liter
- max. effekt	5 kW

3.2 Sensorlast på Eagle

Under FMV:s prov hade Eagle både radar- och optroniksensoer. Sensorerna valdes med tanke på en framtida markmålsspaningsuppgift. Radar och optronik har i det sammanhanget kompletterande förmågor, dvs. radar har allvädersförmåga och stor yttäckning medan optronik har hög detaljupplösning men kräver å andra sidan goda väderleksförhållanden.

Sensordata från Eagle 1 samlades in, processades och länkades i realtid till en markstation som var placerad vid Kiruna flygplats. Data analyserades av bildtolkar på marken tillsammans med bl.a. kartmaterial. Tolkningen låg sedan till underlag för sensorstyrning och planering av kommande flyglöpor. Ibland skedde även en dynamisk omplanering av flyglöpor för att understödja spaningsuppgiften. Slutligen dokumenterades arbetet i form av spaningsrapporter, åtminstone i fallet radarspaning i SAR-mod där ifyllda formulär överlämnats till FMV.

3.2.1 Mikrovågsradar

I samband med flygningarna i övre Norrland var Eagle utrustad med en markspaningsradar av modell EL/M-2055D som utnyttjar K_u-bandet (12-18 GHz). Det exakta frekvensbandet är f.n. inte känt men det kan antas att det överensstämmer med ITU:s regler för radiofrekvensanvändning. Enligt detta regelverk är både 13.4-14.0 respektive 15.7-17.3 GHz tillgängliga för radar. Den använda radarvåglängden är således ca 2 cm.

Tabell 2 sammanfattar viktiga systemparametrar för radarutrustningen. Antennen är en mekaniskt styrbar plan gruppantenn med en antennförstärkning på 32 dBi. Utgående från antennens längd och motsvarande lobbredd i azimuth kan man dra slutsatsen att radarsystemet troligen opererar på det lägre av de två delbanden inom K_u-bandet, dvs. 13.4 – 14.0 GHz.

Tabell 2. Systemparametrar för mikrovågsradar på Eagle.

Frekvensområde	K _u -band
Sändeffekt (topp)	400 W
Brusfaktor	5 dB
Pulsmodulation	Linjär frekvensmodulation (FM)
Dynamik	80 dB
Antenntyp	Plan gruppantenn (monopuls i azimuth)
Antennförstärkning	32 dBi
Antennarea (azimut x elevation)	70 cm x 17 cm
Antennlobvinkel (-3dB)	
- azimuth	1.6°
- elevation	7.2°
Antennutstyrning	
- azimuth	±135°
- elevation	+10° till -30°
Systemvikt	50 kg
Effektåtgång	1 kW
Datalänk	2 Mbps

Radarsystemet kan opereras i ett flertal moder beroende på uppgift: SAR strip ("stripmap"), SAR spot ("spotlight") och GMTI. De två förstnämnda SAR-moderna kan upptäcka och lokalisera fasta mål, dvs. mål som står stilla under integrationstiden. Skillnaden mellan strip- och spotmod är att antennens pekriktning är fast i stripmoden medan den i spotmoden justeras kontinuerligt för att hela tiden peka mot ett visst målområde. Det senare gör att integrationstiden ökar och därmed blir bildupplösningen i flygriktningen finare i spotmoden. Priset man får betala för den högre upplösningen är att det avbildade områdets storlek samtidigt minskar. Bandbredden hos den utsända radarpulsen ökas som regel i spotmod så att samma upplösning uppnås i avstånd. Den tredje och sista konfigurationen är GMTI-moden med vilken upptäckt och lokalisering av rörliga mål kan göras. Mätprincipen bygger på att diskriminera de rörliga målen från de fasta med hjälp av Dopplerfrekvens hos den mottagna signalen. De rörliga målen kan således upptäckas när de har en Dopplerfrekvens som ligger utanför det förväntade intervallet som definieras av antennloben för fasta mål. Det innebär att det krävs en lägsta hastighet på de rörliga objekten för att de skall kunna detekteras.

I SAR-moderna erhålls läget för måldetektionerna genom att beräkna bäring och avstånd ur radarrådata. Bäring till målet fås ur signalens Dopplerfrekvens eftersom denna endast beror av plattformens hastighet, utsänd frekvens och bäring till målet. Det gäller dock endast fasta mål. För rörliga mål beror Dopplerfrekvensen även av målets hastighet. Antennsystemet är därför också utrustat med monopulsmätning vilket ger en bäringsinmätning även för rörliga mål.

Förmågan att upptäcka och känna igen fasta mål i SAR-bilder är i huvudsak beroende av förhållandet mellan målsignal och bakgrund. För mikrovågsradar gäller oftast att mål-bakgrundsförhållandet ökar för finare upplösning i SAR-bilden vilket gör det fördelaktigt att ha så hög upplösning som möjligt. Nackdelen är dock att systemets yttäckningskapacitet blir lidande eftersom det avbildade områdets storlek minskar. Denna yta definieras ytterst av det maximala antalet bildpunkter som sensor- eller ledningssystemets tillgängliga databandbredd kan hantera och vilken datareduktion som kan åstadkommas i plattformen. I ett operativt scenario måste man därför inför varje deluppgift göra en lämplig avvägning mellan rumslig upplösning och yttäckning. Det är därför viktigt att SAR-systemet har funktionalitet inbyggd så att man kan dynamiskt styra dessa parametrar beroende på uppgift. Några karakteristiska parametrar för radarsystemets tre funktionsmoder ges i tabell 3, 4, och 5. Informationen kring plattformen Eagle 1 samt dess sensorsystem har till stor del hämtats från de presentationer som gavs vid ett seminarium i Kiruna och som anordnades under försöksperioden [2].

Tabell 3. SAR stripmod på Eagle.

Min. avstånd	10 km
Max. avstånd	40 km
Stråkbredd	12 km
Upplösning	3 x 3 m ²

Tabell 4. SAR spotmod på Eagle.

Min. avstånd	10 km
Max. avstånd	30 km
Bildstorlek	1.5 x 1.5 km ²
Upplösning	1 x 1 m ² , sub-meter
Utstyrningsvinkel	± 20° (rel. tvärsriktning)

Tabell 5. GMTI-mod på Eagle.

Max. avstånd	40 km
Stråkbredd	12 km
Typisk stråklängd	20-30 km
Minsta detekterbara markfart	5.5 km/h
Ustyrningsvinkel	$\pm 135^\circ$ (rel. framåtriktning)

3.2.2 Elektrooptisk och infraröd sensor

Under UAV-demonstrationen var Eagle också utrustad med EO- och IR-sensor. Båda sensorerna var monterade på en gemensam gyrostabiliserad plattform (gimbal) vars karakteristik sammanfattas i tabell 6.

Bildsensorerna har förmåga att zooma och panorera över ett stort vinkelintervall. Med den längsta fokallängden kan mål avbildas med hög upplösning förutsatt att goda siktförhållanden råder. Tabell 7 och 8 sammanfattar prestanda för EO- respektive IR-sensorn. Avståndet för upptäckt och igenkänning av en stridsvagn anges vid goda siktförhållanden (definierat för marksikt 23 km plus ytterligare några ansatta miljöparametrar). I Appendix A ges ett antal EO- och IR-exempel från försöket som illustrerar olika grader av zoomfaktor.

Tabell 6. Gyrostabiliserad plattform (gimbal).

Diameter	360 mm
Vinkelhastighet	$30^\circ/\text{s}$
Vinkelacceleration	$60^\circ/\text{s}^2$
Riktningstabilisering	25 $\mu\text{rad}/\text{axel}$
Vikt	35 kg
Effekt	300 W

Tabell 7. EO-sensor (TV-kamera).

CCD bildpixlar	768 x 582
Känslighet	0.8 Lux
Spektralband	0.5 - 0.65 μm
Fokallängd	20 - 770 mm
Synfält	
- horisontellt	0.36° - 13° (för 1/3" CCD)
- vertikalt	0.27° - 10.1° (för 1/3" CCD)
Räckvidd (Johnsonkriterium*)	
- upptäckt, stridsvagn	49 km
- igenkänning, stridsvagn	23 km

*Upptäckt: 1 linjepar över mål, Igenkänning: 3.5 linjepar över mål.

Tabell 8. IR-sensor.

Fokalplansarray, InSb	256 x 256
Spektralband	3 - 5 μm
Detektorstorlek	30 μm x 30 μm
Fokallängd	600, 150, 32 mm
Synfält	0.73°, 2.9°, 13.0°
Räckvidd (Johnsonkriterium*)	
- upptäckt, stridsvagn	45 km
- igenkänning, stridsvagn	11 km

*Upptäckt: 1 linjepar över mål, Igenkänning: 3.5 linjepar över mål.

3.3 CARABAS-II SAR

3.3.1 Systembeskrivning

CARABAS-II är en lågfrekvent (20-90 MHz) SAR som har stor yttäckningskapacitet (ca 1 km²/s). Den har vidare förmåga att upptäcka fordonsstora objekt vare sig de står öppet, under skogsmaskering, under kamouflage eller har smygegenskaper. SAR-bilder framställs ur radarrådata som samlats in under en flygsträcka. SAR-bilden beräknas på liknande sätt som datortomografibilder, dvs. genom att lösa ett inverst fysikaliskt problem med matematiska metoder. Resultatet är en radarbild av markytan med en rumslig upplösning ned till ca halva våglängden. Den geometriska upplösningen i CARABAS-II är ca 2.5 m.

De unika egenskaperna hos CARABAS-II är förknippade med dess utnyttjande av ovanligt låga elektromagnetiska frekvenser (lägre delen av VHF-bandet). Dessa är ca två tiopotenser lägre än traditionella radarfrekvenser på mikrovågsbandet. Genom de låga frekvenserna fås betydande fördelar avseende inträngning i skog och förmåga att upptäcka smyganpassade mål. Transmissionen genom skog är typiskt större än 50 % även för mycket tät skog.

Utvecklingen av CARABAS har bedrivits som forskningsprojekt på FOI (tidigare FOA) sedan 1985. Projektet har resulterat i två flygburna system, CARABAS-I och CARABAS-II, vilka färdigställdes 1992 respektive 1996. CARABAS-I var en konceptdemonstrator som flögs under perioden 1992-94. Teknikdemonstratorn CARABAS-II utvecklades sedan tillsammans med EMW (Ericsson Microwave Systems) under åren 1994-96 och inkluderade ett antal tekniska förbättringar för att höja systemprestanda [3, 4, 5]. Under åren efter 1996 vidareutvecklades systemet av FOI till en sådan nivå att Försvarsmakten under år 2000 tog ett initiativ att studera en eventuell materielanskaffning. Under år 2002 bedrivs därför en förstudie av FMV, FOI och EMW för att definiera ett nytt flygburet radarsystem, CARABAS-III. Under mellantiden kommer dock CARABAS-II alltjämt att användas för prov- och försöksverksamhet. De viktigaste radarparametrarna som gällde för CARABAS-II under det aktuella försöket i Vidsel finns sammanfattade i tabell 9.

Ett flertal tekniska utmaningar ligger bakom utvecklingen av CARABAS. Figur 4 visar systemet installerat på FMV:s provflygplan TP86 Sabreliner. Det mest slående intrycket av CARABAS-II är de två horisontella kompositcylindrarna monterade framför flygplansnosen. Varje cylinder innehåller ett bredbandigt antennelement i form av en belastad bikon. Elementens utformning och placering är gjorda för att minimera den elektromagnetiska

kopplingen med den metalliska flygplanskroppen och samtidigt minimera inverkan på flygplanets aerodynamiska egenskaper.

Förutom antennsystemet har de största svårigheterna varit förknippade med den tuffa externa radiomiljön inom aktuellt frekvensband (VHF) samt nödvändiga algoritmer för signal- och databehandling. Inom det använda frekvensområdet återfinns en mängd radiotjänster, t.ex. TV och radiokommunikation, vars höga signalstyrkor kan mätta en känslig radiomottagare. CARABAS-II har därför utrustats med högdynamiska och smalbandiga mottagare som samplar data med 14 bitars dynamik över en bandbredd av 2 MHz (en mottagarenhet per antennelement). För signalbehandlingen har nya algoritmer behövt utvecklas för att klara kraven på hög upplösning, stor yttäckningskapacitet och bred antennlob [6]. Signalbehandlingen från radarrådata till SAR-bild utförs f.n. inte ombord utan först efter landning. Bearbetningstider på moderna arbetsstationer från Sun Microsystems (UltraSPARC III CPU med klockfrekvens 900 MHz) ger körtider som är ca 5 ggr längre i förhållande till realtid.



Figur 4. FMV:s provflygplan TP86 Sabreliner med CARABAS-II VHF-band SAR installerad ombord under en flygvapenövning år 2000. (Foto: Försvarets Bildbyrå/Peter Liander).

Tabell 9. Systemparametrar för CARABAS-II VHF-band SAR under Vidselförsök 2002.

Nominell flyghöjd	3 - 6 km
Nominell flygfart	127 m/s
Frekvensband	20 - 86 MHz
Aperturvinkel	90°
Sändeffekt (topp)	500 W
Pulsmodulation	Icke-linjär FM
Antal frekvensband	35 (36 inklusive radiosniff)
Frekvenssteg	1.875 MHz
Centerfrekvenser	21.25 - 85 MHz
Pulsrepetitionsfrekvens	5102 Hz
Pulslängd	15 μ s
Arbetsfaktor	8%
Maximalt avstånd	25.8 km

3.3.2 Förändringsdetektion

Automatisk måldetektion med CARABAS-II VHF-band SAR utnyttjar algoritmisk analys av förändringar mellan bilder. Förändringsanalysen bygger på att samma område avbildas vid olika tidpunkter och att signifikanta avvikelser mellan bilderna detekteras [7]. En "optimal" förändringsbild beräknas utgående från kartriktiga SAR-bilder och deras inbördes kovariansmatris. Förändringsbilden är sålunda en linjärkombination av ursprungsbilderna på sådant sätt att förändringar framhävs jämfört med oförändrade områden. Måldetektioner fås slutligen genom att adaptivt tröskla förändringsbilden och sedan utföra ett antal logiska bildoperationer.

Resultat från förändringsdetektion på CARABAS-bilder har varit mycket goda. Anledningen är huvudsakligen att CARABAS utnyttjar låga frekvenserna i kombination med stor relativ bandbredd. Det innebär att bilderna endast är känsliga för förändringar eller störningar som är större än ca 1 meter. Bilder tagna vid olika tidpunkter uppvisar därför stora likheter med varandra vilket utnyttjas vid förändringsdetektionen. Bilderna är även relativt okänsliga för radiovågens infallsriktning och bilder tagna med skillnader på upp till 10-20° i avbildningsgeometri kan därför utnyttjas med en måttlig reduktion av fullgoda prestanda.

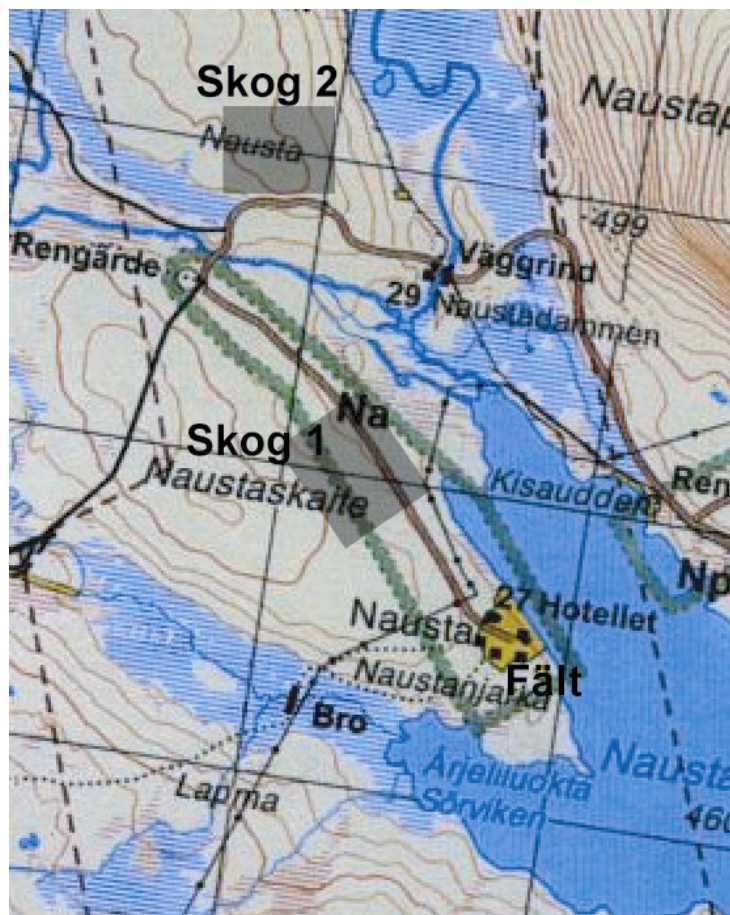
Praktiska erfarenheter med CARABAS-II har visat att antalet falskmål är ca 0.1-1 per km² beroende på mål, bakgrund, avbildningsgeometri och radiomiljö. En källa till falska detektioner är att falska objekt "speglas" in från andra sidan flygbanan genom antennens sidlober. Dessa kan dock sorteras bort om bilder från bägge mottagarantennerna utnyttjas och objektens relativa förskjutning beräknas. För ett operativt system behöver antalet falskmål minskas ytterligare för att i framtiden kunna öka yttäckningskapaciten.

4 Flygningar och målspel

4.1 Målspel inom RFN Vidsele

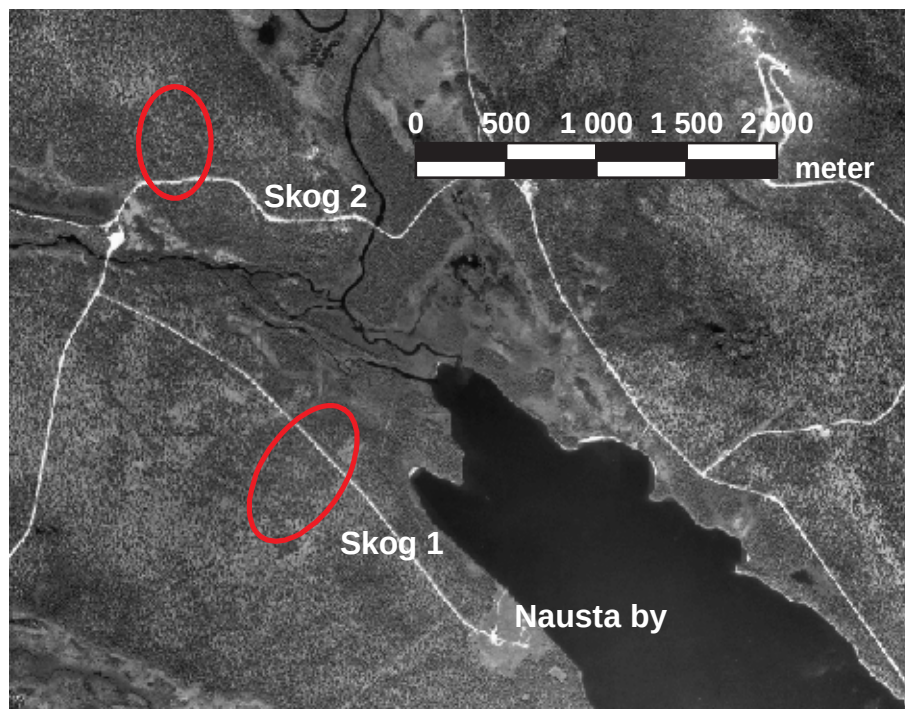
Ett omfattande försöksprogram med målspel på marken genomfördes inom RFN Vidsele under perioden 30 maj till 12 juni 2002. Målsättningen var främst att samla in data med CARABAS-II under kontrollerade förhållanden och därmed få ett statistiskt underlag för att utvärdera systemprestanda. Samtidigt kunde målspelet till del även utnyttjas för utvärdering av Eagles sensorer.

Figur 5 och 6 visar de tre försöksområdenas lokalisering på kartbild respektive ortofoto. Totalt 25 terränggående fordon hyrdes in från Bodens garnison för att utgöra markmål under experimentperioden. Tre fordonstyper ingick: 10 stycken terrängbil 11 (TGB11), 8 stycken terrängbil 30 (TGB30) samt 7 stycken terrängbil 40 (TGB40). TGB40 är något längre än TGB30 och har två bakaxlar. Både TGB30 och TGB40 fanns i några olika utföranden, t.ex. med eller utan kapell samt med eller utan påbyggnad på del av flaket (hytt eller bränsletank).



Figur 5. Karta kring Naustaområdet med de två skogsområdena för CARABAS-II målspel markerade. För målpställningen i öppen terräng utnyttjades den södra delen av fältet kring Nausta by - det gulmarkerade området på kartan. Notera att några av byggnadssymbolerna inom denna del är placerade alltför långt söderut i förhållande till verkligheten. I det pålagda rutnätet motsvarar varje delruta en yta om 2 x 2 km². (Karta: Copyright Lantmäteriverket 2001. Ärende nr L2002/308).

Datainsamlingen med CARABAS-II skedde huvudsakligen mot olika målspele med fordon utplacerade inne i skogen. Radarsensorn avbildade varje specifik målkonfiguration från olika tittriktningar varvet runt och dessutom med ett par olika infallsvinklar. De mest lämpliga sammanhängande partierna med någorlunda kraftig skog fanns inom huvudområdets norra del kring Naustasjön. Två skilda skogsområden identifierades och utnyttjades under försöksperioden med CARABAS-II. De kom att få benämningen skog 1 respektive skog 2. Skog 1 är belägen på ömse sidor av vägen in mot Nausta by, ungefär efter halva sträckan längs avtagsvägen. Skog 2 befinner sig norr om det nordligaste partiet av vägslingan runt hela huvudområdet. Utöver fordonsgrupperingar i skog definierades ett målspele i öppen terräng och här utnyttjades det stora, relativt plana, gräsfältet beläget söder om byggnaderna i Nausta by.

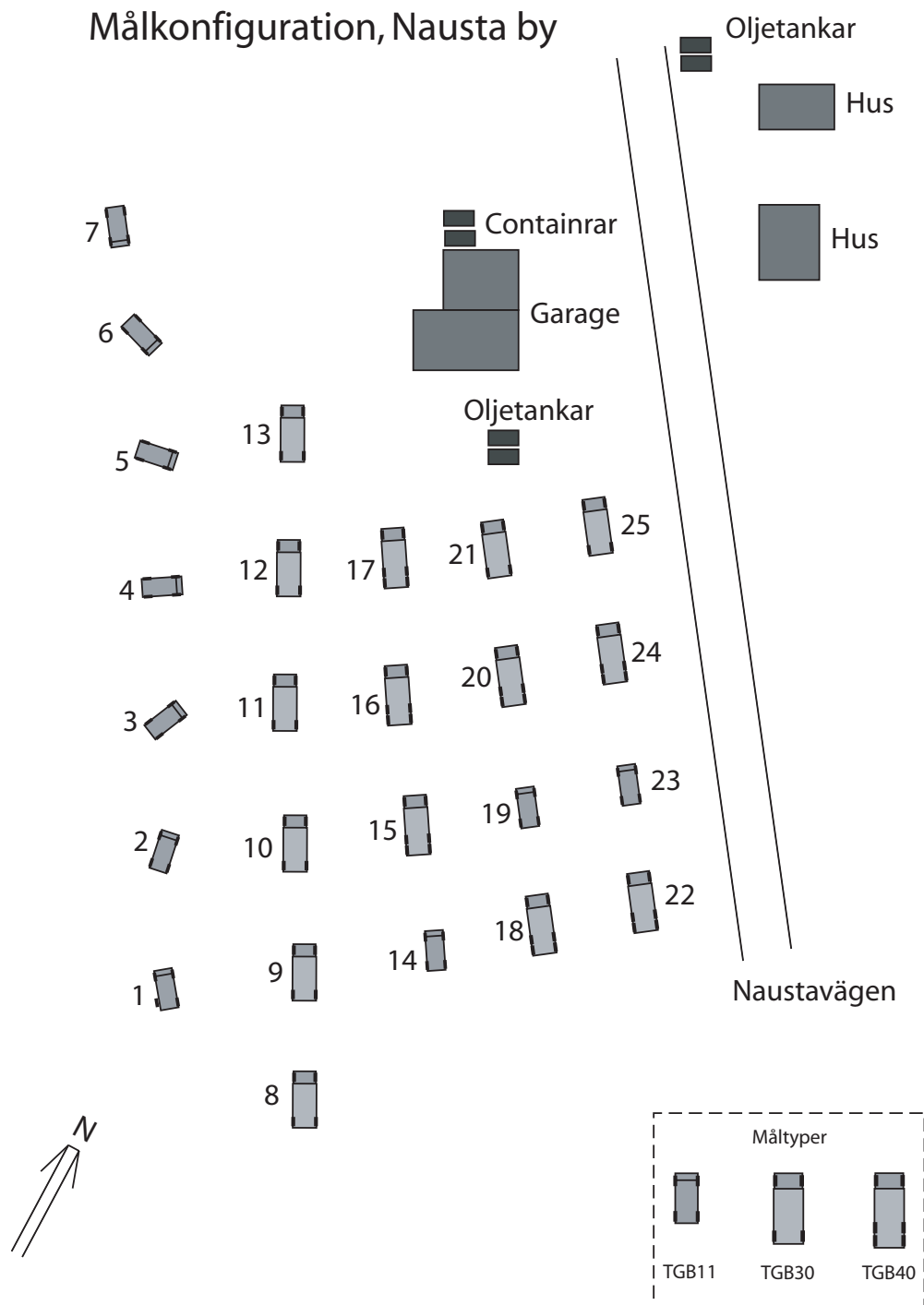


Figur 6. Ortofoto kring Naustaområdet med de två skogsområdena för CARABAS-II målspele markerade. Till skillnad från kartan i figur 5 kan man i fotot se att den södra delen av fältet kring Nausta by är fritt från byggnader. (Ortofoto: Copyright Lantmäteriverket 2001. Ärende nr L2002/308).

4.2 Gemensamma målspele för CARABAS-II och Eagle

Planeringen av målspelet för CARABAS-II gjordes så att en måluppställning på det öppna gräsfältet och en i skog skulle sammanfalla i tid med de planerade dagarna för Eagle-försöken. Endast aktiviteter i skog 1 kom att inrymmas under den gemensamma tidsperioden.

Målkonfigurationen på det öppna fältet med samtliga 25 fordon fanns på plats under måndagen 3 juni. Uppställningen vid Nausta by finns schematiskt inritad i figur 7 med unika symboler för de tre fordonstyperna. Som framgår av skissen har samtliga TGB30 och TGB40 samt tre TGB11 en enhetlig upplinjerings, med förarhytten pekande mot magnetisk kurs 328°. Resterande TGB11 fordon har däremot en varierande riktning.

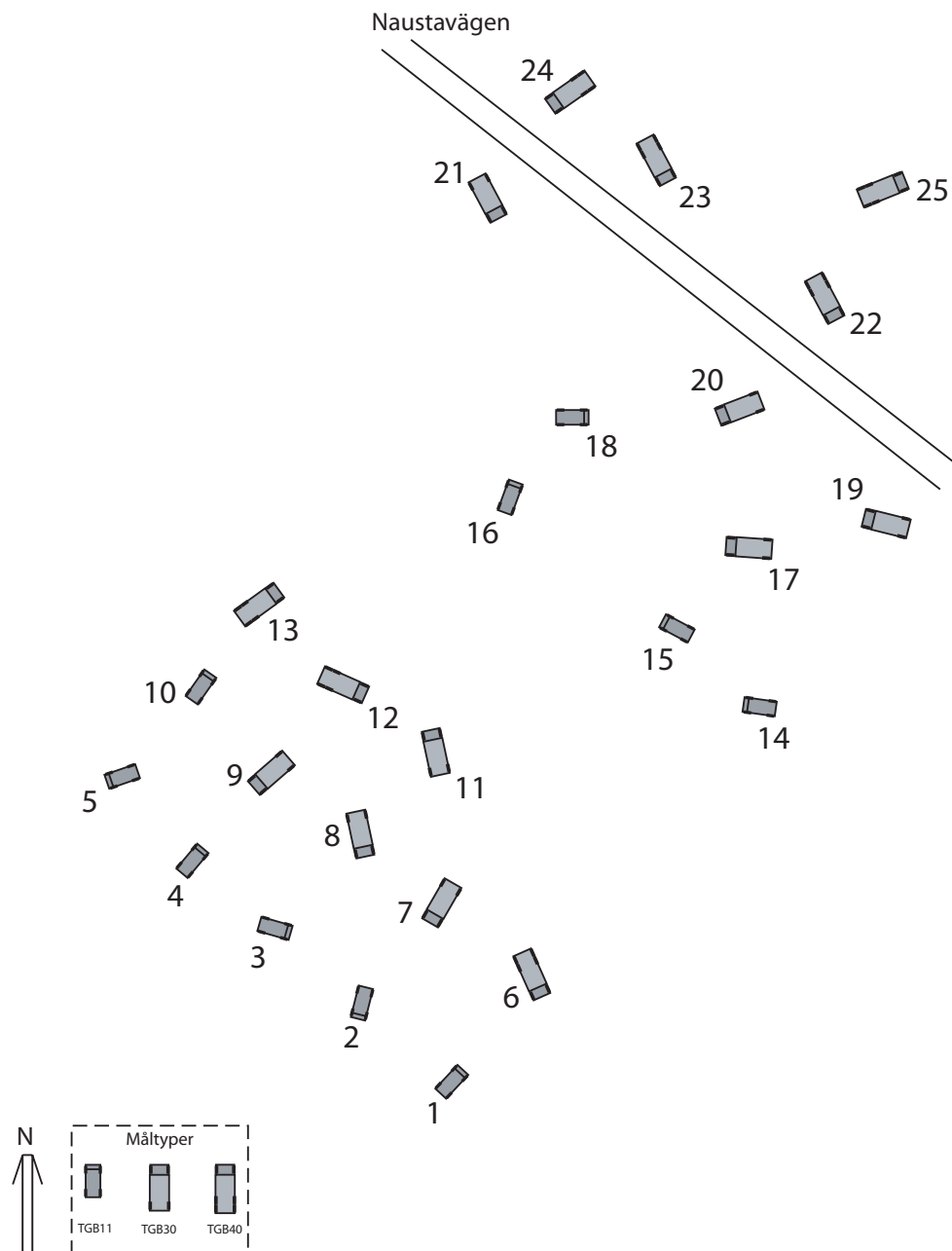


Figur 7. Måluppställning på det öppna gräsfältet vid Nausta by under måndagen 3 juni.

Efter att måluppställningen rivits och fordonen omgrupperats mättes deras position in via en markbunden GPS-utrustning och med mätpunkten definierad så nära mittpunkten av respektive fordon som möjligt. GPS-data har bearbetats som en differentiell mätning med hjälp av Arjeplogs GPS-station som ingår i det nationella SWEPOS-systemet. Samtidiga data från denna station har också utnyttjats då flygbanorna för CARABAS-II rekonstruerats med hög noggrannhet baserad på fasdifferentiell GPS-teknik. De framräknade GPS-värdena för de 25 fordonspositionerna på det öppna fältet i Nausta by finns sammanställda i Appendix B, tabell B-1.

Målspellet i skog 1 visas i figur 8 och motsvarande GPS-inmätta positionsvärden finns sammanställda i Appendix B, tabell B-2. I figurerna 9 till 11 visas exempel på ett fordon av vardera modelltyp från detta målspel.

Målkonfiguration, skog 1



Figur 8. Måluppställning i skog 1 under torsdagen 6 juni till och med söndagen 9 juni. Redan 4 juni fanns dock fordon på plats men då endast målen med ID-nummer 14-25.



Figur 9. Terrängbil 11 (TGB11) i skog 1. Bilen har ID-nummer 18 i figur 8.



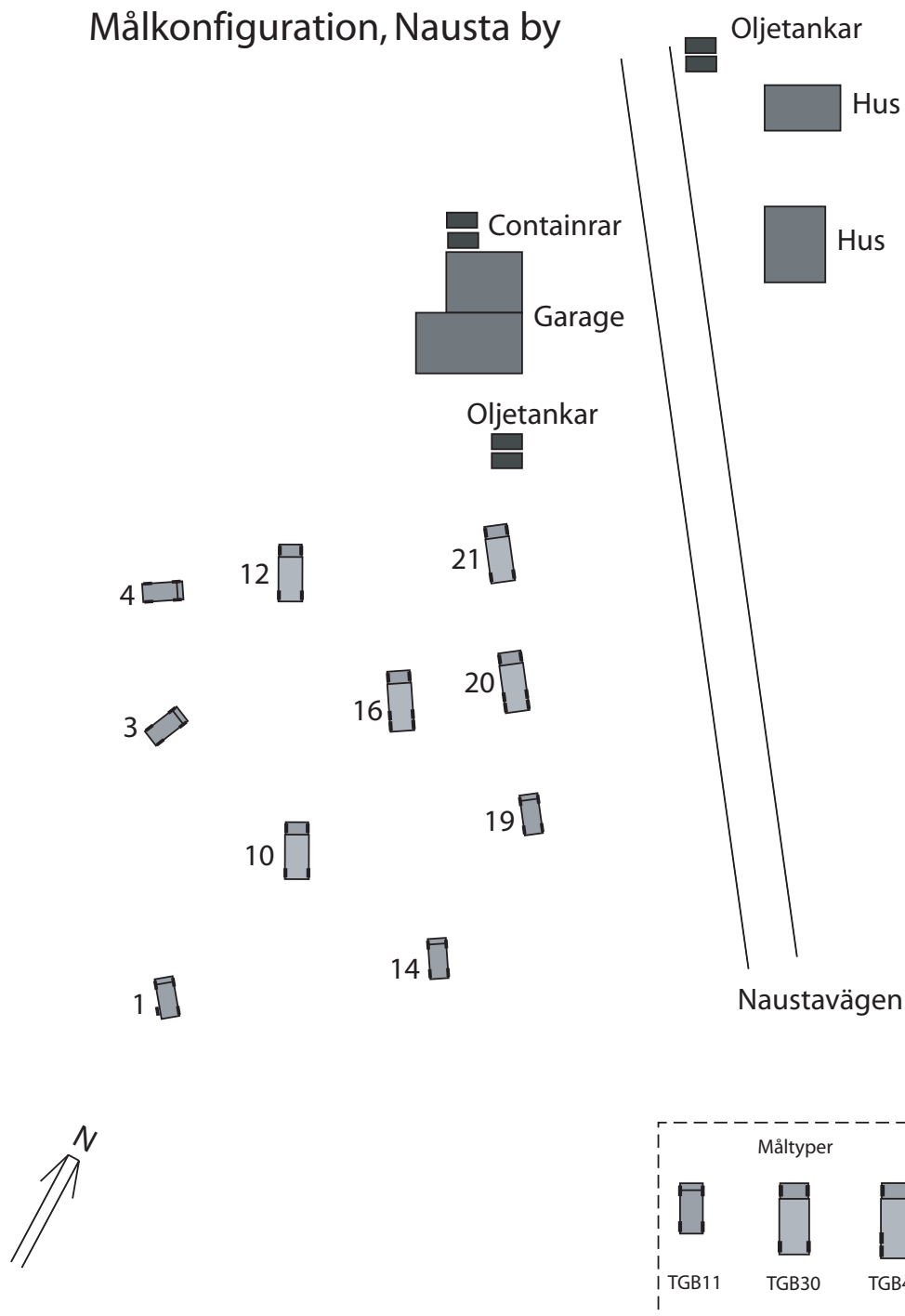
Figur 10. Terrängbil 30 (TGB30) i skog 1. Bilen har ID-nummer 20 i figur 8.



Figur 11. Terrängbil 40 (TGB40) i skog 1. Bilen har ID-nummer 22 i figur 8.

I den ursprungliga planeringen var det tänkt att målspelet i skog 1 enligt figur 8 skulle etableras redan under tisdagen 4 juni. Sent på måndagen 3 juni fick dock FOI-gruppen indikationer från Kiruna att Naustaområdet troligen inte hade avbildats av Eagle under dagen. Andra markytor inom eller strax intill huvudområdet för sensorspaningarna hade dock registrerats med radarsystemet, t.ex. fasta installationer vid Punkt P (Palja), Punkt V (Vuolpåive), Punkt T (Tjåkapuouta) och Punkt Q.

För att säkerställa att en målkonfiguration i öppen terräng skulle finnas tillgänglig även under tisdagen 4 juni, samtidigt som det praktiska arbetet med att finna lämpliga färdvägar för förflyttningen till och uppställningen av fordonen i skog 1 inte skulle fördröjas alltför mycket, improviserades ett nytt målspele. Tio av fordonen lämnades kvar i samma position som under måndagen på det öppna fältet vid Nausta by enligt skissen i figur 12. Fem av dessa återfinns i figur 13 där också markeringar med träpinnar för några av de positioner som innehöll fordon dagen innan kan skönjas. Tolv fordon förflyttades och fyllde upp det nordliga av de två huvudområdena i skog 1 enligt figur 8, dvs. målnummer (ID-nummer) 14 till 25. Tre bilar var också fria att kunna sättas i rörelse i den händelse att Eagle under delar av flygpasset 4 juni även skulle opereras i GMTI-mod för att leta efter rörliga mål. Med facit i hand blev detta dock inte fallet.



Figur 12. Måluppställning på det öppna gräsfältet vid Nausta by under tisdagen 4 juni.

Ett försök till kontrollerat målspele för att utvärdera upptäckt av rörliga mål med Eagles sensorer hade definierades på förhand och kom att utföras under torsdagen 6 juni. Fyra fordon, två TGB11 och två TGB30, åkte i kolonn runt hela vägslingan som definierade huvudområdet för sensorspaningen och färdades med en typisk separation för landsvägskörning. Ett varv medurs från avtaget mot Nausta by inledde det rörliga målspelet och en fart omkring 40 km/h upprätthölls. När första varvet var avslutat kortades programmet till endast halvvarv längs den östliga delen, med ändpunkter definierade av korsningen mot Tårrojaur respektive Punkt G. Två halvvarv med farten 40 respektive 20 km/h kom att fullbordas innan information från Kiruna annonserade att UAV-mätningarna kring RFN Vidsel hade avslutats klockan 14.25. Utöver detta rörliga målspele körde också ett fordon

under samma tidsperiod från T-korset mot Nausta fram och tillbaka till Nausta by, en sträcka om ca 3 km. Farten var antingen kring 20 eller 40 km/h under varje förflyttning och fordonsmodellen växades mellan en TGB11 och en TGB30. I Appendix B finns en sammanställning av olika klockslag som noterades på marken för fordonen under det rörliga målspelet.



Figur 13. Fem av de terrängbilar som fanns på det öppna fältet vid Nausta by under tisdagen 4 juni. Fordonen från höger till vänster motsvarar individerna 4, 3, 1, 12 och 10 enligt måluppställningen i figur 12. De ingick också under det större målspelet dagen innan enligt figur 7. Fotot ger även en uppfattning om gräsyntans skrovlighet inom det platta markområde som utnyttjades för avbildning av mål i öppen terräng.

På det öppna fältet vid Nausta by – strax norr om målspelet i öppen terräng - fanns också radarreflektorer uppmonterade. Två stycken av mindre dimension anpassade för Eagle (K_u -bandet) och en större anpassad för CARABAS-II (VHF-bandet). De två mindre bestod vardera av fyra trihedraler som placerats rygg mot rygg för att täcka in godtyckliga tittriktningar. Den korta sidan hos dessa trihedraler är 71 cm. För CARABAS-II krävs betydligt större dimensioner då radarsystemets utsända våglängder är betydligt längre. Den använda trihedralen har en motsvarande sidlängd om 5 m. För att i detta fall kompensera för olika tittriktningar fick istället en manuell vridning utföras av två personer inför varje ny flygkurs. Reflektorn avsedd för VHF-bandet visas på plats i figur 14. Genom att analysera utseendet från en trihedral i SAR-bilden kan olika systemparametrar uppskattas, t.ex. upplösning. Med hjälp av dess radarsignatur som referens kan också radarmålarean hos andra avbildade objekt beräknas.



Figur 14. Radarreflektor (tri-hedral) för CARABAS-II placerad nedanför "hotellet" i Nausta by. Genom att lyfta i de två ytterhörnen och vrida kring det inre hörnet kan reflektorn justeras så att den pekar vinkelrätt mot varje flygbana.

4.3 Eagle flygprogram

Totalt utfördes sex stycken flygningar med Eagle enligt tabell 10. Vid de tillfällen då RFN Vidsel ingick i spaningsuppdraget varade en flygning från start till landning i Kiruna under en tidsrymd om fem till sex timmar.

Målet med FMV:s UAV-försök var att demonstrera planering och genomförande av flygningar med en UAV inom okontrollerat och kontrollerat luftrum, såväl militärt som civilt, samt att i Sverige få en första erfarenhet av att operera och utnyttja denna typ av plattform. I syfte att öka möjligheterna att i framtiden kunna samutnyttja luftrummet mellan obemannade och bemannade enheter hade Eagle UAV även försetts med ett transpondersystem enligt standarden VDL Mode 4 (Mobile transponder VDR 4000). Denna utrustning fanns monterad under samtliga flygningar och kunde kontinuerligt rapportera aktuellt läge samt ta emot rapporter från andra enheter enligt en internationellt antagen standard för positionering av luftfarkoster (ICAO Standard and Recommended Practices (SARPS)). För vidare information om plattform, planerade flygningar, restriktionsområden, nödgärder vid plattformproblem etc., se FMV:s planeringsdokument [8].

Tabell 10. Eagle-flygningar under försöksperioden. Kommentarer avser endast vad sensorerna lyckades registrera inom området RFN Vidsel.

Datum	Syfte	Kommentar
2002-05-30	Systemverifiering	I närområdet till Kiruna flygplats under ca 1 h.
2002-06-03	Militär flygning	Mycket moln kring RFN Vidsel. Endast radardata tillgängligt över området.
2002-06-04	Militär flygning	Mycket moln kring RFN Vidsel. Endast radardata tillgängligt över området.
2002-06-05	Militär flygning	Risk för åskväder. Flygningar endast kring Kiruna.
2002-06-06	Militär flygning	Betydligt mindre molnigt kring RFN Vidsel. Alla typer av sensordata tillgängliga.
2002-06-10	Vetenskaplig flygning	Test med partikelräknare över Esrangeområdet.

Möjligheten att ur ett militärt perspektiv utvärdera sensorerna ombord på Eagle blev en tilläggs möjlighet till det primära syftet med UAV-försöket, dvs. att skaffa flygoperativa erfarenheter med denna typ av storlek på obemannad plattform. Därutöver gavs också tillfälle att genomföra en vetenskaplig flygning, vilken enligt tabell 10 inkluderades under det sista flygtillfället. Intressant bakom detta program var Meteorologiska Institutionen vid Stockholms Universitet och under genomförandet hade en extra utrustning i form av en partikelräknare monterats in i UAV:n.

I det efterlämnade materialet från Eagle-försöket har ingen sammanställning funnits att tillgå med UAV:ns banddata under de tidpunkter där sensordata samlats in. Resultaten i föreliggande rapport utgår i fallet radar från de CD-skivor med radarbilder som överlämnats av FMV till FOI. Detta material karakteriseras av att det förmodligen hanterats av operatörerna som efter en genomgång sparar undan det tillsammans med t.ex. täckningskartor och bilder med målangivelser överlagrade. Om denna procedur är den enda möjligheten att lagra undan nedlänkade radarbilder så är genomgångna bildfiler allt som samlats in under försöket. Ett alternativ är att överföring av bildmaterialet till digitalt medium sker omedelbart i samband med att varje enskild radarregistrering tas emot i mottagningsstationen. Operatörerna har i så fall valt ut en delmängd för fortsatt analys ur detta större material. Om en sådan mer omfattande mängd radardata från försöket därmed existerar är f.n. inte känt.

En grov uppskattning av aktuella flyghöjder ges av det faktum att pålagda restriktioner på flygningen innebar att plattformen befann sig kring RFN Vidsel inom höjdsegmentet 20000 till 25000 fot, med en nominell höjdhållning på 22000 fot. Vid de tillfällen optroniska bilder är tillgängliga finns information överlagrad i form av ett vektorlager med bl.a. klockslag och avstånd till aktuellt marksegment, se Appendix A. Den datalänk som valdes till försöket har dock inte en kapacitet i överföringshastighet som medger att radar och optronik kan opereras samtidigt varför inga slutsatser kan dras utifrån optiska data om motsvarande parametervärden för radarbilderna. Data från EO/IR-sensorn lagrades inte digitalt utan fördes kontinuerligt över på analoga videoband. För dessa data gäller således att efterlämnat datamaterial motsvarar alla registrerade bildsekvenser.

4.3.1 UAV-flygning måndagen 3 juni

Av de totalt fyra dagar då en militär flygning med Eagle genomfördes var det endast 3, 4 och 6 juni som områden inom RFN Vidsel kunde avbildas. Tabell 10 indikerar vidare att vädersituationen påverkade möjligheten att samla in optiska data. Under måndagen 3 juni var

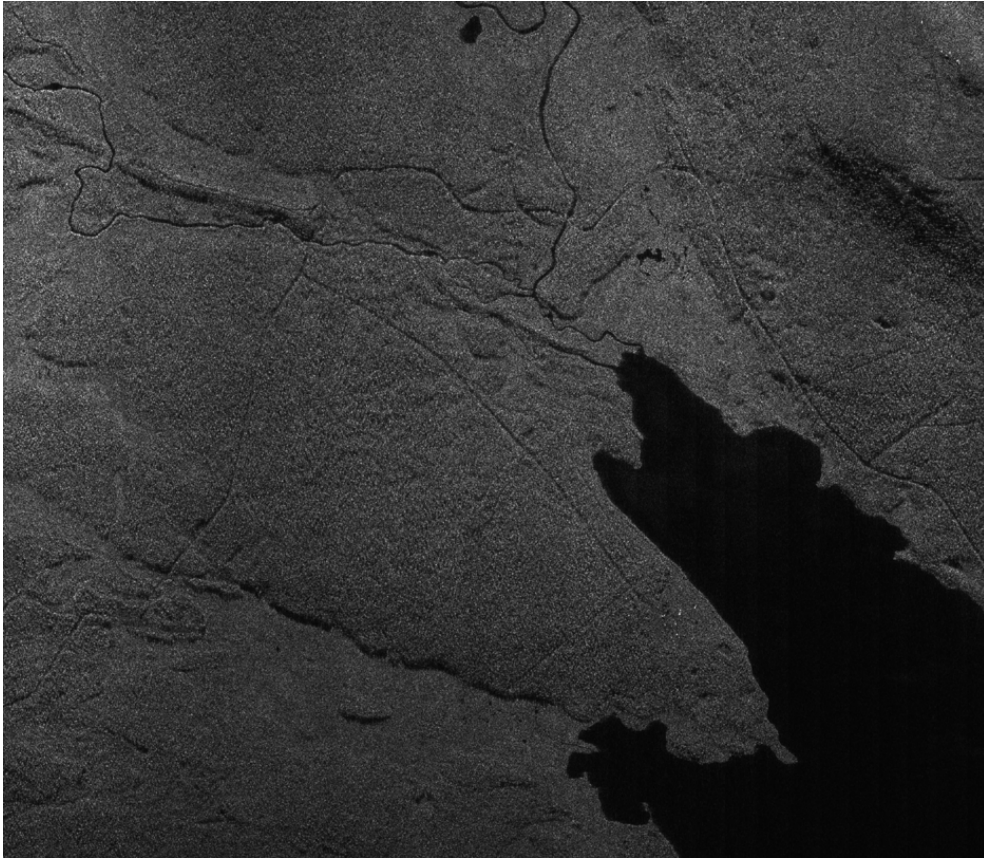
samtliga fordon utplacerade i öppen terräng vid Nausta by men molnsituationen förhindrade att de optroniska sensorerna överhuvudtaget kunde registrera bilder över Vidselområdet. Utgående från tillgängligt material tycks inte heller radarsensorn samlat in data över Naustahalvön denna dag men däremot över andra områden inom RFN Vidsel. Orsaken till detta är inte känd. Enligt uppgift var försöksupplägget vid markkontrollen i Kiruna under flygningar sådant att de medverkande operatörerna/bildtolkarna från leverantören, vilka har gedigen erfarenhet av sensorerna, fick i uppgift att spana inom och i närheten av den vägslinga som definierade huvudområdet men utan att i detalj ha kännedom om var exakt målspelet fanns lokaliserat. Då detta var första dagen med sensorerna i operativ drift och en rad besökare fanns i lokalerna var det som en svensk representant uttryckte det ”många viljor om vad som skulle göras och demonstreras”. Möjligen räckte tiden inte till för operatörerna att fånga upp Naustaområdets målspel. Eventuellt kan data finnas tillgängligt ifall de bilder som finns på CD-skivorna endast är en delmängd av allt digitalt radardata som länkats till markstationen.

4.3.2 UAV-flygning tisdagen 4 juni

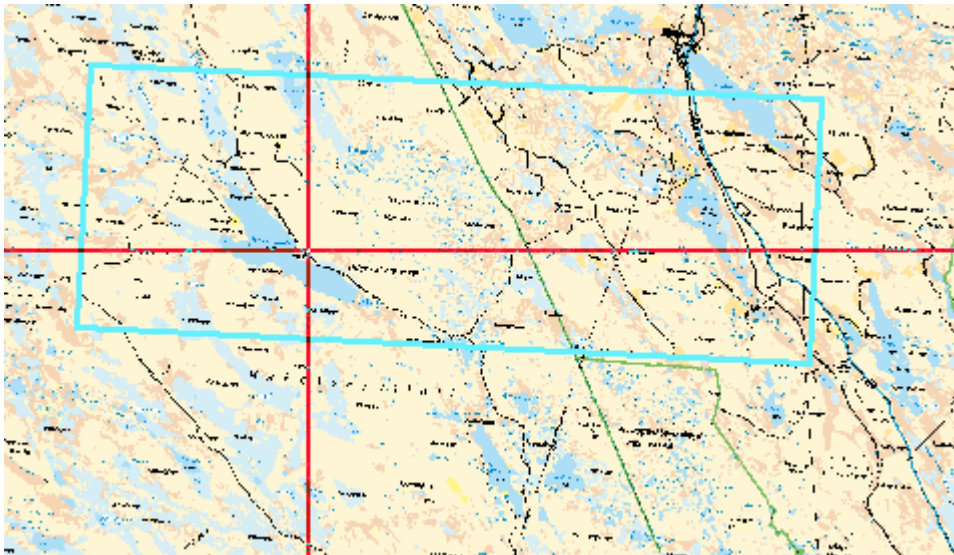
Under tisdagen 4 juni avbildades Naustaområdet av Eagle men endast med SAR-systemet. Den öppna fordonskonfigurationen enligt det improviserade målspelet i figur 12 finns registrerad med radarsensorn opererande i såväl lågupplöst stripmod som högupplöst spotmod. Skog 1 med tolv fordon i position 14 - 25 enligt figur 8 avbildades också men endast vid ett tillfälle och då i den lågupplösta stripmoden. Figur 15 återger ett utsnitt kring Naustaområdet från en större SAR-bild som samtidigt utgör den enda registreringen i befintligt material där såväl Nausta by som skog 1 och skog 2 innehålls i samma radarscen. Ur denna bild kommer såväl områden kring skog 1 som det öppna fältet att extraheras för att i kapitel 5 visa resultat med en lågupplöst SAR-mod.

I avsaknad av detaljer kring plattformens flygbana under radaravbildning kan man från motsvarande bildinformation ändå dra vissa slutsatser. Ett exempel är att studera på vilken sida kring olika höjdformationer som en mörkare ton syns i SAR-bilden. Dessa sidor sluttar bort från radarbelysningen och kan till och med hamna i skugga vid kraftig topografi och flackt infall. Vid berget Naustapuouta i figur 15 identifieras en mörkare del på dess syd/sydvästra sida vilket indikerar att radarbelysningen har riktats mot markområdet från en flygbana som befunnit sig nord/nordost därom.

I det erhållna SAR-materialet finns som regel även en tillhörande bild med en karta på vilken en turkos rektangel överlagrats för att visa den yta som motsvarande radarbild täcker. Ofta stämmer rektangelns utsträckning väl överens om man gör en detaljerad jämförelse med radarbilden. Orsaken till de fall då en stor diskrepans mellan karta och radarbild föreligger är inte känd. Möjligen indikerar rektangeln en planerad uppdragsstyrd täckning med SAR-sensorn men om registreringen av något skäl måste avbrytas i förtid blir radarbilden mindre än vad kartan anger. Ursprungsbilden, ur vilken utsnittet i figur 15 gjorts, visar vid en jämförelse god överensstämmelse med det angivna rektangelområdet i tillhörande kartbild. I figur 16 återges denna kartbild. Rektanglarnas utsträckning ger också en ungefärlig kurs (alternativt kontrakurs) för plattformen under registreringen då SAR-bilderna är representerade så att ena bildriktningen är parallell med flygbanan. En genomgång av samtliga kartbilder som tillhör registreringar över Naustaområdet visar att datainsamlingen i dessa fall skett från en öst-västlig (alternativt väst-östlig) flygkurs med en uppskattad variation inom plus minus tio grader.



Figur 15. Naustahalvön registrerad tisdagen 4 juni av Eagles K_u -band SAR i lågupplöst stripmod, dvs. med en upplösning på ca $3 \times 3 \text{ m}^2$. För att orientera sig i bilden kan kartan i figur 5 liksom ortofotot i figur 6 vara till hjälp. Punkt N (Naustapuouta) syns i bildens övre högra del. Bilden är ett utsnitt ur filen "L0502_00.bmp" i Appendix C.



Figur 16. Kartbild som hör samman med den större SAR-bild ur vilken radarscenen i figur 15 skurits ut. Naustasjön syns sydväst om skärningspunkten för de röda linjerna. Den turkosa rektangeln anger utsträckningen av det avbildade området vilket i det här fallet stämmer bra vid en jämförelse med den större radarbilden. Kartbilderna tycks generellt vara lagrade digitalt via en "skärmdump" vilket gör att läsbarheten på kartan blir dålig många gånger. Kartan representerar hela filen "M0502_00.bmp" i Appendix C.

4.3.3 UAV-flygning torsdagen 6 juni

Tredje och sista mät dagen över Naustaområdet blev torsdagen 6 juni. Denna dag var väderlekssituationen betydligt bättre och det är således det enda tillfället då optiska data kunde registreras. I det målspelet som var förberett denna dag var samtliga fordon på position i skog 1 enligt figur 8 under inledningen av spaningsflygningen. En bit in i programmet beordrade markkontrollen i Kiruna att målspelet med rörliga mål skulle påbörjas vilket innebar att lastbilarna med beteckningen 14, 15, 17, 18, 19 och 20 kördes ut ur skogen och inledde det tidigare beskrivna körschemat på vägslingan samt längs vägen till Nausta by.

Under torsdagen 6 juni har det öppna fältet vid Nausta by avbildats med både lågupplöst och högupplöst SAR-mod. På det öppna fältet fanns denna dag inga fordon uppställda och jämförelse med motsvarande bildmaterial från tisdagen 4 juni med fordon på plats kan därmed göras. I det genomgångna materialet har däremot inga registreringar hittats som nått ända upp till skog 1 varför detta område bara har avbildats med radar vid ett tillfälle, dvs. 4 juni med låg upplösning och med tolv fordon på plats bland träden.

Även vid de tillfällen då EO/IR-systemet opererades under torsdagen 6 juni blev främst Nausta by avbildad. Under några korta sekvenser skymtar man visserligen skog 1 men samtidigt förflyttas gimbalen i snabb takt för att byta sökområde till Punkt N (Naustapuouta) och därmed blir de enskilda bilderna suddiga och omöjliggör en detaljanalys för att se om något av fordonen i skog 1 kan urskiljas. En översiktlig EO-bild över Nausta by återfinns i figur 17.



Figur 17. EO-bild över Nausta by. Ur ortofotot i figur 6 framgår att området för skog 1 ligger på ömse sidor av vägen ett stycke bortom den udde som syns i videobildens övre högra hörn. Bland parametrarna som finns överlagrade på bilden återfinns "RNG" som anger att avståndet mellan sensorn och markavsnittet i detta fall är ca 9 km.

4.4 Tillgängliga sensordata från Eagle

Data från EO/IR-sensorn länkades ned till markstationen i Kiruna i form av en analog videosignal och lagrades kontinuerligt på videoband (Super-VHS, dvs. analogt lagrat kompositvideo). Någon överföring av optroniska data i digital form fanns således inte och har sin orsak i ett förbiseende vid kontraktskrivningen. Till denna rapport har därför endast digitalisering av videobilder från banden kunnat utföras varför den återgivna bildkvaliteten i rapporten är försämrade i förhållande till de originaldata som levereras av sensorsystemet.

Eagle-systemet samlade in sensordata även under anflygning mot och tillbaka från RFN Vidsele. I Appendix C finns en sammanställning av samtliga SAR-bilder som återfinns på de CD-skivor som erhållits efter försöket och som legat till grund för radardelen i denna rapport. Någon eller några geografiska platser ges som kommentar till varje enskild bild. I fallet med detektion av rörliga mål med radarsystemet i GMTI-mod är dessa överlagrade på en karta och inte på en SAR-bild varför radarbilder saknas i dessa fall.

Ingen av K_a-band SAR-bilderna tycks vara representerade i ett kartriktigt referenssystem. Detta tyder på att den enda justering av bildernas geometri som gjorts är en projektion från det ursprungliga sneddittande bildplanet till ett horisontellt markplan på en medelhöjd för området tagen ur kartan. Ett korrekt sätt att representera SAR-bilden i en kartprojektion vore att istället ta hänsyn till marktopografin genom en digital höjddatamodell över området. Denna metod utnyttjas när CARABAS-bilder transformeras till en kartprojektion.

Det skall också noteras att samtliga SAR-bilder är sparade i bildfilsformatet ”*.bmp” och innehåller en dynamik om 8 bitar per bildpunkt. Detta innebär att starka radarreturer är överstyrda och satta till värdet 255. De två hörnreflektorerna som fanns utplacerade i Nausta by är ett sådant exempel på mål varför dessa ej kan användas för att beräkna upplösningen i SAR-bilderna. Det är dessutom okänt huruvida gråskalan i SAR-bilderna manipulerats i samband med bildpresentationen och det blir därmed också vanskligt att göra relativmätningar mellan icke överstyrda områden i bilderna. För att kunna genomföra en kvantitativ och fördjupad analys av SAR-bilderna är det därför nödvändigt att ha tillgång till eventuella originaldata med en högre intensitetsdynamik.

Operatörerna av SAR-systemet sammanställde också spaningsrapporter för de tillfällen man ansåg sig ha gjort måldetektioner av intresse inom Vidseleområdet. Dessa spaningsrapporter är kopplade till något av filnamnen på SAR-bilderna enligt Appendix C. Spaningsområdet med detektioner ges ett namn och finns det flera måldetektioner införs som regel också en beteckning på ett kluster. Båda begreppen koordinatsätts med värden som förmodligen är tänkta att ange en geografisk tyngdpunkt för området. De enskilda detektionerna finns också koordinatsatta och en övergripande etikett med måltypskategori finns ibland inkluderad, t.ex. fordon eller byggnader.

Koordinaterna i spaningsrapporterna är angivna i referenssystemet UTM (Universal Transverse Mercator) Zone 34. Värdena har räknats om till Rikets Nät (RT90 2.5 gon V) hos Metria/Geo SE. Samtliga spaningsrapporter finns sammanställda i Appendix D. Enstaka konstigheter återfinns bland koordinatvärdena inom en enskild spaningsrapport. Som exempel kan något koordinatpar ligga flera km från resterande. Orsaken till detta är okänd men kan t.ex. bero på mänskliga fel ifall spaningsrapporterna ej automatgenereras.

Till varje bildnamn i spaningsrapporten finns också en förkortning av den radarmod som använts för att generera bilden. Dessa förkortningar har inkluderats i Appendix D men någon definition av systemparametrar från radartillverkaren för respektive mod har ej funnits att

tillgå. En god gissning är att åtminstone "ST" eller "SP" som ingår som del av beteckningen skall utläsas "stripmap" respektive "spotlight" då en god korrelation finns med motsvarande bilds bedömda upplösning vid en okulär besiktning.

4.5 CARABAS-II flygprogram

Under den längre försöksperioden med CARABAS-II, från torsdagen 30 maj till onsdagen 12 juni, genomfördes totalt 150 flyglöpor där SAR-data samlades in. Ett exempel på en SAR-bild från det första flygtillfället med CARABAS-II under perioden återfinns i figur 18. Vid denna tidpunkt var inga fordonsmål grupperade enligt något av målspelet utan alla enheter var istället uppställda tätt intill varandra norr om garagekomplexet i Nausta by. CARABAS-bilderna är generellt projicerade till markkoordinater med hjälp av en digital höjddatabas och därmed kartriktiga. Flygplanet flög på en nominell sydlig kurs väster om området i figur 18 och har därmed belyst radarscenen från vänster. De fasta installationerna uppe på Punkt N (Naustapuouta) syns i övre högra hörnet som starka radarreturer. De ljusa linjesegmenten utgörs av luftburna elledningar eller telefonkablar och är väl synliga när deras orientering är någorlunda parallell med flygbanan upp till en viss övre avvikelse som beror på avbildningsgeometrin och integrationsvinkeln i SAR-bearbetningen. I fallet med CARABAS ger således signaturer från luftledningarna eller metallstängsel en indikation på från vilket håll radarbelysningen härstammar, vid sidan av effekten med skuggfenomen.



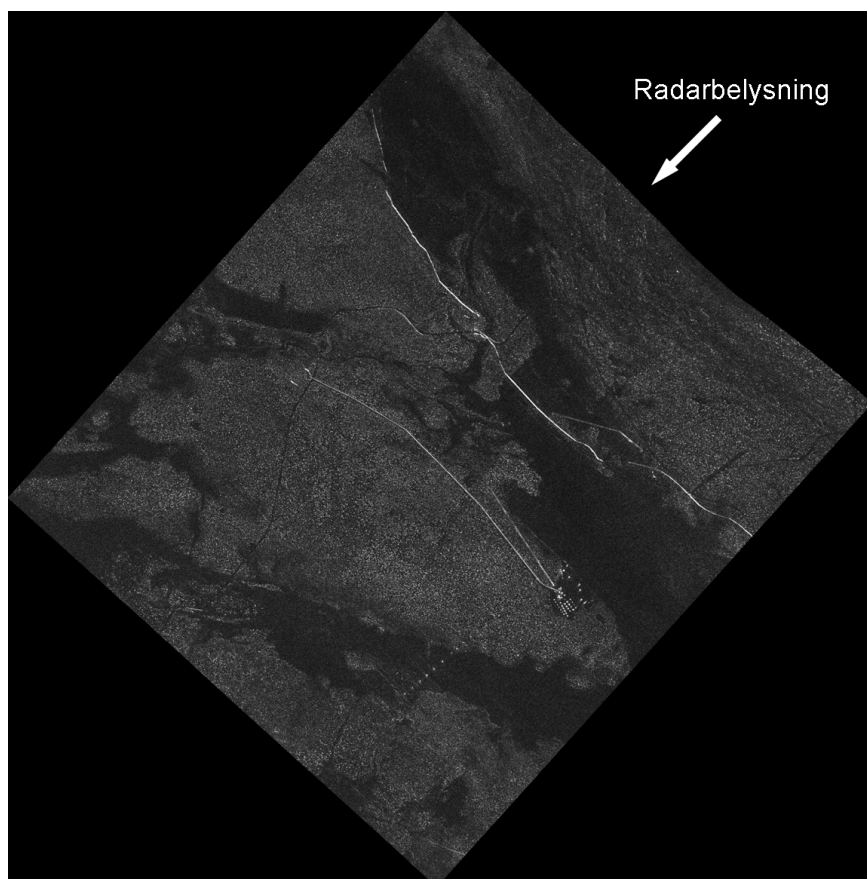
Figur 18. Naustahalvön registrerad 30 maj av CARABAS-II VHF-band SAR, dvs. före försöksperioden med Eagle UAV. För att orientera sig i bilden kan kartan i figur 5 vara till hjälp. Radarscenen är kartriktig och finns inskriven inom en rektangulär yta med storleken $6.1 \times 5.4 \text{ km}^2$.

Under måndagen 3 juni avbildade CARABAS-II VHF-band SAR Nausta by och målspelet med 25 terrängfordon på det öppna fältet i enlighet med figur 7. Data samlades in från fyra vinkelräta flygbanor på en flyghöjd av 5.4 km och med en infallsvinkel av 63° mitt i bilden. I föreliggande rapport visar vi dock endast exempel på CARABAS-bilder från löpor med kurs 315° för att ligga så nära som möjligt Eagles bedömda kurs kring 90° (alternativt 270°).

Inga CARABAS-flygningar genomfördes tisdagen 4 juni och onsdagen 5 juni.

Målspelet med samtliga fordon i skog 1 (se figur 8) finns registrerat från en flygning under torsdagen 6 juni och två flygningar under fredagen 7 juni. Ur detta tillgängliga datamaterial har den bild som genererades med samma avbildningsgeometri som då fordonen stod på det öppna fältet 3 juni valts ut för den fortsatta analysen i denna rapport, dvs. flygkurs 315° och infallsvinkel 63° . Radarregistreringen med dessa parametrar gjordes 7 juni.

I figurerna 19 och 20 visas de två CARABAS-bilderna över Naustahalvön som avbildat området enligt ovan angivna avbildningsgeometri. Figur 19 är från måndagen 3 juni med målspel enligt figur 7, medan figur 20 är från fredagen 7 juni med målspel enligt figur 8. Notera hur flera av de radarsignaturer från ledningar eller stängsel som syns i figur 18 nu har försvunnit medan andra tillkommit i samband med att radarbelysningen ändrats omkring 135° . I vissa fall ser man de enskilda ledningsstolparna istället där man tidigare såg linjestrukturer från kablagen.



Figur 19. Naustahalvön registrerad måndagen 3 juni av CARABAS-II VHF-band SAR. Under denna dag befann sig samtliga 25 terrängfordon på södra delen av det öppna fältet i Nausta by. Radarscenen är kartriktig och finns inskriven inom en kvadratisk yta med storleken $7.7 \times 7.7 \text{ km}^2$.

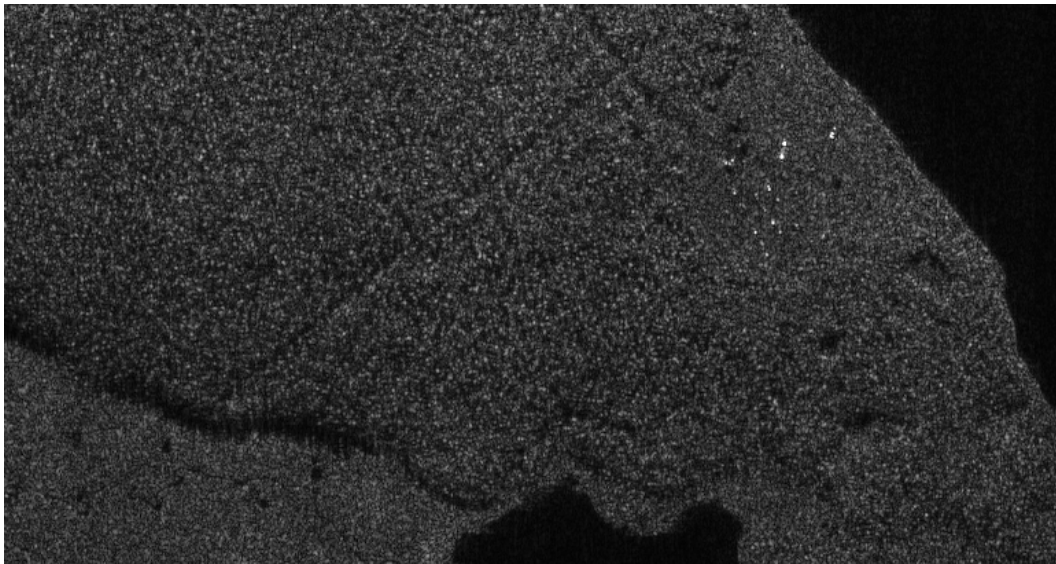


Figur 20. Naustahalvön registrerad fredagen 7 juni av CARABAS-II VHF-band SAR. Under denna dag befann sig samtliga 25 terrängfordon på position inne i skog 1. Radarscenen är kartriktig och finns inskriven inom en kvadratisk yta med storleken $7.7 \times 7.7 \text{ km}^2$.

5 Sensorutvärdering

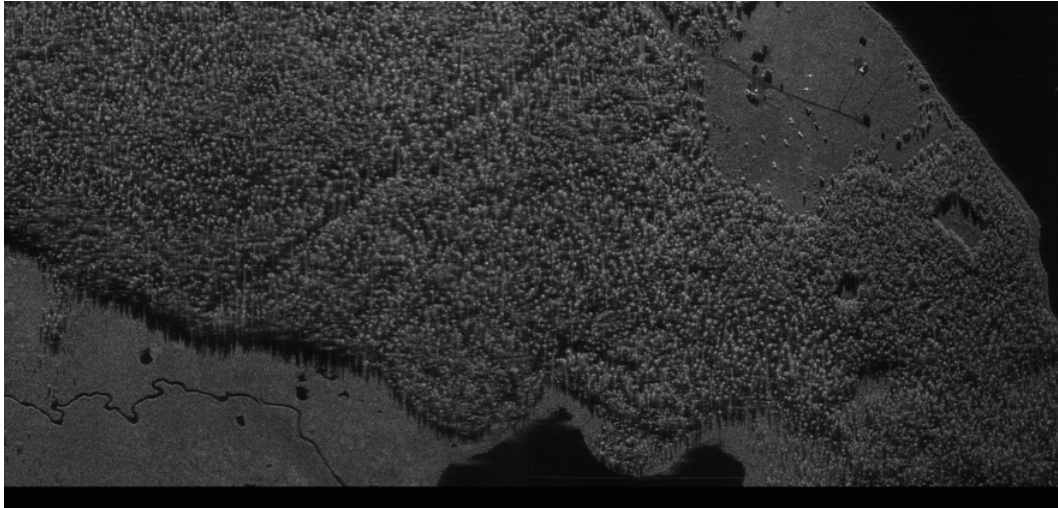
5.1 Nausta by: Mål i öppen terräng

Tisdagen 4 juni avbildade Eagles Ku-band SAR tio fordon uppställda vid Nausta by enligt figur 12. Radarsystemet opererades vid skilda mättillfällen under flygningen i en lågupplöst ("stripmap") och två olika högupplösta ("spotlight") moder. Den förstnämnda utnyttjas för att med en stor yttäckning få en översikt av ett område medan en förbättrad upplösning krävs för att med högre säkerhet kunna detektera mål inom ett mindre marksegment. I figur 21 visas en SAR-bild från södra delen av Naustahalvön och den är ett utsnitt ur översiktsskildern i figur 15. Bildkontrasten mellan det öppna fältet och den omgivande skogen är med denna lågupplösta mod relativt liten och fältet lokaliserar främst med hjälp av de starka radarreturer som fås från ett antal punkter inom denna yta. En kort sträcka av vägen fram till Nausta by syns som ett mörkt linjesegment i riktning mot nordväst och en kraftledningsgata som korsar vägen mot sydväst kan också identifieras. I båda dessa fall är det frånvaron av träd som framhäver en kontrastskillnad, till del orsakad av skuggeffekter bakom trädridån närmast radarsensorn.



Figur 21. Södra delen av Naustahalvön registrerad tisdagen 4 juni med Eagles Ku-band SAR i en radarmod med låg upplösning (ca $3 \times 3 \text{ m}^2$). Området har belysts från en riktning vinkelrätt mot men bortom bildens övre kant, vilket framgår från de skuggor skogskanten orsakar i det nedre vänstra området. Bilden är ett utsnitt ur filen "L0502_00.bmp" i Appendix C.

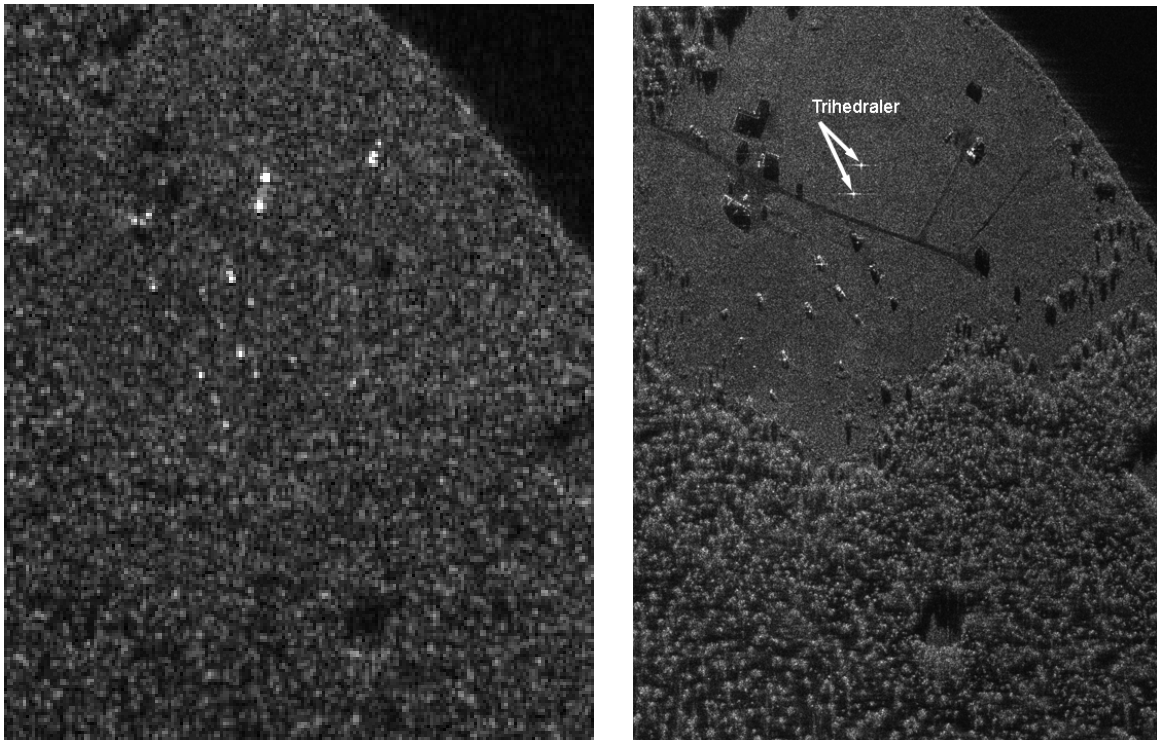
Ett motsvarande utsnitt som i figur 21 men från en registrering med radarn opererande i en högupplösande spotmod finns i figur 22. Här är kontrasten betydligt bättre mellan öppna ytor och kringliggande skog. Enskilda eller små grupper av träd eller buskar på det öppna området nedanför skogsridån nere till vänster syns tydligt och de efterlämnade skuggorna indikerar att belysningsriktningen vid denna registrering varit liknande som i figur 21.



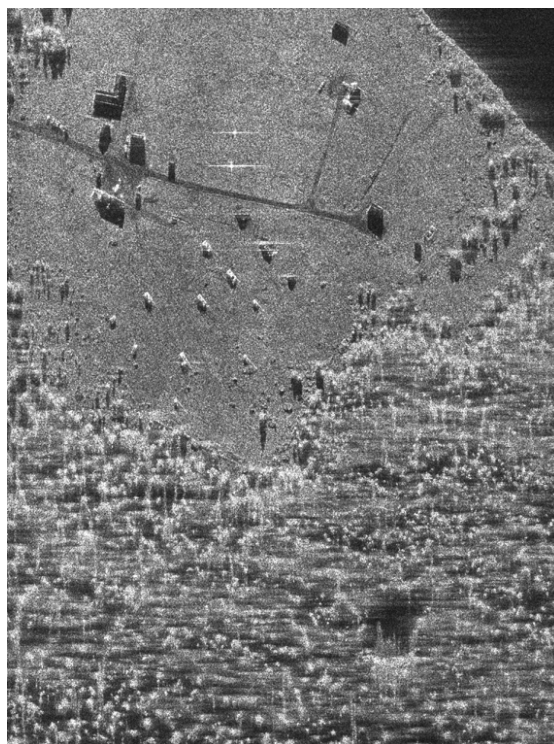
Figur 22. Södra delen av Naustahalvön registrerad tisdagen 4 juni med Eagles K_u -band SAR i en radarmod med hög upplösning (ca $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$). Området har belysts från en riktning vinkelrätt mot men bortom bildens övre kant, vilket framgår från de skuggor skogskanten orsakar i det nedre vänstra området. Bilden representerar hela filen "L0803_03.bmp" i Appendix C.

I figur 23 har området kring Nausta by förstörats upp från bild 21 och 22 för en jämförelse av hur målspelet avbildas med olika upplösning i SAR-sensorn. Då SAR-bilderna inte är tillgängliga med full dynamik i bildintensitet kan inte signaturerna från radarreflektorerna utnyttjas för att ge en noggrann uppskattning av upplösningen i de två radarmoderna. En approximativ bestämning kan göras genom att utnyttja bildpunktsavståndet i bilderna samt försöka bedöma i vilken grad närliggande bildpunkter (pixel) är korrelerade till varandra. En hög korrelation mellan pixlar indikerar att upplösningsscellen representeras av motsvarande antal bildpunkter i avstånds- respektive sidled. Bildpunktsavståndet uppskattas genom jämförande mätningar mellan identifierbara referenspunkter i SAR-bilden och en karta. Denna metod ger som resultat att den geometriska upplösningen i den lågupplösta bilden bedöms vara ca 3 meter medan i det högupplösta fallet fås en siffra på ca 0.5 meter. Notera att fordonskonfigurationen för målspelet enligt skissen i figur 12 är betydligt lättare att identifiera i den högupplösta bilden.

Ytterligare en högupplöst registrering över Nausta by finns från tisdagen 4 juni och är återgiven i figur 24. Belysningsgeometrin är likartad som i övriga exempel från området detta datum. En uppskattning av upplösningen ger i detta fall ett värde på omkring 0.25 meter, vilket innebär att en annan och mer förfinad upplösningsmod verkar ha använts i radarsystemet. Ett faktum som stöder detta är att skogsområdet i nedre delen av bilden inte är lika välfokuserat som i figur 23. Detta kan vara ett resultat av att den högre upplösningen endast kan genereras med god kvalitet över en mindre yta kring en centrumpunkt. En alternativ förklaring kan vara att algoritmen för autofokusering lyckats sämre över skogsområdet då det som regel är svårare att uppnå lika bra resultat över en klotterscen, dvs. utbredda områden utan inslag av starka punktspridare. Skillnaden i uppnådd fokusering mellan olika typer av delområden blir mer påtaglig då upplösningen drivs mot allt finare värden. Radarbilderna i figur 24 är också den enda SAR-registrering från försöket där ett avstånd mellan radarn och markavsnittet kunnat identifieras. På en kvarlämnad utskrift från försöksdagarna finns filnamnet och en avståndssiffra om 19.5 km inskrivna i ett textavsnitt ovan bilden. Med en tillåten operativ flyghöjd för Eagle kring Vidselområdet inom segmentet 6-7.6 km innebär det att infallsvinkeln i figur 24 är någonstans i intervallet 67° till 72° .

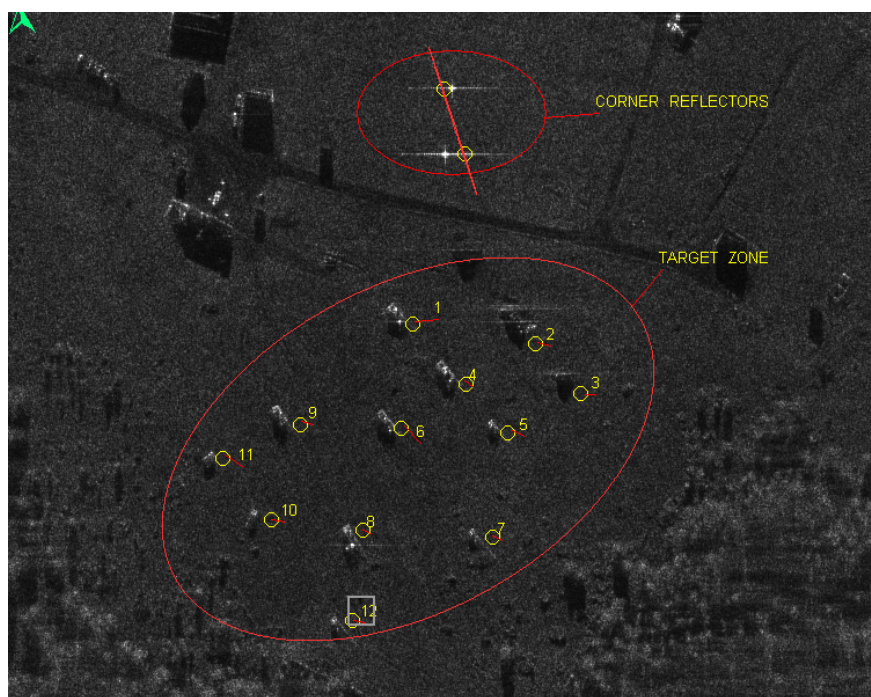


Figur 23. Området kring Nausta by urklippt ur bilderna i figur 21 (vänster, med upplösningen $3 \times 3 \text{ m}^2$) respektive 22 (höger, med upplösningen $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$). I den högupplösta bilden har signaturerna från de två utplacerade radarreflektorerna (trihedraler) för K_u -band markerats. Reflektorerna är också väl synliga som två distinkt lysande punkter i den lågupplösta bilden.



Figur 24. Området kring Nausta by avbildat tisdagen 4 juni med en förfinad spotmod som uppskattningsvis genererar en upplösning på ca $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$. Bilden representerar hela filen "L1906_00.bmp" i Appendix C.

Utgående från samma bild som i figur 24 har även operatörerna av Eagles radarsystem genomfört målutpekning och extraherat koordinatvärden för motsvarande positioner. Bilden med dessa målindikationer överlagrade finns i figur 25. Som framgår har scenen i detta fall uppenbarligen transformerats genom en annan, mörkare färgtabell för gråskalenivåerna. Målnummer 1 samt 4 till 12 utgör samtliga tio fordon i målspelet. Koordinater för dessa positioner finns sammanställda i tabell 11 och är uppdelade mellan värden inmätta med en GPS-utrustning på marken (jfr tabell B-1 i Appendix B) samt de värden som angivits i spaningsrapporten tillhörande bilden i figur 25 (jfr Appendix D). Avvikelser mellan 48 och 128 meter fås vid en parvis jämförelse av koordinaterna enligt tabell 11.



Figur 25. Målindikationer överlagrade på samma grundbild som i figur 24. Bilden representerar hela filen "L1906_nu.bmp" i Appendix C.

Tabell 11. Jämförelse mellan koordinater inmätta med en markbunden GPS-utrustning och värden extraherade ur en K_u -band SAR-bild från Eagle-systemet.

ID-nr fig. 12	ID-nr fig. 25	Fordonstyp	Rikets nät (X)	Rikets nät (Y)	Rikets nät Eagle (X)	Rikets nät Eagle (Y)	Skillnad (m)
1	12	TGB11	7366994	1655534	7367113	1655488	128
3	10	TGB11	7367034	1655506	7367110	1655423	113
4	11	TGB11	7367053	1655492	7367139	1655492	86
10	8	TGB30	7367024	1655542	7367122	1655504	105
12	9	TGB30	7367069	1655518	7367154	1655536	87
14	7	TGB11	7367021	1655588	7367109	1655570	90
16	6	TGB40	7367065	1655558	7367147	1655561	82
19	5	TGB11	7367060	1655597	7367139	1655594	79
20	4	TGB40	7367081	1655581	7367090	1655534	48
21	1	TGB30	7367103	1655564	7367177	1655580	76

CARABAS-II avbildade området måndagen 3 juni där det större målspelet i öppen terräng var på plats i enlighet med skissen i figur 7. Ur figur 19 har ett utsnitt gjorts kring Nausta by, i huvudsak täckande samma delområde som Eagle-bilderna i figurerna 21 och 22. CARABAS-bilden återfinns i figur 26. Bakgrundsnivån från det öppna fältets gräsytor är i fallet CARABAS låg och av samma storleksordning som andra, relativt våglängden, släta ytor såsom Naustasjön. Intensitetsnivåerna för dessa områden motsvaras i regel av brusgolvet hos sensorsystemet. Vattenlinjen kan dock till del skönjas och har sin orsak i en mot radarn sluttande strandkant. De objekt som framträder på fältet är av meterstorlek och utgörs av byggnader, containrar, radarreflektorn för CARABAS samt fordon, däribland de 25 terrängbilarna ingående i målspelet 3 juni. De två radarreflektorerna för K_u-band har för små dimensioner för att ge någon detekterbar nivå bilden. Den omgivande barrskogen ger också signifikanta signaturer och här är det främst enskilda stammar av barrträden som bidrar då de har en dimension jämförbar med våglängden. Det kan noteras att för kraftledningen med riktning mot sydväst fås endast bidrag från de bärande ledningsstolparna då kraftkablarna är orienterade i det närmaste parallellt med belysningsriktningen. Motsvarande ledningar längs Naustavägen och i dess omedelbara närhet syns däremot tydligt då deras riktning istället är nära parallell med flygbanan.



Figur 26. Södra delen av Naustahalvön registrerad måndagen 3 juni med CARABAS-II VHF-band SAR. Upplösningen är ca $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$. Bilden är kartriktig och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225° .

Positionen för de tio fordon som Eagles radarsystem mätte in har också extraherats ur CARABAS-bilden. Motsvarande jämförelse med GPS-inmätta värden på marken finns sammanställd i tabell 12. Avvikelserna (positionsfelet) hamnade i detta fall mellan 0 och 4 meter vilket är betydligt bättre än för K_u-band SAR-bilden genererad av Eagle-systemet.

Markspaningen med de optiska sensorerna ombord på Eagle omöjliggjordes under UAV-demonstrationen 4 juni då molnsituationen kring RFN Vidsel var alltför svår. Försök att hitta gluggar i molntäcket gjordes av och till men resultatet förblev negativt under hela flygpasset. Figur 27 ger ett illustrativt exempel från videobanden där EO/IR-data över Naustaområdet har digitaliserats.

Tabell 12. Jämförelse mellan koordinater inmätta med en markbunden GPS-utrustning och värden extraherade ur en VHF-band SAR-bild från CARABAS-systemet.

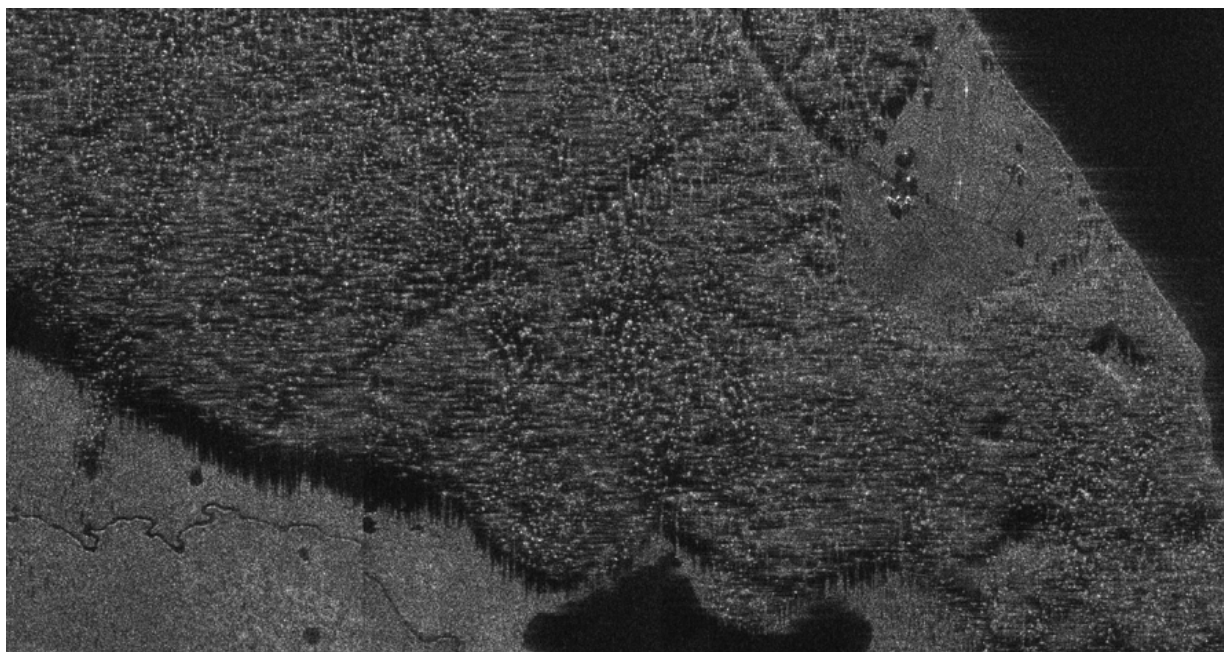
ID-nr fig. 7	Fordonstyp	Rikets nät (X)	Rikets nät (Y)	CARABAS-II Rikets nät (X)	CARABAS-II Rikets nät (Y)	Skillnad (m)
1	TGB11	7366994	1655534	7366995	1655533	1
3	TGB11	7367034	1655506	7367034	1655504	2
4	TGB11	7367053	1655492	7367057	1655490	4
10	TGB30	7367024	1655542	7367025	1655541	1
12	TGB30	7367069	1655518	7367069	1655518	0
14	TGB11	7367021	1655588	7367023	1655586	3
16	TGB40	7367065	1655558	7367065	1655557	1
19	TGB11	7367060	1655597	7367062	1655596	2
20	TGB40	7367081	1655581	7367082	1655580	1
21	TGB30	7367103	1655564	7367104	1655563	1



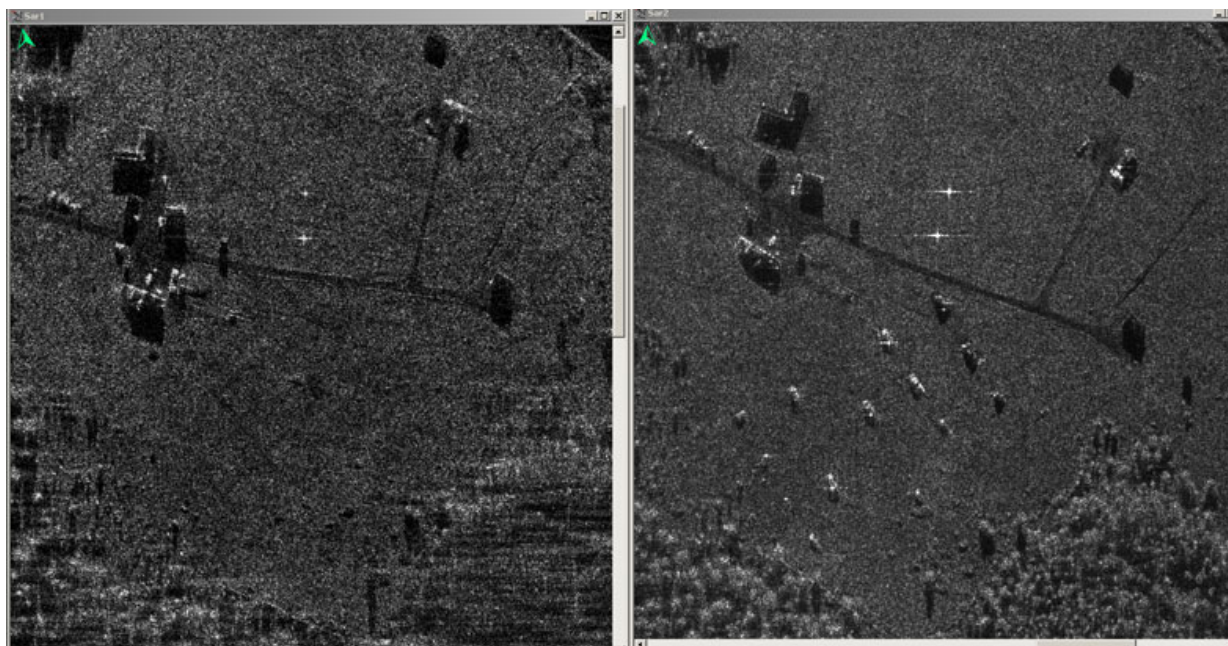
Figur 27. En typisk situation under hela flygpasset tisdagen 4 juni. Över Vidseleområdet var molnigheten omfattande. Bilderna visar ett försök att finna någon öppning i molntäcket och i detta fall över Naustahalvön enligt koordinatangivelserna. EO-bild till vänster och IR-bild till höger.

Avbildningar med Eagles SAR-system över öppna fältet i Nausta by finns även från torsdagen 6 juni. Belysningsgeometrin är i samtliga fall bibehållen i grova drag relativt registreringarna 4 juni. Inga av fordonen i målspelet fanns kvar i öppen terräng 6 juni. Figur 28 visar en bild med samma utsnitt som i figurerna 21 och 22. Upplösningen i denna bild uppskattas till omkring 1 meter och är därmed ett exempel på en tredje operativ högupplösande spotmod som användes under försöket.

Ytterligare en radaravbildning på Ku-band över Nausta by finns från 6 juni. Den har samma upplösning som bilden i figur 22, dvs. omkring 0.5 meter. Figur 29 visar en jämförelse mellan dessa två bilder kring det öppna fältet. Bildparet har satts samman under försöket av operatörerna av SAR-sensorn för att visa spaningsresultatet från överflygningar med och utan fordon på plats. Vid en jämförelse av bilderna framgår att flygkursen för Eagle-plattformen vid de två registreringstillfällena avviker från varandra av storleksordningen 15° då bilderna inbördes uppvisar en motsvarande skillnad i orientering. Inget exempel från den lågupplösta översiktsmoden ("stripmap") eller den bästa spotmoden finns över Naustahalvön 6 juni.



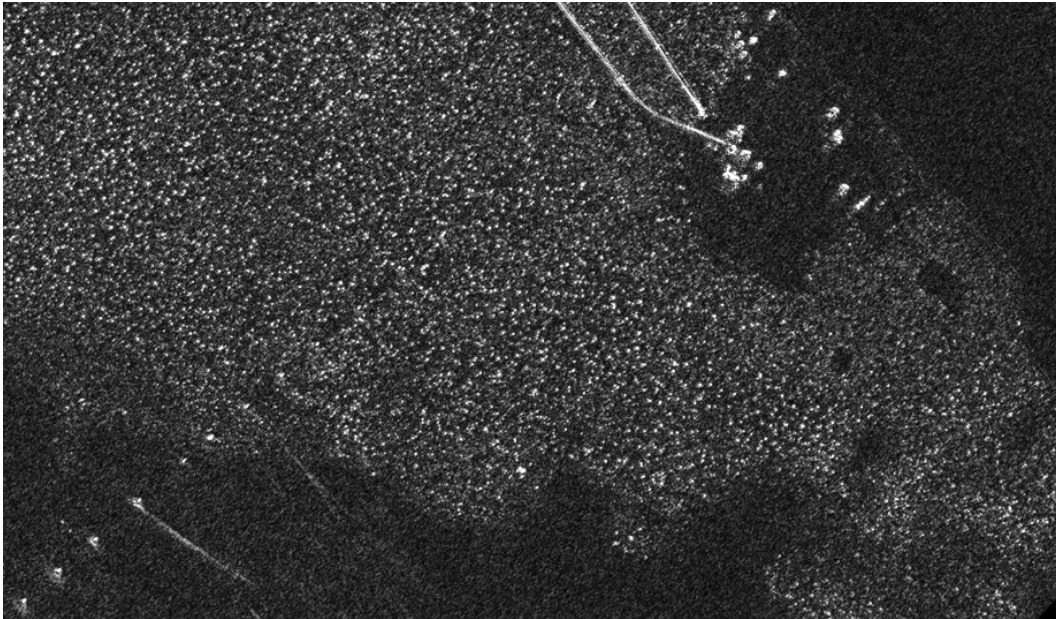
Figur 28. Södra delen av Naustahalvön registrerad torsdagen 6 juni med Eagles K_u -band SAR opererande i en spotmod med en upplösning på ca $1 \times 1 \text{ m}^2$. Bilden är ett utsnitt ur filen "L0302_00.bmp" i Appendix C.



Figur 29. Området kring Nausta by avbildat torsdagen 6 juni (vänster) och tisdagen 4 juni (höger). I detta fall har den mellersta av de tre identifierade spotmoderna under UAV-demonstrationen använts, dvs. den som ger en upplösning på ca $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$. Bilden representerar hela filen "L0708_02NU.bmp" i Appendix C.

CARABAS-II har avbildat Nausta by utan målspelesfordon på plats vid ett flertal tillfällen skilda dagar under försöksperioden. I denna rapport fokuseras på det flygtillfälle 7 juni då samma avbildningsgeometri föreligger som i det utvalda exemplet som tidigare redovisats från 3 juni med fordonen i position på fältet. I figur 30 finns detta CARABAS-exempel som klippts ut ur översiktsskildern i figur 20. Vid en jämförelse med motsvarande utsnitt i figur 26

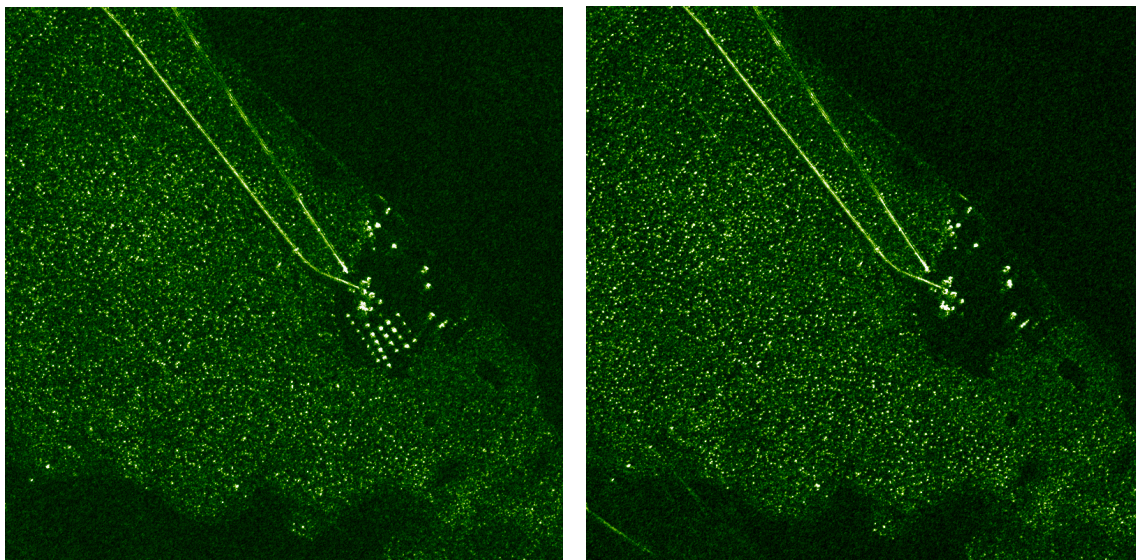
framgår tydligt skillnaden mellan frånvaro respektive närvaro av terrängbilarna på det öppna fältet.



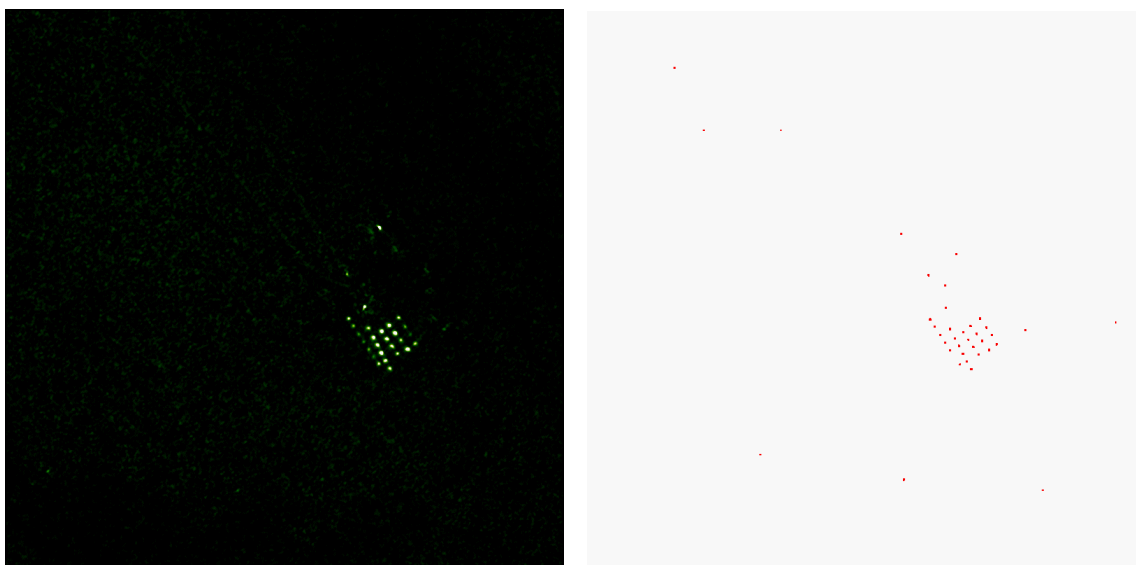
Figur 30. Södra delen av Naustahalvön registrerad fredagen 7 juni med CARABAS-II VHF-band SAR. Upplösningen är ca $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$. Bilden är kartriktig och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225° .

Den i avsnitt 3.3.2 beskrivna metoden för förändringsanalys utnyttjande CARABAS-data har sin främsta styrka då mål dolda i vegetation skall upptäckas, vilket ofta innebär att den omgivande bakgrunden, innehållande t.ex. kraftiga trädstammar eller klippblock, ger upphov till alltför många falska målkandidater. Tekniken kan givetvis med fördel även tillämpas i situationer då bakgrunden är mer gynnsam som i fallet med det öppna fältet kring Nausta by. Figur 31 visar ett utsnitt ur de två CARABAS-bilderna från figur 19 och 20 men nu täckande ett något större geografiskt område ($1.6 \times 1.6 \text{ km}^2$) än i figur 26 och 30. Dessutom är båda bilderna denna gång visualiserade med en grön färgskala och inte som tidigare med en gråskala.

Resultatet efter att algoritmen för förändringsanalys har applicerats på bildparet visas till vänster i figur 32. En ökad intensitet i bilden svarar mot att en större skillnad föreligger mellan motsvarande bildpunktsvärden i de två bilderna som jämförs. Denna förändringsbild används sedan i nästa steg för att genom en trösklingsprocess ta fram en binär bild över samma yta där de två möjliga pixelvärdena betyder förändring eller icke-förändring. I detta steg tas hänsyn till den lokala statistiken runt varje bildpunkt för att adaptivt förändra tröskelvärdet och likaså ingår en metod för att sålla bort uppenbara bildartefakter men också kunna hantera mål som befinner sig nära varandra. Metodik och optimala algoritmer kring förändringsanalys är fortfarande ett forskningsämne. I bilden till höger i figur 32 visas resultatet från en implementering av trösklingsförfarandet applicerad på förändringsbilden i samma figur. Vid sidan av 24 fordon (ej målnummer 2) i målspelet för öppen terräng finns även detektioner inom det öppna området som härrör från containrar som flyttats, liksom fordon som tillfälligt parkerats kring de olika byggnaderna i Nausta by av personal som bedrev försöksverksamhet här dessa dagar. Utöver måldetektionerna på öppna fältet uppträder enstaka falskmål i skogen.



Figur 31. Södra delen av Naustahalvön registrerad 3 juni (vänster) respektive 7 juni (höger) med CARABAS-II VHF-band SAR. Området täcker en yta om $1.6 \times 1.6 \text{ km}^2$. Upplösningen är ca $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$. Bilderna är kartriktiga och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225° .



Figur 32. Resultatet av förändringsanalysen på bildparet i figur 31 (vänster). Utgående från detta resultat har i ett efterföljande steg en bild tagits fram som visar två värden, förändringar eller icke-förändringar (höger).

För de optiska sensorerna var torsdagen 6 juni en mer gynnsam dag då molnigheten var betydligt mindre besvärande. Nackdelen var dock att målspelet med såväl 25 som 10 terrängfordon vid Nausta by inte längre existerade utan de optiska bilder som finns visar byggnaderna och andra typer av mål inom detta öppna terrängavschnitt. En översikt av hela det öppna fältet, husen och hur vägen når fram till byn genom skogen fås av en EO-bild i figur 33. Vid en jämförelse med skisserna för målspelet i figur 7 och 12 kan byggnadskomplexet som där benämns garage identifieras som den större ljusa huskroppen till vänster om vägen. Området snett ner till vänster om denna är den del av den öppna terrängen där fordonen fanns uppställda.

I figur 34 visas ett exempel på IR-bilder kring Nausta by. Till vänster finns en registrering som täcker in såväl det öppna fältet som en bit av skogen upp mot målspelet denna dag som genomfördes i skog 1. En närmare jämförelse med karta och ortofoto visar dock att bilden ej når upp till skogspartiet åt nordväst där terrängbilarna är positionerade. Bilden till höger är registrerad elva sekunder senare och här har en uppzoomning gjorts kring de centrala delarna av det öppna området. Nere till vänster syns den största byggnaden inom byn som går under benämningen "hotellet". Det angivna avståndet i den vänstra bilden är drygt 6.1 km vilket med tanke på lägsta tillåten flyghöjd kring Vidselområdet om 20000 fot innebär att bilden måste vara registrerad väldigt nära rakt under plattformen. För den andra uppförstorade bilden en kort tid därefter har avståndangivelsen ökat till knappt 6.5 km vilket indikerar en mer snedtittande avbildningsgeometri.



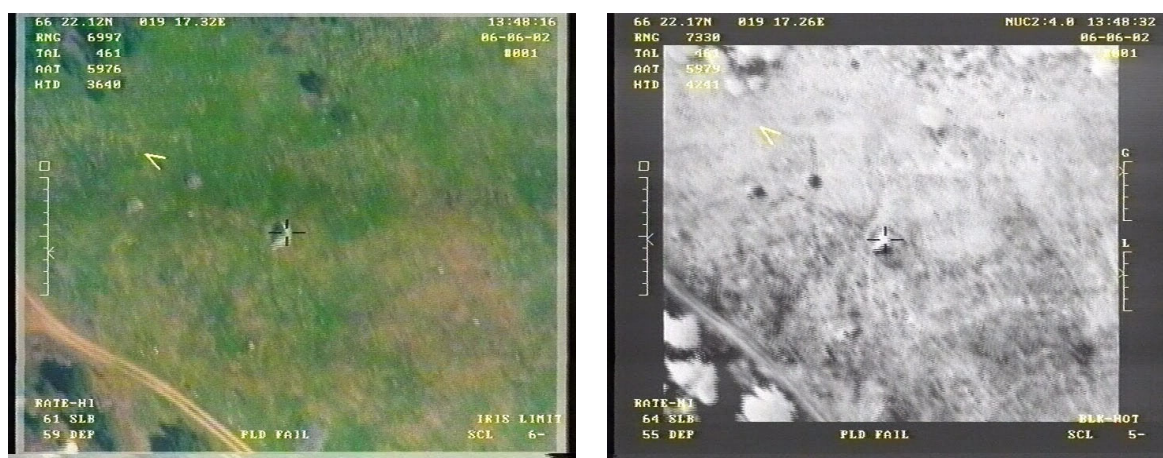
Figur 33. Översiktlig EO-bild kring Nausta by från torsdagen 6 juni. De två mindre cirkulära respektive rektangulära öppna områdena i skogen är också väl synliga i radarbilderna. Angivet avstånd till scencentrum är strax under 6.6 km.



Figur 34. IR-bild registrerad torsdagen 6 juni över Nausta by med omgivning (vänster). En kort tid därefter har en inzoomning kring det öppna området beordrats av operatören i markkontrollen (höger).

Bild 35 visar en EO/IR-registrering över området kring hörnreflektorn nedanför "hotellet" i Nausta by, dvs. den reflektor som från marken finns avfotograferad i figur 14. Bilderna skiljer sig åt 16 sekunder i tiden och i båda fallen håller operatören hörnreflektorn fixerad manuellt i bildens mitt kring riktörskorset. När man går över till automatisk målföljning indikeras detta genom att korset kompletteras med en målosäkerhetsindikator i form av en fyrkant.

Bild 36 slutligen visar några rörliga mål som fångades upp under dagen kring det öppna fältet, bestående av en grupp renar och en lastbil där samtliga dessa objekt är under förflyttning om man tittar på videosekvensen. Lastbilen är den TGB30 som under målspelet för rörliga mål, vilket varade under stora delar av denna dags Eagle-flygning, omväxlande med en TGB11 körde fram och tillbaka mellan byn och korsningen för avtagsvägen in mot densamma.



Figur 35. EO-bild (vänster) och IR-bild (höger) registrerad torsdagen 6 juni. I båda fallen hålls radarreflektorn i bildens centrum vid riktörskorset genom manuella justeringar av operatören. De digitaliserade bildrutorna skiljer sig åt i tiden och avståndet till reflektorn är angivet till ca 7 km (EO) respektive 7.3 km (IR).

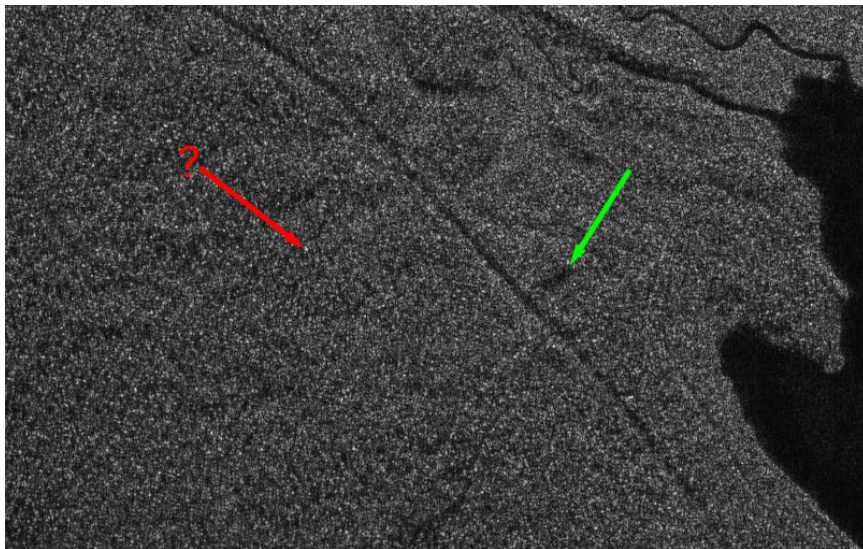


Figur 36. EO-bild registrerad torsdagen 6 juni med en grupp renar som korsar vägen mot Nausta by på vilken en TGB30 kommer körande under det rörliga målspelet.

5.2 Nausta skog: Mål under skogsmaskering

Det tillgängliga jämförelsematerialet av sensordata över målspelet i skog 1 är mindre omfattande än för fallet över öppen terräng. Av EO/IR-data på Super-VHS har endast sekvenser kunnat identifieras från torsdagen 6 juni där skogsområdet hastigt passerar förbi under det att man ändrar huvudområde på marken för var de optiska sensorerna skall riktas in. En frysning av bilden på TV-skärmen eller försök att digitalisera motsvarande enskilda bildrutor under dessa moment av hastiga rörelser med sensorhuvudena ger endast suddiga bilder av en kvalitet som är oanvändbar för att undersöka om något av fordonen bland träden kan urskiljas i bildmaterialet.

Bland de tillgängliga SAR-bilderna från Eagle har endast översiktsbilden från tisdagen 4 juni i figur 15 täckt in skog 1. Det är en lågupplöst bild (stripmod) och målspelet enligt figur 8 utgörs vid detta tillfälle av de 12 fordonen i den norra delen på ömse sidor om vägen till Nausta by. Ett utsnitt ur figur 15 centrerat kring skog 1 visas i figur 37. Naustavägen genom skogen syns tydligt och passerar diagonalt över bilden, från den övre vänstra delen till den nedre högra. Den gröna pilen indikerar ett rektangulärt område med betydligt glesare mellan träden, en yta som också till del återfinns i övre högra kanten av det ortofoto i figur B-2 i Appendix B där de på marken GPS-inmätta fordonspositionerna har överlagrats. En stark och något mer utbredd ljus punkt kan identifieras i bilden vid den röda pilens spets. Punkten ligger dock *inte* inom det norra grupperingsområdet i skog 1 där de 12 terrängbilarna var placerade 4 juni.



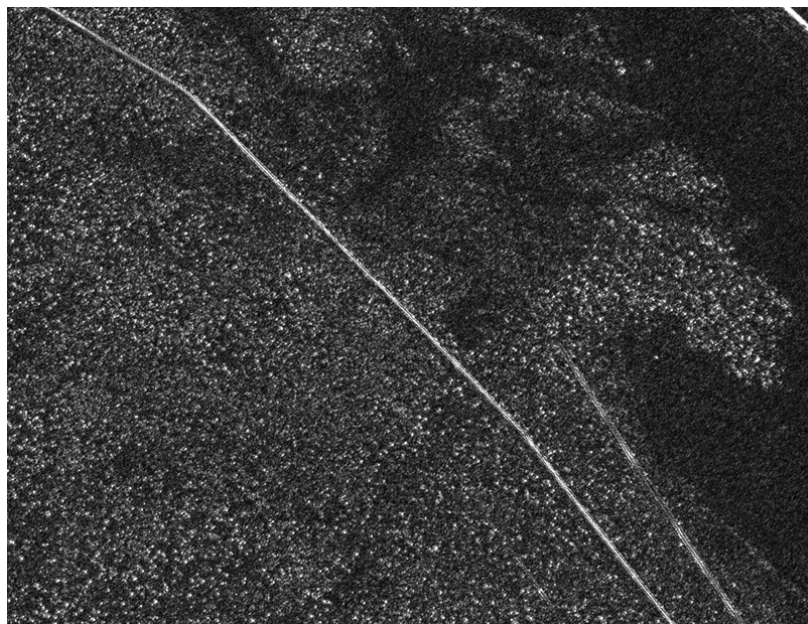
Figur 37. Området kring skog 1 avbildat tisdagen 4 juni med Eagles K_u -band SAR i en radarmod med lägsta upplösning (ca $3 \times 3 \text{ m}^2$). Bilden är ett utsnitt ur figur 15 och därmed extraherad ur filen "L0502_00.bmp" i Appendix C.

Det är dock inte förvånande att SAR-systemet i Eagle inte upptäcker målen under skogsmaskering. För det första är den enda tillgängliga bilden från den lägsta upplösningssmoden och redan för målspelet i öppen terräng var det svårt att kontrastmässigt identifiera samtliga de utplacerade målen när upplösningsscellen var ca 3 meter enligt vad som framgår av figur 23. För det andra är det väl känt att redan för radarfrekvenser kring 1 GHz (L-band) börjar dämpningen genom en skogsmask bli påtaglig, speciellt för flacka infallsvinklar. Dessutom är återspridningen från skogen i sig själv hög p.g.a. att skrovligheten är stor på våglängds skala och därmed minskar mål-bakgrundskontrasten ytterligare.

Om en SAR-bild med hög upplösning hade registrerats över skog 1 skulle kanske något fordon ha kunnat detekteras från en brant infallsvinkel. Vid en upprepad registrering men med en liten skillnad av flygriktningen kan emellertid samma detektion snabbt gå förlorad. Detta blir än mer påtagligt i södra Sverige där skogen är tätare och där glipor i vegetationstäcket är mindre. En K_u -band SAR är således ingen robust sensor för att leta mål i skydd av vegetation.

Det mest omfattande sensormaterialet över skog 1 finns från CARABAS-II. Samma bildpar som utnyttjades vid analysen över öppen terräng kan användas även i detta fall och utsnitt ur motsvarande översiktscener i figur 19 och 20 har gjorts. Bilderna är extraherade så att de i möjligaste mån skall vara överlappande med Eagle-bilden i figur 37. I figur 38 visas CARABAS-bilden från måndagen 3 juni utan målspelet i skog 1 medan figur 39 innehåller motsvarande registrering från fredagen 7 juni där samtliga 25 fordon är närvarande i målspelet.

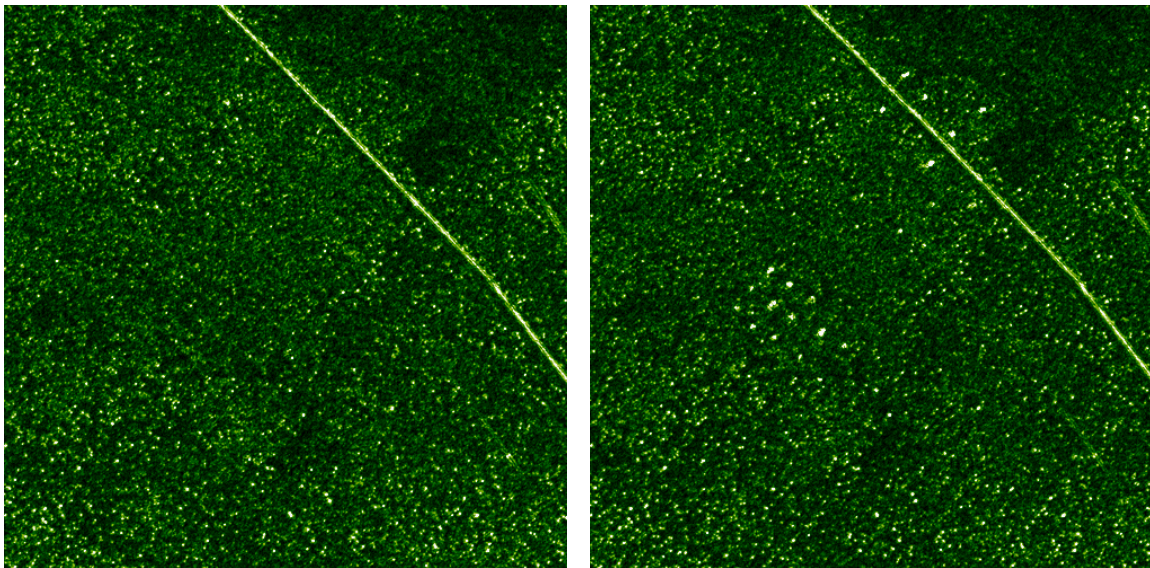
Vid en jämförelse mellan bilderna i figur 38 och 39, med respektive utan fordon positionerade i skogen, framskymtar ett antal starka ljusa punkter som möjliga målkandidater. Genom att variera intensitetsnivåerna på datorskärmen fås ytterligare en hjälp att lokalisera och sortera bland bildpunktswärden med hög intensitet. I CARABAS-bilderna är dynamiken ej begränsad till de 8 bitar som gäller i fallet med tillgängligt radardata från Eagle. Bortsett från det regelbundna geometriska mönstret som målspelet uppvisar i bilden är det inte uppenbart vad som skall klassas som mål eller inte om man vid analysen endast har tillgång till radarscenen i figur 39. Förändringsanalys har därför även testats i detta fall, en spaningssituation där den naturliga bakgrunden ger en mängd konkurrerande bidrag. I figur 40 visas de två utsnitt som gjorts ur översiktscenerna och som utgör bildparet för denna analys. I figur 41 redovisas resultatet från förändringsanalysen. Efter det att trösklingprocessen utförts har samtliga mål detekterats utom målnummer 18 (TGB11) enligt skissen i figur 8. Därutöver finns två falsklarm inom den 1 km² stora ytan hos utsnittet och de är enligt högra bilden i figur 41 lokaliserade dels strax intill målnummer 16 och dels vid nedre bildkanten. Den sistnämnda uppkommer ur kanteffekter när signalbehandlingen verkar på den vänstra bilden i figur 41.



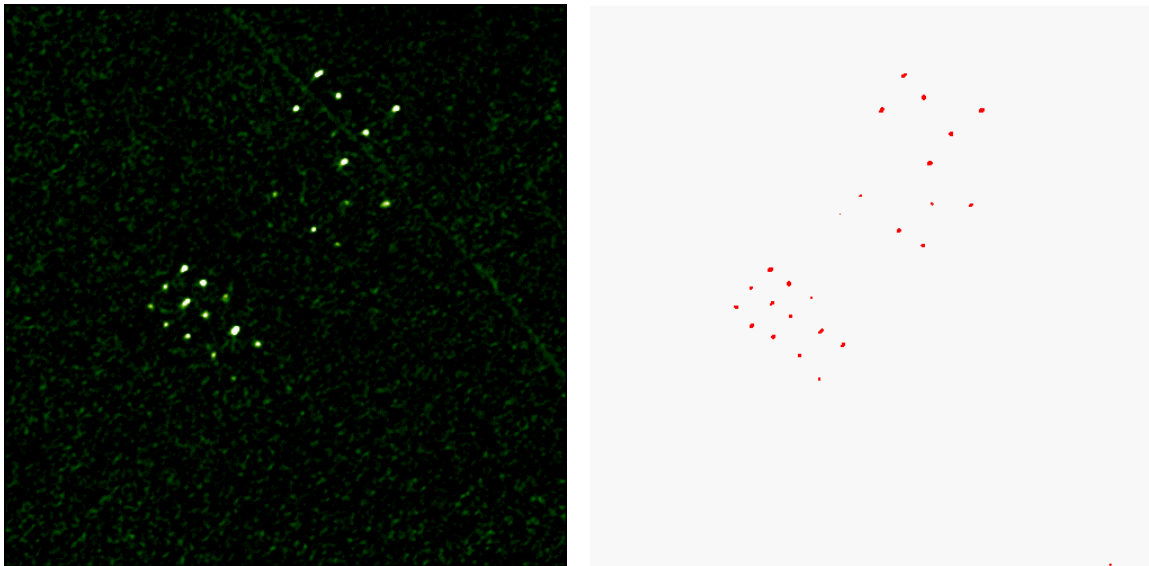
Figur 38. Området kring skog 1 utan fordon på plats registrerad tisdagen 3 juni med CARABAS-II VHF-band SAR. Upplösningen är ca 2.5 x 2.5 m². Bilden är kartriktig och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225°.



Figur 39. Området kring skog 1 med fordon på plats registrerad torsdagen 7 juni med CARABAS-II VHF-band SAR. Upplösningen är ca $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$. Bilden är kartriktig och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225° .



Figur 40. Området kring skog 1 registrerad 3 juni (vänster) respektive 7 juni (höger) med CARABAS-II VHF-band SAR. Upplösningen är ca $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$. Bilderna är kartriktiga och radarbelysningen har fallit in mot området i riktning 225° .



Figur 41. Resultatet av förändringsanalysen på bildparet i figur 40 (vänster). Utgående från detta resultat har i ett efterföljande steg en bild tagits fram som visar två värden, förändringar eller icke-förändringar (höger).

5.3 Nausta vägar: Rörliga mål

Torsdagen 6 juni kom Eagle in i restriktionszonen för RFN Vidsel (R02) omkring klockan 10.00. En stund senare informerade markkontrollen i Kiruna att man nu i flygprogrammet nått fram till det moment där det var dags att påbörja det rörliga målspelet på marken. Det innebär att av de 25 terrängfordonen på plats i den statiska uppställningen enligt skissen i figur 8 kördes nu sex fordon, som fanns i position nära Naustavägen, ut ur skogen för att istället sättas in i något av två på i förhand definierade körscheman. Två TGB30 (målnummer 20 och 17) och två TGB11 (målnummer 15 och 18) togs i anspråk för att i kolonn köra medurs runt den vägslinga som definierade huvudområdet för sensorspaningarna med Eagle över RFN Vidsel under försöksperioden, se figur B-3 i Appendix B. Ytterligare en TGB30 (målnummer 19) och en TGB11 (målnummer 14) reserverades så att någon av individerna hela tiden under målspelet omväxlande färdades fram eller åter längs vägen mellan korsningen mot Nausta by och byn själv. Då ingen avbildning av skog 1 med Eagle återfunnits från 6 juni i tillgängligt material, varken i optiska data eller med radarn i SAR-mod, har ändringen av antalet fordonsenheter i konfigurationen för det statiska målspelet under pågående flygning inte behövt beaktas vid analys av insamlat sensordata.

De två rörelsemönstrena i målspelet påbörjades klockan 10.50. Instruktionen var i båda fallen att hålla en hastighet om 40 km/h fram till 13.00 och därefter 20 km/h. För fyrgruppen som förflyttade sig längs det yttre vägsystemet skulle en typisk separation för landsvägskörning upprätthållas mellan fordonen. Strax efter klockan 12.00 kom direktiv från Kiruna att övergå från rundvarv till halvvarv istället, dvs. fram och åter längs den nordöstra halvan, då GMTI-registreringen inte visade sig täcka in delar av den sydvästra sträckan från Punkt G tillbaka till Naustaområdet. Tidpunkter för passage av fordonen vid givna positioner avlästes på marken under hela förloppet och finns sammanfattade i Appendix B.

GMTI-data fångar upp dynamiska förlopp och analysarbetet bygger till stor del på att man har en sekvens i tiden av registreringar. Vid presentationen uppdateras tidigare detektioner av rörliga objekt och tillhörande positioner från ett visst antal radaravsökningar bakåt i tiden med vad som just erhållits från den senaste inmätningen. De tillkommande kandidaterna indikeras

med vissa reserverade typer av målsymboler som sedan byts ut mot andra ikontyper när det nästa gång är dags att uppdatera GMTI-mätningarna med en ny omgång gjorda detektioner. På detta sätt genereras en slags filmsekvens där vissa detektioner endast uppenbarar sig under någon eller några få radaravsökningar medan andra bygger upp tydliga målspar.

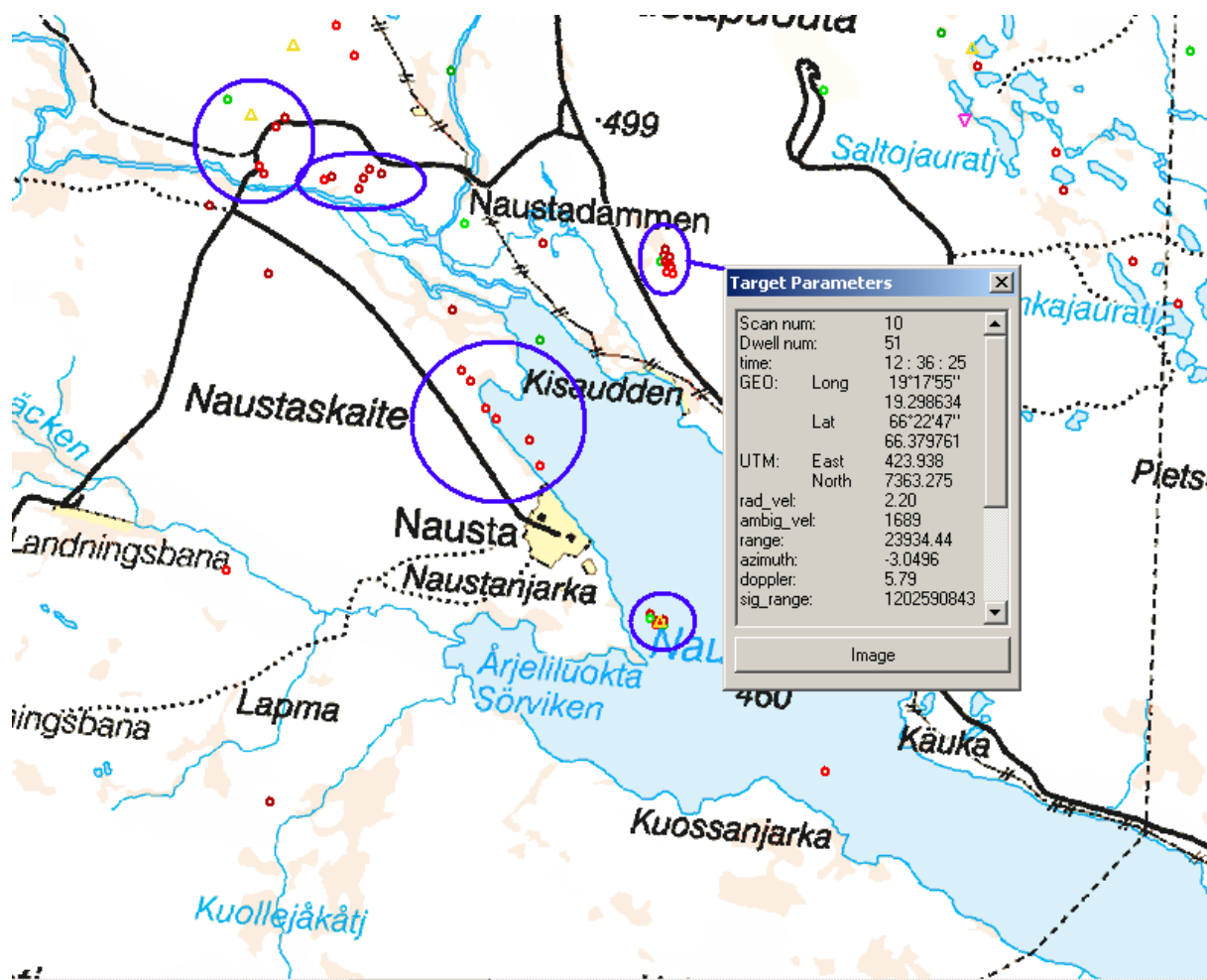
I det material som funnits tillgängligt att utvärdera saknas kontinuerliga sekvenser med GMTI-registreringar. Ur Appendix C framgår att totalt åtta filer med radardata från Eagle i GMTI-mod finns från torsdagen 6 juni. Innehållet på dessa filer består av enskilda ”frysta” bildrutor ur ett längre tidsförlopp och exemplifierar hur typiska presentationer av GMTI-data kan se ut. Som framgår av sammanställningen representerar filerna olika geografiska områden, från Punkt Q i nord-nordväst till Naustasjön i nord-nordost. I samtliga fall presenteras detektionerna av rörliga mål överlagrade på en kartbild. Huruvida informationen även kan sammanställas med annat sensordata, t.ex. pålagt en registrerad SAR-bild över området, är inte känt. Avsaknaden av data bestående av bildsekvenser över ett givet område för att mer i detalj fånga upp de dynamiska händelseförloppen gör utvärderingen mot tidsangivelserna i det rörliga målspelet svår.

I figur 42 visas ett av de exempel med GMTI-registreringar som finns att tillgå i datamaterialet från 6 juni enligt Appendix C. I figuren finns detektioner från den senaste radaravsökningen överlagrade på en karta kring Naustasjön tillsammans med en mängd detektioner från ett antal konsekutiva registreringar bakåt i tiden. De senaste rörliga objekten är återgivna med en symbol i form av en triangel. Triangeln skall enligt uppgift vara gul och ha ett av hörnen pekande rakt upp om den extraherade hastighetskomponenten är positiv (troligen definierat som närmandefart) relativt Eagle medan färgen istället övergår till violett med triangelhörnet pekande rakt ner om ett negativt värde (troligen fjärmandefart) uppmäts. I presentationsförfarandet finns även ett tröskelvärde som operatören kan ställa in och som innebär att en triangelnsymbol genereras för hastighetsvärden högre än eller lika med tröskeln medan en markering med ett plustecken istället fås vid detektioner av lägre nivåer. Principen för färgkodningen bibehålls dock för båda symboltyperna. I figur 42 återfinns ingen indikation från senaste radaravsökningen som ligger inom det lägre fartsegmentet, dvs. symboler i form av plustecken saknas.

Merparten av informationen i figur 42 utgörs av upptäckta mål från tidigare radaravsökningar. Hur omfattande minnet skall vara, dvs. antalet konsekutiva registreringar bakåt i tiden som skall fortsätta att återges vid en uppdatering av presentationen, är en parameter som operatören kan bestämma. På samma sätt kan val av ikontyp för detektioner äldre än senaste radaravsökningen, samt färger på dessa, fördefinieras av operatören. Ur GMTI-exemplet i figuren framgår att symboltypen för mål erhållna ur tidigare registreringar i detta fall valts till cirklar. Gissningsvis är färgvalet sådant att den gula färgen (närmandefart) från senaste inmätningen övergår till rött medan den violetta representationen (fjärmandefart) återfinns som gröna detektionscirklar efter nästa uppdatering. Eventuellt finns även en modellering av färgernas mättnadsgrad som funktion av hur gamla detektionerna blivit, där en ljusare nyans ges för de senaste resultaten medan en mörkare representation indikerar äldre målsymboler som till sist faller bort beroende på det ansatta minnesdjupet för uppdatering av presentationen. En sådan princip kan anas om man går igenom samtliga tillgängliga GMTI-exempel.

Ett stort antal av de upptäckta rörliga objekten i figur 42 utgörs av någon eller några enskilda målsymboler som många gånger är lokaliserade till väglöst land där de rimligen ej kan motsvaras av konventionella fordonstyper under förflyttning. Det kan istället röra sig om tillfälliga detektioner från någon i vinden vajande vegetationsstruktur eller vinddrivna vågmönster på vattenansamlingar. Ett antal grupperingar med flera detektioner bakåt i tiden

finns dock och dessa spänner upp strukturer liknande målsår där avståndet mellan de enskilda kandidaterna beror på med vilken hastighet förflyttningen sker mellan avsökningarna. Operatören har ur den bakomliggande bildsekvensen bedömt att ett antal uppkomna målsår troligen är rörelser från markobjekt och ringat in dessa med blå färg. En lista med vissa parametrar för den östligaste grupperingen har begärts fram och finns överlagrad i bilden.



Figur 42. Exempel på en visualisering vid en viss given tidpunkt under GMTI-registreringarna av det rörliga målspelet. Bilden representerar hela filen "1003_00a.bmp" i Appendix C.

Ur parameterlistan i figur 42 framgår att bildexemplet är hämtat från en tidpunkt omkring klockan 12.36. Tidsangivelsen är dock, tillsammans med avsaknaden av bildsekvenser, den faktor som till stor del omintetgör en detaljerad och pålitlig utvärdering av det rörliga målspelet. Enligt Appendix A och D tycks ingen gemensam tidsreferens genereras ombord på Eagle-systemet för att etikettera samtliga data som länkas till markstationen. Istället verkar utnyttjade tidsangivelser vara baserade på klocksystem som från gång till annan initieras inom markssegmentet och eventuellt har de sin uppkomst i en individuell tidhållning i varje arbetsstation som operatörerna utnyttjar, se t.ex. tabell A-3 i Appendix A. Detta innebär att ingen entydig tidssynkronisering med säkerhet kan slås fast mellan angivelser i GMTI-data och klockslag som noterats på marken under det rörliga målspelet.

Under antagandet att tidpunkten 12.36 i figur 42 har genererats från ett tidssystem i markstationen som justerats in på svensk sommartid kan man ur tabell B-4 i Appendix B

utläsa att en TGB11 är under förflyttning från korsningen mot Nausta by sedan 12.33. Vidare framgår att tur och returfärden har uppmätts till 11 minuter varför fordonet efter tre minuter ej bör ha hunnit fram till byn. Indikationerna inom den blå cirkeln i figuren skulle därför kunna vara målspar från denna TGB11 längs Naustavägen och den röda färgen på målcirkeln anger att en hastighetskomponent från ett objekt som närmar sig Eagle har mätts upp.

De fyra fordonen på väg medurs längs den yttre vägslingan har enligt tabell B-3 i Appendix B passerat korsningen till Nausta by 17 minuter tidigare, vilket motsvarar ca en sjättedel av tiden det tog att fullfölja första varvet. Om den förbestämda farthållningen om 40 km/h upprätthölls borde dessa fordon ha hunnit längre än till något av de tre med blått inringade målspar nord-nordost om Naustasjön. Den gruppering till vilken parameterlistan hör är annars den enda möjliga kandidaten då den ligger längst från korsningen. Förflyttningen mellan uppdaterade målspar är dock betydligt mindre än för detektionerna längs Naustavägen trots att vägavsnittens orientering relativt Eagle är likartad och givet att den uppgjorda farthållningen har vidmakthållits. Dessa argument stärker bedömningen att inga målspar från det rörliga målspelet under förflyttning i det yttre vägsystemet återfinns i figur 42, en slutsats baserad på förutsättningen att den i bilden angivna tiden visar inställd svensk sommartid. Tillgång till GMTI-data i form av en sekvens bakåt i tiden närmare passagen av korsningen hade underlättat hur de tre inringade målsparen skall tolkas.

Ytterligare ett målspar finns inringat i figur 42 och är beläget i Naustasjön. Det har med stor sannolikhet sin uppkomst från en mindre båt som i ett annat pågående fältförsök befann sig inom denna del av sjön av och till under dagen. Vidare bör noteras att ur parameterlistan ges att avståndet till det tillhörande målklostret är 23.9 km. Det betyder att registreringen till denna punkt skett med en infallsvinkel någonstans i intervallet 71° till 75° inom det höjdsegment där Eagle var tillåten att operera. GMTI-registreringen är således gjord med en flack vinkel över området och innebär att rörliga mål längs vägarna av och till kan befinner sig bakom en ridå av träd när skogspartier passeras. Beroende på stamtätheten och närvaron av större gluggar i bestånden kan detektioner från ett givet fordon i rörelse därmed utebli från gång till annan mellan radaravsökningarna. Detta faktum kan vara en möjlig orsak till att ingen triangelsymbol finns i anslutning till målspar längs Naustavägen (TGB11). Likaså börjar topografiska hinder som omgivningarna kring Punkt N (Naustapuouta) spela roll när infallsvinklarna når dessa nivåer. Då den exakta avbildningsgeometrin är okänd i avsaknad av banddata från Eagle under samtliga sensorregistreringar blir dock frågor kring topografi och trädridåer allmänna påpekanden snarare än verifierade orsakssamband. Även antagandet om närmande- respektive fjärmandefart i figur 42 är avhängigt en viss sektor för plattformens lokalisering.

Avvikelserna mellan positioneringen av målspar och kartans vägar återspeglar den mätnoggrannhet med vilken systemet kan mäta in rörliga objekt men även det faktum att kartdatabasen är given i RT90 medan radarsystemet ger koordinater i UTM. En noggrann transformation mellan dessa referenssystem fanns ej implementerad under försöket. Det rörliga målspelet har endast i undantagsfall funnits med bland data från de optiska sensorerna, med TGB30 i figur 36 som ett av få exempel. Sekvenser med andra fordon i rörelse inom området finns dock där målföljning provats både visuellt och med IR. Efter att det rörliga målspelet avslutats placerades de sex terrängfordonen på samma positioner i skog 1 för att återskapa det statiska målspelet inför flygningar med CARABAS-II de kommande dagarna.

6 Exempel på operativt scenario

Sensorsystem kommer i framtidens försvarsmakt att lösa många uppgifter som det idag krävs en mängd soldater för. Anledningen är dels att prestanda hos sensorer och nätverk har ökat kraftigt under senare år och dels att totala antalet soldater har blivit färre. I framtiden torde således varje soldat få betydligt mer avancerade tekniska hjälpmedel till sitt förfogande i form av plattformar, sensorer, eldkraft och ledningssystem.

Inom dagens försvarsmakt saknas nästan helt förmågan att skapa en pålitlig gemensam marklägesbild. Svårigheterna med ett marklägessystem är betydligt större än i sjö- eller luftfallet, beroende på att antalet mål är många fler, att den omgivande bakgrunden är mycket svårare, samt att målen uppvisar betydligt större variabilitet. Luft- och sjölägen genereras idag baserat på automatisk sensorinformation, emedan i markmålsfallet utnyttjas till största delen mänskliga observationer. I framtiden torde dock sensortätheten för spaning mot markmål komma att öka betydligt. Det senare kommer därför att kräva nya inhämtnings- och ledningssystem för att automatiskt och tillförlitligt processa, kommunicera och fusionera den stora informationsmängden.

Att skapa ett markmålssensorsystem är ett utmanande forsknings- och utvecklingsprojekt som Försvarsmakten står inför. Säkert är dock att det kommer att krävas en mångfald av sensor- och plattformstyper som knyts ihop inom det nätverksbaserade försvaret. Ledstjärnan för ett sådant system är att dess samlade effekt har potential att bli vida överlägsen summan av delkomponenter tagna var för sig.

För ett markmålssensorsystem behövs sensorer som kan operera på olika tid- och rumskalor. Det behövs alltså sensorer nere på den stridstekniska nivån upp till den strategiska nivån. I det följande skisseras ett möjligt systemsegment baserat på UAV-plattformar med tonvikt på taktiska och operativa uppgifter.

Uppgiften som sensorsystemet ska lösa är att skapa en uppdaterad och tillförlitlig marklägesbild. Ett tänkt område som ska övervakas antas variera i utsträckning från några tiotals till några hundratals kilometer. Inom området finns ett antal flygande plattformar, t.ex. UAV:er, som kan operera på olika höjder och är bestyckade med olika sensorlaster.

Baserat på erfarenheterna från Vidsel-försöken är en av de viktigaste kraven på bildsensorer att de snabbt ska kunna ändra ”zoom-läge”. Med andra ord ska man dynamiskt kunna göra en optimal avvägning mellan upplösning, täckning och uppdateringstakt beroende på uppgiften. Det ska gälla både radar- och optroniksensorer. Ytterligare en erfarenhet är att bildsensorer måste ha automatiska eller semi-automatiska algoritmer för detektion, positionering, etc. eftersom dataflödet lätt blir övermäktigt en mänsklig operatör eller tillgänglig databandbredd. Filtrering, fusion och aggregering är således nödvändiga verktyg för att skapa lägesbilder som kan förstås av människor och därmed blir effektiva som beslutsstöd. Det senare är även exempel på vikten av att kunna ”zooma” i abstraktionsnivå.

Man kan dela in kraven på sensorsystemet i minst tre olika nivåer med delförmågor, vilket illustreras i figur 43. Första nivån skapar en grundlägesbild av alla relevanta mål över hela övervakningsområdet med en viss uppdateringstakt. På den här nivån ställs hårda krav att lägesbilden ska vara uppdaterad med så få störningar som möjligt, dvs. det är viktigt att sensorerna är oberoende av väder, tid på dygnet, topografi, markbeskaffenhet etc. (”allväderskapacitet”). Andra nivån utgår ifrån målkandidater invisade från första nivån och

tar fram detaljerat underlag inför insatsbeslut. Denna nivå ska således identifiera mål samt deras avsikt vilket kräver betydligt mer detaljinformation från sensorerna. Tredje nivå är inmätning under en vapeninsats vilket kräver mycket hög uppdateringstakt speciellt om målet rör sig. Den tredje nivån är dock att beteckna som en målsökare och behandlas inte vidare här.

För den första nivån faller valet på sensorer som utnyttjar radiovågor eftersom de typiskt har stort täckningsområde och även allväderskapacitet. Plattformen bör lämpligen vara flygande på hög höjd för att få stort täckningsområde och samtidigt minska hotbilden, t.ex. en MALE eller HALE ("High Altitude Long Endurance") UAV. Intressant sensorlast för denna plattform är olika former av radar- och signalspaningsutrustning.

Sensorer föreslås med förmåga att både upptäcka stillastående och rörliga mål baserat på SAR- respektive GMTI-teknik. Lågfrekvensradar, såsom CARABAS-II, har därvid ökad förmåga mot stillastående mål p.g.a. hög kontrast mellan mål och bakgrund. Både mikrovågor och låga frekvenser är aktuella för en GMTI-radar. Fördelen med mikrovågor är längre räckvidd, medan låga frekvenser även kan upptäcka rörliga mål under skogs- och möjligen även topografimaskering. Ett exempel på det senare är upptäckt av hovrande helikoptrar.

Signalspaning (SIS) möjliggör också målupptäckt men förutsätter att målen emitterar elektromagnetiska signaler. Fördelen är att man samtidigt också får en målsignatur som vanligtvis kan identifiera målet m.h.a. ett referensbibliotek baserat på emittertyp. Saknas emitterande signaler kan även en högupplösande mikrovågs-SAR utnyttjas för måligenkänning. För denna förmåga krävs dock en hög upplösning på någon/några decimeter.

För den andra nivån faller valet på sensorer med högre detaljupplösning men följaktligen med reducerat täckningsområde. Sensorvalet innehåller en kombination av sensorer inom det elektromagnetiska spektrat. SIS är återigen en viktig passiv sensor för identifikation, och likaså SAR med en mycket hög upplösning på någon decimeter. Optiska sensorer bör också ingå med deras goda förmåga till målidentifikation när vädret tillåter. Speciellt intressant är därvid en avbildande och högupplösande lasersensor som utnyttjar avståndsgreppning för att penetrera tunnare moln och glesare vegetationsridåer [9]. Plattformen bör således även kunna operera på lägre höjd för att undgå molnproblemen.



Figur 43. En schematisk skiss över sensorsystem på olika nivåer och med kompletterande delförmågor som samverkar i ett nätverksbaserat försvar för att uppnå ett informationsövertag.

7 Diskussion och sammanfattning

Sensorförsöken i RFN Vidsele under juni månad 2002 syftade till att värdera olika sensortyper för markmålsspaningsuppgiften. Både radar och optronik ingick i flygande plattformar. På den inhyrda UAV:n Eagle 1 fanns mikrovågsradar, med både SAR- och GMTI-moder, samt EO- och IR-sensorer. CARABAS-II SAR på VHF-bandet flögs installerad ombord på FMV:s provflygplan TP86 Sabreliner.

Målspel genomfördes på marken för att exemplifiera olika spaningssituationer. Totalt användes 25 terrängfordon av tre olika storleksklasser (TGB11, TGB30 och TGB40). Fordonen placerades både öppet på ett gräsbevuxet fält och i skydd av skog. Vid ett tillfälle genomfördes också ett rörligt målspel med några fordon körande på vägar. Förutom fordonen, placerades också ett antal radarreflektorer ut som referensmål.

Det statiska målspelet konstruerades huvudsakligen för flygprogrammet med CARABAS-II men kunde även samutnyttjas av Eagle. Det rörliga målspelet var dock enbart avsett för Eagle eftersom CARABAS-II inte har förmåga att upptäcka denna klass av mål.

Data samlades in från samtliga sensorer med varierande kvalitet. EO/IR-data från Eagle spelades in på videoband med Super-VHS-kvalité, dvs. analogt lagrad kompositvideo. Det senare innebär en kvalitetsförsämring jämfört med ursprungsdata som är digitala. Radardata från Eagle länkades digitalt men endast 8-bitars bitmap-bilder har funnits tillgängliga i samband med analysen. Det innebär att radarbildernas fulla dynamikområde inte kan rekonstrueras. En kvantitativ analys har därför inte varit möjlig, vilket inneburit att upplösningen i radarbilderna endast bedömts på ett kvalitativt sätt. Inte heller radarmålarea har kunnat beräknas eftersom det är oklart hur radarbilderna omvandlats till bitmap-bilder. Vad det gäller CARABAS-bilderna har de genomgående god kvalitet. Endast ett fåtal flyglöpor förlorades p.g.a. problem med datalagringsenheten. Totalt samlade CARABAS-II in data från 150 flyglöpor under den längre försöksperioden 30 maj – 12 juni.

Trots problemen med Eagle-data har en jämförande utvärdering av sensorerna gjorts. En genomgång av tillgängligt sensordata visade att det inte finns en enda målkonfiguration med alla sensortyper representerade vid samma tillfälle (dag). Flest sensortyper finns över det statiska målspelet på fältet vid Nausta by, med radardata från både Eagle och CARABAS-II fast från olika dagar. Analysen av radarbilderna visar att fordonen kan upptäckas med både Eagle och CARABAS-II SAR. Förutom eventuella flygoperativa restriktioner gäller denna slutsats oberoende av väderlekssituationen. EO/IR-sensorerna, däremot, är ytterst känsliga för molnförekomst vilket ofta är ett problem på den aktuella flyghöjden (ca 22000 ft). Det var också skälet till att EO/IR-data saknades över det statiska målspelet på gräsfältet vid Nausta by.

Bland det insamlade materialet finns exempel på radarbilder från Eagle med olika upplösning och täckning. Upptäckt av fordon i öppen terräng var påtagligt svårt för en operatör när SAR-upplösningen var 3 m. Skälet är dålig kontrast mellan mål och dess bakgrund. Det blev dock en betydligt lättare uppgift när upplösningen förbättrades under 1 m. Bäst kontrast och därmed förmåga till upptäckt och igenkänning gav Eagles SAR-bilder när den finaste upplösningen (0.25 m) användes.

En nackdel med hög upplösning är att SAR-systemets yttäckningskapacitet reduceras. Eagles SAR-bilder med 3 m i upplösning täcker ett kontinuerligt bildstråk med bredden 12 km i

avstånd. Väljs däremot 1 m som upplösning kan SAR-bilden endast genereras inom en yta av $1.5 \times 1.5 \text{ km}^2$. Det avspanade områdets storlek begränsas således avsevärt när en finare upplösning väljs för att förbättra upptäcktsprestanda.

CARABAS-II SAR erbjuder möjligheten att kombinera både hög yttäckningskapacitet och goda upptäcktsprestanda p.g.a. hög kontrast mellan mål och bakgrund. Anledningen är att returspridningen (radareköt) från marken är betydligt lägre på VHF- jämfört med på K_u -bandet. SAR-bilderna från CARABAS-II ger därför goda upptäcktsprestanda även över ett kontinuerligt bildstråk som täcker 5-10 km i avstånd. Vad det gäller måligenkänning är dock CARABAS-bilderna av begränsat värde p.g.a. den måttliga upplösningen. SAR-bilderna från Eagle med den finaste upplösningen (0.25 m) bedöms ge goda möjligheter till igenkänning. Ännu finare upplösning torde dock krävas för tillförlitlig identifikation.

Den sista flygdagen med Eagle gav en möjlighet att utvärdera EO/IR-sensorerna över gräsfältet vid Nausta by under i det närmaste molnfria förhållanden. Genom att utnyttja maximal zoomning i kombination med brant infallsvinkel kunde många fler detaljer identifieras. I det här fallet var upplösningen så bra att t.o.m. renarna på det öppna fältet kunde identifieras.

Diskussionen ovan har gällt det statiska och öppna målspelet vid Nausta by. Terrängfordon placerades också ut i skogen för att utvärdera de olika sensortypernas förmåga. Tyvärr finns huvudsakligen CARABAS-bilder tillgängliga från detta målspel och resultaten visar att upptäcktsförmågan är mycket bra. SAR-bilder från Eagle över samma målspel finns endast representerat med en SAR-bild med 3 m i upplösning och där målen inte kunde upptäckas.

Avslutningsvis gjordes också en begränsad utvärdering av GMTI-moden på Eagle. Data bestod i det här fallet av kartor med överlagrade detektioner från ett visst intervall bakåt i tiden. Problem med tidssynkronisering mellan sensor och målspel innebar dock att utvärderingen är ofullständig. Ett antal detektioner syns på kartorna som eventuellt kan hänföras till det rörliga målspelet. Det finns också ett flertal detektioner som inte kan relateras till målspelet men det är oklart vad de beror på. Antingen rör det sig om okontrollerade rörliga objekt eller om falskmål som beror av att bakgrundsignalen fluktuerar.

Sammanfattningsvis gav försöken vid RFN Vidsel ett unikt tillfälle att utvärdera flygande radar- och optroniksensorer för markspaningsuppgiften. Man kan konstatera att de olika sensortyperna kompletterar varandra på ett värdefullt sätt. CARABAS-bilderna ger den bästa förmågan till upptäckt av stillastående fordon över stora områden vare sig de står öppet eller i skydd av skog. GMTI-moden på Eagle borde ge motsvarande förmåga mot rörliga fordon, åtminstone under öppna markförhållanden. Notera att både CARABAS och Eagle SAR har denna spaningsförmåga i det närmaste oberoende av väder och tid på dygnet. Förmågan till igenkänning är dock begränsad p.g.a. den måttliga upplösningen. SAR-bilderna från Eagle med den finaste upplösningen på 0.25 m visade på möjligheten till måligenkänning i situationer med öppen terräng. Ytterligare högre upplösning krävs dock för målidentifikation med radar medan prestanda hos EO/IR-systemet på Eagle var tillräckliga för denna uppgift.

Avslutningsvis har vi också diskuterat ett förslag till sensorlast på UAV för ett operativt markspaningssystem. Förslaget baserar sig på kompletterande elektromagnetiska sensorer för pålitlig upptäckt, positionering, igenkänning och identifikation. Systemet ska ha förmåga att "zooma", dvs. kapacitet för både översikts- och detaljspaning. För upptäckt föreslås en kombination av SIS, GMTI (mikrovågs-/UHF-bandet) och SAR (CARABAS VHF-band). För måligenkänning och identifikation föreslås SIS, SAR (mikrovågsbandet) med decimeter-upplösning, laser och EO/IR.

Referenser

- [1] M. Abrahamsson and K. Lundahl, "North European Aerospace Test range - NEAT," *Proc. 10th AIAA/NAL-NASDA-ISAS International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference*, Kyoto, Japan, 24-27 April 2001, AIAA Paper 2001-1908, 6 pages.
- [2] K. Lundahl (Ed.), *Proc. UAV Demo Kiruna 02 Seminar*, Kiruna, Sweden, 4-6 June 2002, Swedish Space Corporation, Solna 2002, (CD with viewgraphs).
- [3] H. Hellsten, L.M.H. Ulander, A. Gustavsson, and B. Larsson, "Development of VHF CARABAS II SAR," *Proc. Radar Sensor Technology, SPIE AeroSense Conference*, Orlando, FL, 8-9 April 1996, SPIE vol. 2747, pp. 48-60.
- [4] B. Larsson, P.-O. Frölind, A. Gustavsson, H. Hellsten, T. Jonsson, G. Stenström, and L.M.H. Ulander, "Some results from the new CARABAS II VHF SAR system," *Proc. Third International Airborne Remote Sensing Conference*, Copenhagen, Denmark, 7-10 July 1997, pp. 25-32.
- [5] A. Gustavsson, B. Flood, P.-O. Frölind, H. Hellsten, T. Jonsson, B. Larsson, G. Stenström, and L.M.H. Ulander, "Development and operation of the FOA CARABAS HF/VHF-SAR system," *Proc. 4th International Workshop on Radar Polarimetry*, Nantes, France, 13-17 July 1998, pp. 214-228.
- [6] L.M.H. Ulander, H. Hellsten, and G. Stenström, "Synthetic-aperture radar processing using fast factorised back-projection," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems*, (in press).
- [7] L.M.H. Ulander, P.-O. Frölind, A. Gustavsson, H. Hellsten, and B. Larsson, "Detection of concealed ground targets in CARABAS SAR images using change detection," *Proc. Algorithms for Synthetic Aperture Radar Imagery, SPIE AeroSense Conference*, Orlando, FL, 5-9 April 1999, SPIE vol. 3721, pp. 243-252.
- [8] C. Danielsson och T. Hylander, "UAV-demonstrator Kiruna 2002. Test flight evaluation of a MALE UAV (EADS/IAI Malat EAGLE)," *Försvarets Materielverk, Dokument VoVC 35 801:19322/02*, Linköping 2002-05-14, 44 sidor.
- [9] L. Klasén, O. Steinvall, G. Bolander och M. Elmqvist, "Grindad avbildning – Inledande prov vid långa avstånd," Vetenskaplig rapport, Rapport FOI-R--0302--SE, FOI, Linköping, December 2001.

A. Appendix EO/IR

A.1 Tillgängligt och utvalt datamaterial för utvärdering

Under Eagle-flygningarna har ett antal Super-VHS-band (analogt lagrad kompositvideo) spelats in i markstationen. Videosignalen verkar vara från två källor, dels en som operatören använder med diverse information och riktkors överlagrade, och dels en svartvit bildsekvens utan tilläggsinformation överlagrad men inkluderande ett riktkors. Dessvärre finns ingen tidsreferens mellan videobanden från respektive källa.

Totalt har FOI disponerat 23 videoband från flygningarna. Detta material är dock för omfattande för en heltäckande analys, varför enbart en delmängd använts. Endast videobilder med överlagrad telemetridata har analyserats. Väderleksförhållanden, t.ex. molnförekomst, innebär dessutom att stora delar av materialet är av mindre intresse. Slutligen har vi främst koncentrerat oss på de dagar och områden där jämförande CARABAS-data finns tillgängligt. Tabell A-1 listar data som har analyserats, medan tabell A-2 listar de delar som digitaliserats. Den senare innehåller också position och tidpunkt för att lättare kunna hitta på videobanden.

Tabell A-1. Analyserade videoband.

Datum	Flygning	Band	Tidsintervall	Kommentar
2002-06-04	3	1	10:56 - 13:12	Dåligt väder ger begränsad sikt.
2002-06-06	5	2	13.45 - 14:46	Användbart material. Varierande moln.
2002-06-06	5	3	14:47 - 15:39	Hemfärd från målområdet.

Tabell A-2. Digitaliserade videosekvenser.

Filnamn	Identifierad koordinat WGS84: lat long [° '] Rikets nät: x [m] y [m]	Tidsangivelse för koordinat [tim:min:sek]	Kommentar
020604_tid_1222.avi	66 38.91N 19 52.01E 7400374x 1679637y	12:23:13	Norr om Jokkmokk
020604_tid_1310.avi	66 21.91N 19 18.16E 7367306x 1656478y	13:11:39	Nausta by i IR, skymd av moln
020604_tid_1311_Nausta.avi	66 21.78N 19 17.68E 7367045x 1656134y	13:11:42	Nausta by skymd av moln
020606_tid_1345_Nausta.avi	66 21.96N 19 17.10E 7367355x 1655683y	13:46:29	Reflektor vid Nausta by
020606_tid_1441_Forest2.avi	66 23.27N 19 15.58E 7369724x 1654417y	14:42:08	Väggrind Naustadammen
020606_tid_1442_Naustaby.avi	66 21.52N 19 17.28E 7366546x 1655863y	14:43:42	Reflektor Nausta by (sedd från 10,5 km)
020606_tid_1502_sensordemo.avi	66 38.65N 19 43.31E 7399481x 1673261y	15:01:56	Haraudden, NV Jokkmokk

A.2 Överlagrad navigeringsinformation i videodata

I videobilderna är information rörande olika sensorinställningar samt viss flyginformation överlagrad på bilden, se Figur A-1. Tabell A-3 sammanfattar den överlagrade informationens innebörd.

Tabell A-3. Tolkning av den överlagrade informationen i videobilderna.

Position och benämning i bilden	Värde i Figur A-1	Innebörd
Övre vänstra hörnet (ÖVH) rad 1	66 21.40N 019 18.00E	Latitud och longitud för bildcentrum i WGS 84. (Korrekt målposition erhålls endast då beteckningen "TLA" visas bredvid koordinaterna).
ÖVH rad 2, RNG	10467	Avstånd till bildcentrum i meter. (jfr "HTD").
ÖVH rad 3, TAL	461	Bildcentrums höjd i meter, i WGS 84. (Anges antingen manuellt i systemet eller via en höjdkarta).
QVH rad 4, AAT	6286	Höjd över målet/bildcentrum i meter, beräknas i markstationen troligen utifrån "TAL"- och "RNG"-värdena.
ÖVH rad 5, HTD	8368	Horisontellt avstånd till bildcentrum i meter, beräknas i markstationen troligen utifrån "TAL"- och "RNG"-värdena.
Vänstra kanten, skala med pil	En ograferad skala	Inställt synfält på aktuell sensor. Fyrkanten ovan anger om zoomlins är aktiverad (fylld) eller ej (tom).
Nedre vänstra hörnet (NVH) rad 1, LREO	Finns ej med i figur A-1 men t.ex. i figur 33.	Indikator för hög / låg rotationshastighet hos EO/IR-lastens rörelse.
NVH rad 2, SLB	211	Bäring i grader till bildcentrums siktlinje, relativt sann norr. (Markerad med en pil i bilden).
NVH rad 3, DEP	37	Depressionsvinkel till bildcentrum, relativt horisonten.
Övre högra hörnet (ÖHH) rad 1	14:43:49	Tid tim:min:sek, manuellt inställd tid i markstationen.
ÖHH rad 1, NUC	(Endast IR-bilder)	Anger kalibreringstabell och integrationstid för IR-sensorn.
ÖHH rad 2	06-06-02	Datum dag-månad-år.
ÖHH rad 3	#001	Uppdragsnummer.
Högra kanten, skala G	(Endast IR-bilder)	Inställd förstärkning för IR-sensorn.
Högra kanten, skala L	(Endast IR-bilder)	Inställd nollnivå för IR-sensorn
Nedre högra hörnet (NHH) rad 1, FOC LIMIT eller IRIS LIMIT	IRIS LIMIT	Fokus- respektive brännviddsgräns nådd för EO-sensorn.
NHH rad 2, SCL	SCL 8- 1	Skalan i meter på en kvadratcentimeter på operatörens skärm. (Observera att detta mått endast gäller markstationens skärmar och presentationsprogramvara).
Centrum i nederkant, PLD FAIL	PLD FAIL	Visas då fel indikeras från någon av sensorerna.

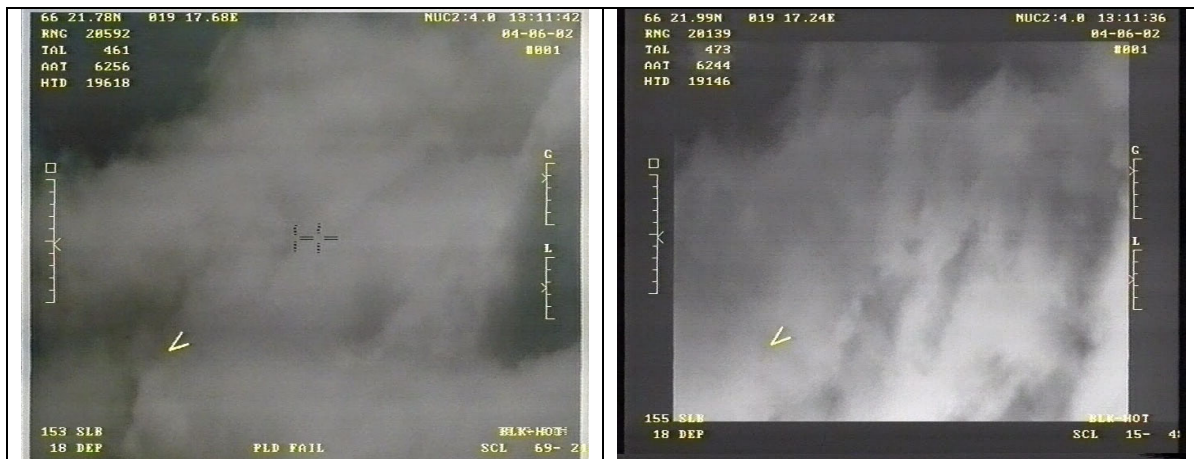
Förutom denna information finns i bilden även en indikator för sann norr i form av en pil och ett rikt kors. Riktkorset kompletteras med en målosäkerhetsindikator i form av en fyrkant vid målföljning.



Figur A-1. Videobild från 2002-06-06 kl 14:43:49 med radarreflektorn vid Nausta by.

A.3 Spaningskapacitet hos de optiska sensorerna

Eagle-systemet är avsett för spaning på hög höjd och på stort avstånd från målområdet. Det är då viktigt att ha i åtanke att moln skymmer sikten i både EO- och IR-data, se figur A-2.



Figur A-2. Nausta by bakom moln, EO till vänster IR till höger.

Vid fri sikt kan dock bra bildkvalité erhållas på långt håll, se figur A-3 och A-4.



Figur A-3. Bildkvalitet med EO-sensor på drygt 18.5 km avstånd. Maximalt normalzoomläge till vänster och extra telelins till höger.



Figur A-4. Zoomkapacitet hos IR-sensorn i 3 steg, jämför tabell 8. Överst till vänster visas en EO-bild av området som referens. I de två övre bilderna indikeras att målföljning pågår då riktkorset kompletterats med en målosäkerhetsindikator i form av en fyrkant.

B. Appendix Fordonsdata under olika målspel

B.1 Statiska målspel

Positionerna för de 25 terrängfordonen på det gräsbevuxna fältet vid Nausta by har mätts in med en markbunden GPS-utrustning. Varje enskild mätpunkt definierades så att den skulle motsvara mittpunkten för respektive fordon på plats. I förebyggande syfte markerades som regel en sådan punkt genom att krypa in under fordonen och slå ner en träpinne. Varje enskild GPS-mätning i öppen terräng innebar insamling av satellitdata i mottagarenheten under tre till fyra minuter. För att få noggranna positioner har dessa data efterbearbetats med fasdifferentiell GPS-teknik där samtidiga tilläggsdata från den fasta GPS-stationen i Arjeplog använts. Resultatet av bearbetningen för fordonspositionerna vid Nausta by finns sammanställda i tabell B-1. Det angivna gradtalet för orientering i tabellen är uppmätt med kompass och hänför sig till hur respektive fordon frontparti pekar.

Tabell B-1. Måldata för fordonsuppställningen vid Nausta by.

ID-nr i fig. 7	Nummer- plåt	Fordons- typ	Rikets nät (X)	Rikets nät (Y)	Höjd (RH70)	Orientering (grader)
1	112820	TGB11	7366994	1655534	476	322
2	113337	TGB11	7367014	1655521	475	350
3	112832	TGB11	7367034	1655506	476	24
4	112633	TGB11	7367053	1655492	476	58
5	113428	TGB11	7367078	1655476	476	80
6	112662	TGB11	7367100	1655460	477	108
7	113335	TGB11	7367123	1655448	477	144
8	331201	TGB30	7366979	1655566	476	332
9	330280	TGB30	7367002	1655554	476	332
10	330308	TGB30	7367024	1655542	476	332
11	331120	TGB30	7367047	1655530	475	332
12	331052	TGB30	7367069	1655518	476	332
13	330338	TGB30	7367094	1655505	476	332
14	113375	TGB11	7367021	1655588	475	328
15	340785	TGB40	7367043	1655573	474	328
16	345009	TGB40	7367065	1655558	475	328
17	340095	TGB40	7367087	1655542	476	328
18	340323	TGB40	7367036	1655615	474	324
19	113414	TGB11	7367060	1655597	475	324
20	340278	TGB40	7367081	1655581	475	324
21	331777	TGB30	7367103	1655564	476	324
22	345005	TGB40	7367050	1655643	474	324
23	112776	TGB11	7367076	1655624	474	324
24	340255	TGB40	7367100	1655608	474	324
25	331774	TGB30	7367123	1655591	475	324

Stationen i Arjeplog ingår i det nationella SWEPOS-systemet som drivs av Lantmäteriverket. Som framgår av figur B-1 är stationen i Arjeplog den enhet som ligger geografiskt närmast Vidselområdet. För att få bästa resultat vid inmätning av positioner är det eftersträvarsvärt att de två mottagna datamängderna i den fasdifferentiella bearbetningen har utsatts för likartade förhållanden avseende vågutbredningen genom atmosfären för GPS-signalerna under dess väg

från satelliterna ner till jordytan. Tillgång till en referensstation på minsta möjliga avstånd är därför att föredra.



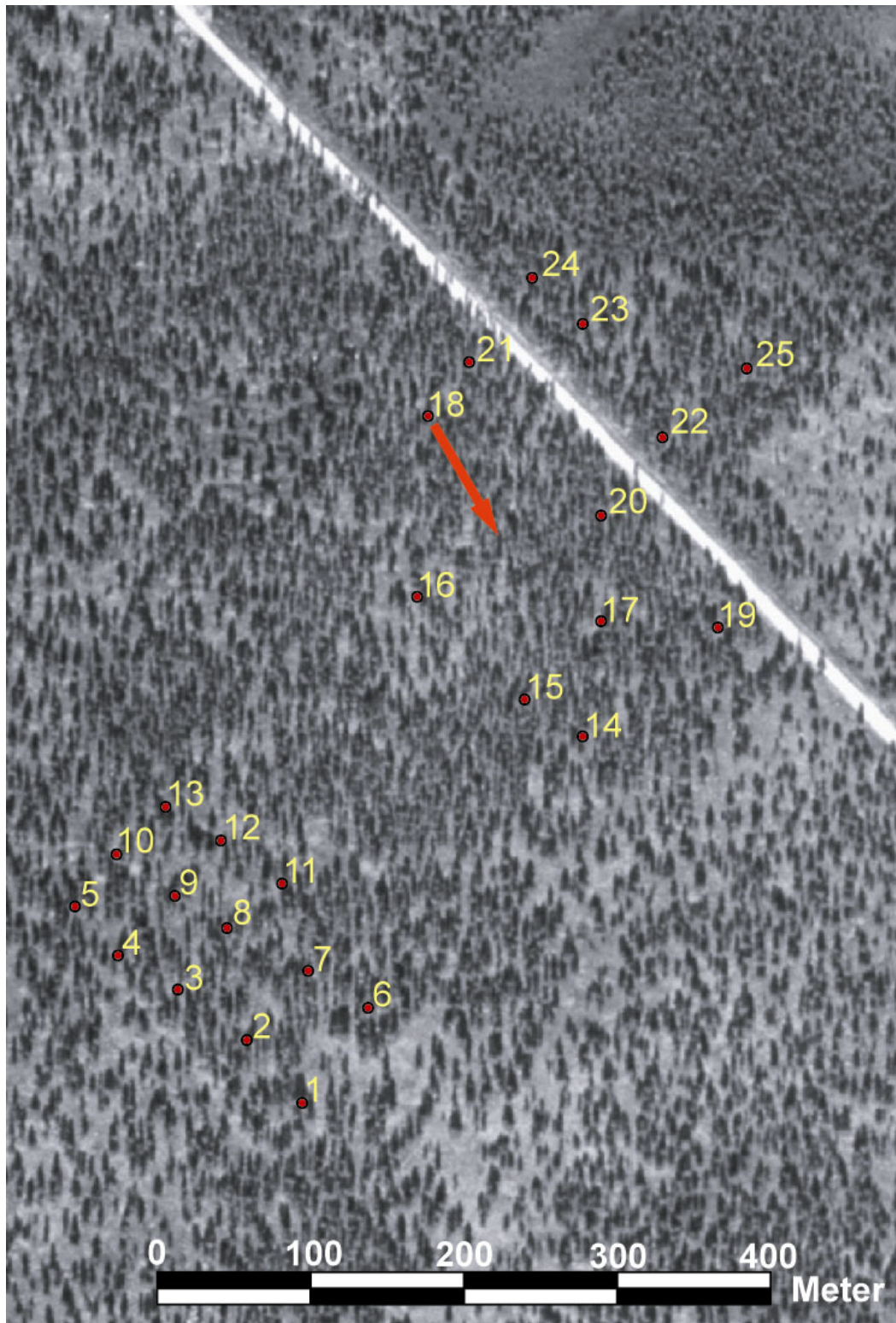
Figur B-1. Platser för de mottagningsstationer i Sverige som ingår (mars 2000) i det nationella SWEPOS-systemet för noggrann positionering baserat på GPS-teknik. (Bild: <http://swepos.lmv.lm.se>).

GPS-mätningar i skog ger som regel en större osäkerhet p.g.a. inverkan av grenar och lövverk, speciellt om skogen är tät. Det behövs dessutom ofta längre mättider i skog för att få något användbart data överhuvudtaget som kan bearbetas fasdifferentiellt mot mottagna simultana signaler från en referensstation. Då de 25 fordonpositionerna i skog 1 mättes in blev mättiderna per punkt närmare tio minuter i medeltal. Resultaten efter bearbetning återfinns i tabell B-2.

I figur B-2 har värdena från tabell B-2 överlagrats på ett ortofoto kring skog 1. Det är uppenbart att koordinaten för fordon med målnummer 18 avviker kraftigt från den position där fordonet var placerat enligt målkonfigurationen i figur 8. En indikation på att osäkerheten i GPS-mätningen är stor ges av att det framräknade koordinatvärdet åtföljs av en hög spridningssiffra om man går in och tittar närmare i resultatfilerna från efterbearbetningen av positionsdata. Detta exempel illustrerar tydligt de svårigheter som kan föreligga när positionsmätningar med hög noggrannhet skall göras inne i ett skogsområde utnyttjande GPS-teknik.

Tabell B-2. Måldata för fordonsuppställningen i skog 1.

ID-nr i fig. 8	Nummer- plåt	Fordons- typ	Rikets nät (X)	Rikets nät (Y)	Höjd (RH70)	Orientering (grader)
1	112633	TGB11	7367769	1654347	500	43
2	112776	TGB11	7367809	1654311	500	194
3	112820	TGB11	7367843	1654266	499	106
4	112832	TGB11	7367864	1654226	499	40
5	113375	TGB11	7367897	1654199	498	251
6	340278	TGB40	7367830	1654389	495	160
7	330308	TGB30	7367854	1654351	499	212
8	331777	TGB30	7367883	1654298	497	166
9	331052	TGB30	7367903	1654263	496	230
10	113414	TGB11	7367930	1654225	495	32
11	331774	TGB30	7367911	1654334	496	348
12	340255	TGB40	7367939	1654294	497	114
13	345009	TGB40	7367961	1654258	492	54
14	112662	TGB11	7368007	1654530	483	272
15	113337	TGB11	7368031	1654492	492	288
16	113335	TGB11	7368098	1654421	481	22
17	331201	TGB30	7368082	1654541	504	328
18	113428	TGB11	7368217	1654428	474	270
19	330338	TGB30	7368079	1654618	480	280
20	331120	TGB30	7368151	1654542	480	242
21	330280	TGB30	7368251	1654456	482	146
22	340785	TGB40	7368202	1654582	478	152
23	345005	TGB40	7368276	1654530	475	144
24	340323	TGB40	7368307	1654496	476	228
25	340095	TGB40	7368247	1654637	474	68



Figur B-2. De uppmätta GPS-positionerna för fordonen i skog 1 överlagrade på ett utsnitt av ortofotot i figur 6. Fotot är taget under år 2000 av Lantmäteriverket. Målpositionen för fordon 18 uppvisar en stor avvikelse jämfört med den övergripande skissen av konfigurationen i figur 8. (Ortofoto: Copyright Lantmäteriverket 2001. Ärende nr L2002/308).

B.2 Rörligt målspel

Det rörliga målspelet genomfördes under Eagles flygning torsdagen 6 juni och initierades efter att en dryg timme av flygprogrammet över RFN Vidsel genomförts. Målspelet kom att pågå från klockan 10.50 till dess att UAV:n lämnade området klockan 14.25. Som rörliga objekt användes totalt 6 terrängfordon som tillfälligt plockades ut ur det statiska målspelet som från morgonen torsdagen 6 juni fram till och med söndagen 9 juni fanns på plats i skog 1. Kartan i figur B-3 visar det område inom vilket dessa sex fordon förflyttade sig och fyra platser finns där inritade vilka geografiskt motsvaras av:

Punkt 1 - Vägkorset vid vägen in mot Nausta by.

Punkt 2 - Avtagsvägen mot Tårarajaur.

Punkt 3 - Punkt G.

Punkt 4 - Nausta by.

Avlästa tidpunkter för passage av de fyra fordonen som i kolonn förflyttade sig på den yttre vägslingan finns sammanställda i tabell B-3. I den ursprungliga planeringen skulle fordonen färdas kontinuerligt medurs så många varv som man hann med under det att mätningar mot rörliga mål med Eagle pågick, samt att under denna period ändra farthållningen varannan timme. I ett senare skede under målspelet kom dock denna rundbana att ersättas av halva varv inom den nordostliga delen, vilket också innebar att platsen för notering av tider byttes från punkt 1 till punkt 2 enligt tabellen. Motsvarande tidtagning för det enskilda fordon som färdades fram och åter på avtagsvägen in mot Nausta by finns sammanställt i tabell B-4. I detta fall registrerades endast klockslaget vid punkt 1 och värdena beskriver således den totala tiden att köra tur och retur Nausta by, inklusive byte av fordonstyp vid vissa tillfällen samt eventuella fördröjningar vid vändning i byn exempelvis orsakade av grupper med strövande och betande renar. Tabell B-5 sammanfattar några andra fordonsrörelser som noterades vid punkt 1. Samtliga tider är avlästa på inom minuten synkroniserade armbandsur tillhörande totalt tre olika personer under perioden för målspelet. Tiderna är därmed angivna enligt referenssystemet svensk sommartid.

Tabell B-3. Klockade tidpunkter vid vägkorsningen mot Nausta by (punkt 1 i figur B-3) och senare vägkorsningen mot Tårarajaur (punkt 2 i figur B-3) för fyra fordon av två skilda fordonstyper. Fordonen körde inledningsvis rundvarv (medurs) och sedan halvvarv (nordöstra delen, ömsom medurs och ömsom moturs) längs den yttre vägslinga, se figur B-3, som också definierade huvudområdet för sensorspaningarna med Eagle över RFN Vidsel.

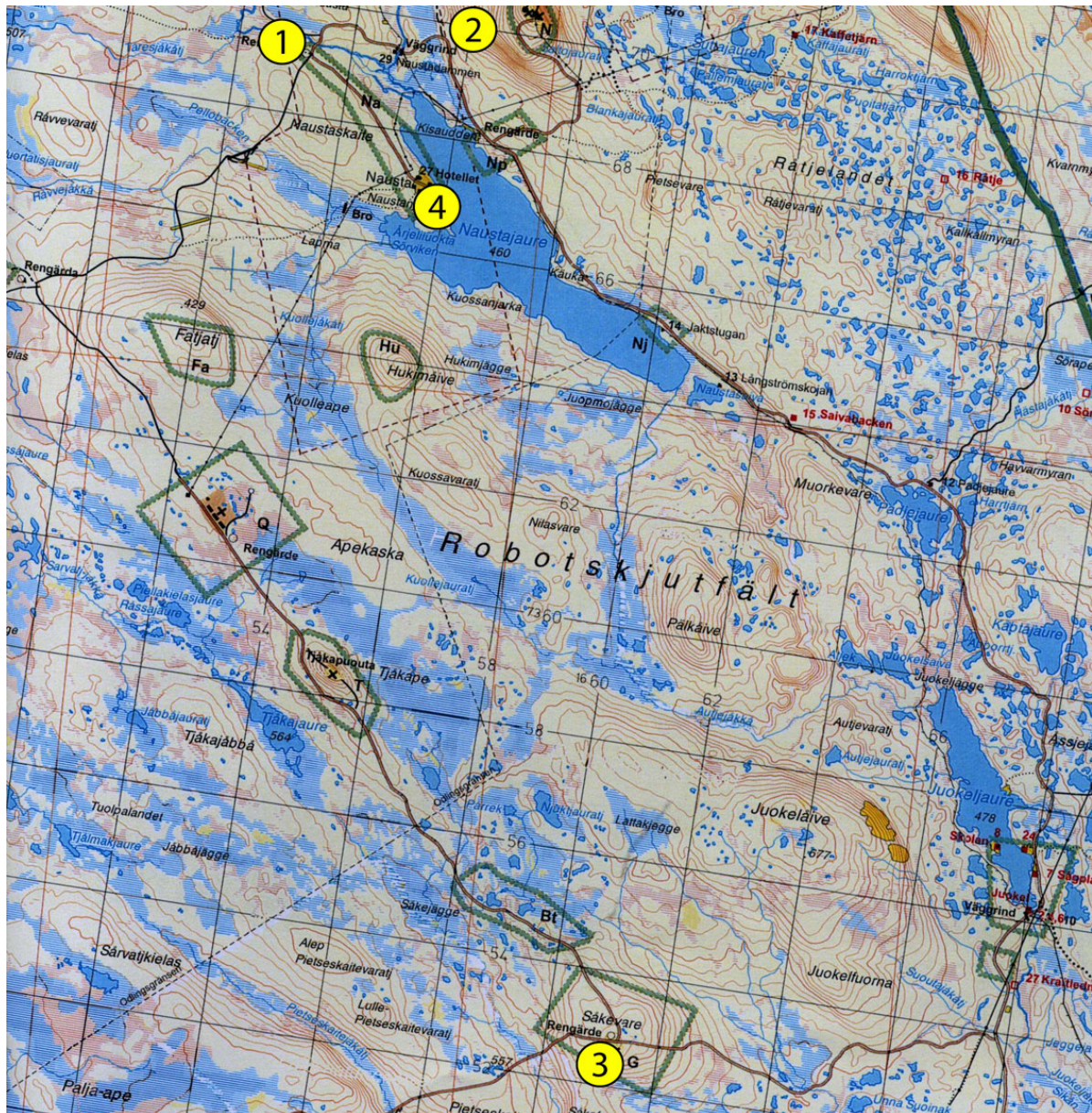
Tidpunkt och plats	Nummerplåt	Fordonstyp	Beordrad fart (km/h)	Färdväg
10:50, punkt 1	113337	TGB11	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 1
10:50, punkt 1	113428	TGB11	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 1
10:50, punkt 1	331120	TGB30	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 1
10:50, punkt 1	331201	TGB30	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 1
12:19, punkt 1	113337	TGB11	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 2
12:19, punkt 1	113428	TGB11	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 2
12:19, punkt 1	331120	TGB30	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 2
12:19, punkt 1	331201	TGB30	40	Punkt 1 - 2 - 3 - 2
14:11, punkt 2	113337	TGB11	20	Punkt 2 - 3 - 2
14:11, punkt 2	113428	TGB11	20	Punkt 2 - 3 - 2
14:11, punkt 2	331120	TGB30	20	Punkt 2 - 3 - 2
14:11, punkt 2	331201	TGB30	20	Punkt 2 - 3 - 2

Tabell B-4. Klockade tidpunkter vid vägkorsningen mot Nausta by (punkt 1 i figur B-3) för det enstaka fordon som färdades fram och tillbaka mellan korsningen och byn. Två olika fordonstyper utnyttjades omväxlande över tiden.

Tidpunkt vid punkt 1	Nummerplåt	Fordonstyp	Beordrad fart (km/h)	Färdväg
10:50	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
11:03	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
11:15	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
11:26	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
11:37	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
11:51	330338	TGB30	40	Punkt 1 - 4 - 1
12:02	112662	TGB11	40	Punkt 1 - 4 - 1
12:13	112662	TGB11	40	Punkt 1 - 4 - 1
12:24	112662	TGB11	40	Punkt 1 - 4 - 1
12:33	112662	TGB11	40	Punkt 1 - 4 - 1
12:44	112662	TGB11	40	Punkt 1 - 4 - 1
13:00	330338	TGB30	20	Punkt 1 - 4 - 1
13:21	330338	TGB30	20	Punkt 1 - 4 - 1
13:44	330338	TGB30	20	Punkt 1 - 4 - 1
14:01	112662	TGB11	20	Punkt 1 - 4 - 1
14:18	112662	TGB11	20	Punkt 1 - 4 - 1

Tabell B-5. Registrerade tidpunkter vid vägkorsningen mot Nausta by (punkt 1 i figur B-3) av några fordonsrörelser längs vägen mot byn som ej ingick i det rörliga målspelet.

Tidpunkt vid punkt 1	Typ av rörligt mål
11:07	Personbil ut från Nausta by
12:55	Saltbil in mot Nausta by
13:25	Saltbil ut från Nausta by



Figur B-3. Karta som visar de två vägningsnitt som utnyttjades för det rörliga målspelet med totalt sex terrängfordon inblandade. Fyra av fordonen följde en yttre vägslinga definierad enligt punkterna 1-2-3-1 medan man med två fordon istället turades om att köra sträckan mellan punkterna 1-4-1 ett antal gånger vardera. I det pålagda rutnätet motsvarar varje delruta en yta om 2 x 2 km². (Karta: Copyright Lantmäteriverket 2001. Ärende nr L2002/308).

C. GMTI/SAR-bilder från Eagle lagrade på CD-skivor

I detta appendix finns en sammanställning av alla de filer med GMTI- och SAR-data från Eagle som funnits tillgängliga på CD-skivor (Compact Disc) under utvärderingen. Till varje fil med radardata har vid genomgång av bildmaterialet ett markområde namngivits som i möjligaste mån motsvarar en geografisk tyngdpunkt för respektive bildscen. Som framgår ur sammanställningen ingår även en rad registreringar även utanför RFN Vidset.

Till varje SAR-bild finns i regel även en kartbild associerad som visar (troligen den planerade) täckningen av radarregistreringen, jämför figur 16. I några enstaka fall har kartan ingen koppling till vad SAR-bilden visar. Orsaken till detta är inte känd.

Filformatet är genomgående ”*.bmp” (BitMaP Format, ett standardformat i MS-Windows) och om programvaran Photoshop används visualiseras alla filer initialt i moden ”Indexed Color” då de öppnas, oavsett om det finns färginformation eller om det är en genuin gråskalebild. I det sistnämnda fallet bli återgivningen på bildskärmen betydligt bättre om moden ändras till ”Grayscale”. För samtliga filer gäller att intensitetsdynamiken i varje bildpunkt är begränsad och inryms inom 8 bitar.

För de bildfiler där det anges att målutpekning utförts finns denna information överlagrad i färg på gråskalebilden. Det är också till dessa bilder som spaningsrapporterna i Appendix D är associerade.

Sammanställning av SAR-bilder från Eagle tillgängliga på CD i "bmp-format"

Datum	Bildfilnamn	Bildstorlek (antal bildpunkter)	Kartbildsnamn	Kartstorlek (antal bildpunkter)	Avbildat markområde
2002-06-03	0202-00.bmp	2834x4016	M0202-00.bmp	234x296	RFN, Juokelvägen
2002-06-03	0202-01.bmp	6336x4032	M0202-01.bmp	504x350	RFN, Punkt Q, T och Bt
2002-06-03	0405-01.bmp	3264x2112	M0405-01.bmp	193x214	Fel karta? Latnivaara nordväst om Gällivare
2002-06-03	0405-02.bmp	5760x1920	M0405-02.bmp	194x209	Västra delarna av Gällivare
2002-06-03	0506-00.bmp	9024x3456	M0506-00.bmp	269x204	Granudden vid Stora Lulevatten
2002-06-03	0608-00.bmp	3998x4070	M0608-00.bmp	258x335	RFN, Majtummvägen
2002-06-03	0802-00.bmp	7417x2017	M0802-00.bmp	400x423	Söder om Sirkesluokta vid Stora Lulevatten
2002-06-03	1204-00.bmp	9600x4032	M1204-00.bmp	440x364	RFN, Punkt Q, T, Bt, G och O
2002-06-03	1204rs.bmp	432x320			RFN, Punkt O. Med målutpekning
2002-06-03	1204za.bmp	862x575			RFN, Punkt Q. Med målutpekning
2002-06-03	1204zb.bmp	656x357			RFN, Punkt T. Med målutpekning
2002-06-03	1204zc.bmp	669x332			RFN, Nära punkt Bt. Med målutpekning
2002-06-03	1204zd.bmp	660x492			RFN, Punkt G. Med målutpekning
2002-06-03	1707-01.bmp	4224x2112	M1707-01.bmp	331x249	RFN, Punkt V
2002-06-03	1712-00.bmp	4032x2112	M1712-00.bmp	495x315	RFN, Punkt Q
2002-06-03	171201cs.bmp	667x458			RFN, Punkt V. Med målutpekning
2002-06-03	1816-01.bmp	3840x1920	M1816-01.bmp	475x346	RFN, Punkt G
2002-06-03	1816-02.bmp	2861x1949	M1816-02.bmp	499x377	RFN, Nära punkt T
2002-06-03	2208-01.bmp	4224x4032	M2208-01.bmp	272x254	Jokkmokks flygplats
2002-06-03	2208-02.bmp	1920x4032	M2208-02.bmp	314x321	Lilla Luleälven norr om Jokkmokks flygplats
2002-06-03	2309-00.bmp	4608x1920	M2309-00.bmp	238x309	Jokkmokks flygplats, sydöstra delen
2002-06-03	2309-01.bmp	4800x1920	M2309-01.bmp	153x118	Jokkmokks flygplats, sydöstra delen
2002-06-03	2610-00.bmp	3840x1920	M2610-00.bmp	204x137	Jokkmokks flygplats, reservbana
2002-06-03	2610-01.bmp	3840x1920	M2610-01.bmp	165x162	Jokkmokks flygplats, reservbana
2002-06-03	2610-02.bmp	1920x1728	M2610-02.bmp	213x160	Jokkmokks flygplats, reservbana
2002-06-03	3302-00.bmp	885x470	M3302-00.bmp	183x121	Jokkmokks flygplats, nordvästra delen
2002-06-03	3302ap.bmp	608x698			Jokkmokks flygplats. Med målutpekning
2002-06-03	3408-00.bmp	3648x2112	M3408-00.bmp	241x176	Jokkmokks flygplats, mellersta delen

Datum	Bildfilnamn	Bildstorlek (antal bildpunkter)	Kartbildsnamn	Kartstorlek (antal bildpunkter)	Avbildat markområde
2002-06-04	0401_rs.bmp	565x399			RFN, Punkt O. Med målutpekning
2002-06-04	0402_00.bmp	4608x1920	M0402_00.bmp	412x336	RFN, Punkt G
2002-06-04	0402_01.bmp	4800x1920	M0402_01.bmp	565x368	RFN, Punkt O
2002-06-04	0402_02.bmp	9024x2112	M0402_02.bmp	289x117	RFN, Naustadammen och punkt N
2002-06-04	0404_00.bmp	4032x1920	M0404_00.bmp	293x280	Latnivaara nordväst om Gällivare
2002-06-04	0404_01.bmp	3456x2112	M0404_01.bmp	305x293	Latnivaara nordväst om Gällivare
2002-06-04	0404_02.bmp	5760x1920	M0404_02.bmp	334x385	Västra delarna av Gällivare
2002-06-04	0803_02t.bmp	689x536			RFN, Punkt N. Med målutpekning
2002-06-04	L0102_00.bmp	8256x4032	M0102_00.bmp	413x199	RFN, Punkt T och G till Juokelvägen
2002-06-04	L0502_00.bmp	11712x4032	M0502_00.bmp	477x276	RFN, Nausta till Majtumnvägen
2002-06-04	L0803_02.bmp	3684x2112	M0803_02.bmp	238x183	RFN, Punkt N
2002-06-04	L0803_03.bmp	4416x2112	M0803_03.bmp	232x152	RFN, Södra Naustahalvön
2002-06-04	L1906_00.bmp	1920x2688	M1906_00.bmp	215x153	RFN, Nausta by
2002-06-04	L1906_nu.bmp	752x595			RFN, Nausta by. Med målutpekning
2002-06-04	L402_ju.bmp	441x341			RFN, Punkt G. Med målutpekning
2002-06-05	1402.bmp	712x483			GMTI-detektioner kring Kiruna (karta)
2002-06-05	2403.bmp	728x678			GMTI-detektioner kring Kiruna (karta)
2002-06-05	L1504_00.bmp	4608x1920	M1504_00.bmp	307x233	Kiruna flygplats, mellersta delen
2002-06-05	L1504_01.bmp	5376x1920	M1504_01.bmp	526x321	Kring Kirunavaara sydväst om Kiruna stad
2002-06-05	L2003_02.bmp	1920x2496	M2003_02.bmp	281x222	Kalixfors flygplats, nordvästra delen
2002-06-05	L2102_00.bmp	7104x3840	M2102_00.bmp	481x351	Kirunavaara och söder därom
2002-06-05	L2502_01.bmp	6336x1920	M2502_01.bmp	373x208	Kring Kirunavaara sydväst om Kiruna stad
2002-06-05	L2502_01_02.bmp	4224x1920	M2502_01_02.BMP	503x375	Kring Kirunavaara sydväst om Kiruna stad
2002-06-05	L2502_02.bmp	3648x1920	M2502_02.bmp	353x275	Kalixfors flygplats
2002-06-05	L2502_02_01.bmp	4224x1920	M2502_02_01.BMP	415x264	Kiruna flygplats, mellersta delen
2002-06-05	L2502_03.bmp	3648x1920	M2502_03.bmp	522x400	Kalixfors flygplats
2002-06-05	L2602_01.bmp	4608x2112	M2602_01.bmp	497x380	Inlandsbanan söder om Gäddmyr

Datum	Bildfilnamn	Bildstorlek (antal bildpunkter)	Kartbildsnamn	Kartstorlek (antal bildpunkter)	Avbildat markområde
2002-06-06	0906_00a.BMP	653x304			GMTI-detektioner RFN, Naustahalvön (karta)
2002-06-06	0906_00b.bmp	496x412			GMTI-detektioner RFN, Nausta by (karta)
2002-06-06	1003_00a.bmp	794x643			GMTI-detektioner RFN, Naustasjön (karta)
2002-06-06	1003_00b.bmp	647x397			GMTI-detektioner RFN, Punkt Ja (karta)
2002-06-06	1007_00.bmp	460x544			GMTI-detektioner RFN, Naustahalvön (karta)
2002-06-06	1010_00a.bmp	497x482			GMTI-detektioner RFN, Punkt Q (karta)
2002-06-06	1010_00b.bmp	313x250			GMTI-detektioner RFN, Naustahalvön (karta)
2002-06-06	1010_00c.bmp	357x246			GMTI-detektioner RFN, Punkt Ja (karta)
2002-06-06	L0205_00.bmp	5568x4032	M0205_00.bmp	457x401	RFN, Punkt Bt till Juokelvägen
2002-06-06	L0205_00_01.BMP	3456x3456	M0205_00_01.BMP	368x377	RFN, Punkt Q och T
2002-06-06	L0205_00_01_ZA.BMP	535x312			RFN, Punkt Q. Med målutpekning
2002-06-06	L0205_00_01_ZB.BMP	473x304			RFN, Punkt T. Med målutpekning
2002-06-06	L0302_00.bmp	6528x1920	M0302_00.bmp	469x366	RFN, Nausta by
2002-06-06	L0302_01.bmp	6144x1920	M0302_01.bmp	711x546 Fel karta?	RFN, Punkt G
2002-06-06	L0302_01_ZD.BMP	509x270			RFN, Punkt G. Med målutpekning
2002-06-06	L0302_02.bmp	6144x1920	M0302_02.bmp	495x270	RFN, Juokelvägen
2002-06-06	L0403_01.bmp	4032x1920	M0403_01.bmp	276x310	Latnivaara nordväst om Gällivare
2002-06-06	L0403_02.bmp	5568x1920	M0403_02.bmp	476x436	Västra delarna av Gällivare
2002-06-06	L0504_00_01.BMP	12096x2112	M0504_00_01.BMP	463x640	Sirkesluokta vid Stora Lulevatten
2002-06-06	L0504_00_03.BMP	2304x4224	M0504_00_03.BMP	694x701	RFN, Majtumvägen
2002-06-06	L0708_01.bmp	3840x2112	M0708_01.bmp	433x478	RFN, Punkt N
2002-06-06	L0708_02.bmp	4224x2112	M0708_02.bmp	453x287	RFN, Nausta by
2002-06-06	L0708_02NU.BMP	1567x817			RFN, Nausta by. Jämförelse med 2002-06-04
2002-06-06	L0708_03.bmp	4800x2112	M0708_03.bmp	600x508	RFN, Korsning med Majtumvägen
2002-06-06	L0708_04.bmp	4032x2112	M0708_04.bmp	430x317	Tårrajaur nordost om RFN

D. Spaningsrapporter från Eagles SAR-mod

I detta appendix återfinns en sammanställning av de spaningsrapporter som genererades i samband med SAR-registreringarna med Eagle och som funnits tillgängliga vid utvärderingen. Som framgår av rapporterna finns även ett exempel från ett område utanför RFN Vidsel, nämligen Jokkmokks flygplats.

De ursprungliga rapporterna är endast tillgängliga i pappersform och ifyllda i en fördefinierad mall. Det innehållsmässigt väsentligaste från dessa dokument har skrivits av och förts in i sammanställningen på följande sidor. En uppgift som ej tagits med är de olika tidsangivelser som finns i utgångsmaterialet. Orsaken till detta är att ingen systematik och robusthet mellan uppgifterna kunnat genomskådas fullt ut inom mängden av alla rapporter, t.ex. datum för avbildningen och tillhörande tidpunkt på dagen. Det naturliga klockslaget att infoga i appendix hade varit det värde som enligt uppgift anger tidpunkten för själva registreringen. För en och samma flygning kan dock dessa tider variera mellan olika spaningsrapporter med mer än vad varaktigheten för det aktuella flygpasset var.

Den enda rimliga förklaringen till motstridiga tidsangivelser är att ingen tidsreferens i Eagle-plattformen länkas ned för att utgöra en gemensam tidsnormal som kan tilldelas allt bildmaterial. Även om så skulle vara fallet verkar en sådan klocka inte ha utnyttjats under Kiruna-försöket för att tilldela allt sensormaterial en entydig tidsetikett. Variationerna i angivelserna är därför troligen orsakade av att värdena som anges extraherats ur den interna klockan på respektive arbetsstation som operatörerna utnyttjar. Speciellt i fallet med rörligt målspelel utgör denna osäkerhet kring en gemensam tidsnormal ett allvarligt hinder för att kunna utvärdera resultaten, dvs. jämförelse av på marken uppmätta tider av rörelsemönster med gjorda detektioner i sensormaterialet.

En annan parameter som återfinns spaningsrapporterna är en förkortning av den radarmod i vilken systemet opererade då rådata till tillhörande SAR-bild registrerades. Fyra olika förkortningar finns och de sammanfaller entydigt med de fyra olika upplösningar som bedömts finnas i den del av bildmaterialet som analyserats kring Naustaområdet. Tabell D-1 sammanfattar de fyra radarmoderna.

Tabell D-1. Benämning av de fyra olika radarmoder som finns angivna i spaningsrapporterna och hur de har befunnits motsvara olika upplösningar i tillhörande SAR-bild.

Beteckning på radarmod	Typ av SAR-bild samt upplösning
RN_ST_CL	Stripmod, 3 x 3 m ²
RN_SP_CH	Spotmod, 1 x 1 m ²
RN_SP_CF	Spotmod, 0.5 x 0.5 m ²
RN_SP_SS	Spotmod, 0.25 x 0.25 m ²

Sammanställning av spaningsrapporter från Eagle i SAR-mod

Datum	SAR-bild	Spaningsrubrik	Kluster-id	Mål-id	UTM E Zon 34	UTM N Zon 34	RT90-2.5V Y	RT90-2.5V X	Radarmod
2002-06-03	1204rs.bmp	Radarstation	Enskilt mål	Området	422429	7343852	1656313	7349428	RN_ST_CL
2002-06-03		Radarstation		1	422565	7344078	1656430	7349665	
2002-06-03	1204za.bmp	Zone A	1	Området	420010	7355914	1652901	7361255	RN_ST_CL
2002-06-03				Klustret	420057	7355846	1652953	7361191	
2002-06-03				1	419201	7358121	1651911	7363389	
2002-06-03				2	419206	7358115	1651916	7363383	
2002-06-03				3	419274	7358047	1651990	7363321	
2002-06-03				4	419288	7358015	1652006	7363291	
2002-06-03				5	419339	7357955	1652062	7363235	
2002-06-03				6	419387	7357933	1652112	7363217	
2002-06-03				7	419401	7357922	1652127	7363207	
2002-06-03				8	419411	7357904	1652138	7363190	
2002-06-03				9	419444	7357795	1652180	7363084	
2002-06-03				10	419509	7357713	1652252	7363008	
2002-06-03				11	419514	7357709	1652257	7363004	
2002-06-03				12	419638	7357714	1652380	7363019	
2002-06-03	1204zb.bmp	Zone B	1	Området	421886	7353305	1654988	7358809	RN_ST_CL
2002-06-03		Tre mål kring vägsäl		Klustret	422270	7353365	1655366	7358901	
2002-06-03				1	421966	7353685	1655036	7359195	
2002-06-03				2	422294	7353255	1655399	7358793	
2002-06-03				3	422561	7353149	1655674	7358710	
2002-06-03	1204zc.bmp	Zone C	Enskilt mål	Området	424604	7349804	1657989	7355544	RN_ST_CL
2002-06-03		Misstänkt mål		1	424868	7349981	1658237	7355742	
2002-06-03	1204zd.bmp	Zone D	Enskilt mål	Området	427639	7346987	1661249	7352986	RN_ST_CL
2002-06-03		Misstänkt mål		1	423236	7353507	1656317	7359123	

Datum	SAR-bild	Spaningsrubrik	Kluster-id	Mål-id	UTM E Zon 34	UTM N Zon 34	RT90-2.5V Y	RT90-2.5V X	Radarmod
2002-06-03	171201cs.bmp	Kommunikationscenter	1	Området	437448	7353218	1670514	7360014	RN_SP_CF
2002-06-03				Klustret	437429	7353222	1670495	7360016	
2002-06-03				1	437411	7353213	1670477	7360006	
2002-06-03				2	437436	7353231	1670501	7360026	
2002-06-03				3	437441	7353219	1670507	7360014	
2002-06-03	3302ap.bmp	Jokkmokks flygplats	1	Området	461170	7376337	1692252	7385041	RN_SP_CF
2002-06-03				Klustret	461478	7376290	1692563	7385020	
2002-06-03		Banljus	1	1	461466	7376281	1692552	7385010	
2002-06-03			1	2	461491	7376299	1692576	7385030	
2002-06-03		Flygplatsbyggnader	2	Klustret	461447	7376174	1692542	7384902	
2002-06-03			2	1	461424	7376127	1692523	7384853	
2002-06-03			2	2	461426	7376143	1692524	7384869	
2002-06-03			2	3	461375	7376222	1692466	7384944	
2002-06-03			2	4	461373	7376244	1692462	7384965	
2002-06-03			2	5	461513	7376097	1692614	7384830	
2002-06-03			2	6	461519	7376112	1692619	7384846	
2002-06-03			2	7	461466	7376197	1692559	7384926	
2002-06-03			2	8	461459	7376210	1692551	7384939	
2002-06-03			2	9	461472	7376216	1692564	7384946	
2002-06-03		Kontrolltorn	Enskilt mål	1	461516	7375914	1692633	7384648	

Datum	SAR-bild	Spaningsrubrik	Kluster-id	Mål-id	UTM E Zon 34	UTM N Zon 34	RT90-2.5V Y	RT90-2.5V X	Radarmod
2002-06-04	0401_rs.bmp	Radarstation	Enskilt mål	Området	422429	7343852	1656313	7349428	RN_SP_CH
2002-06-04		Radarstation		1	422350	7344164	1656209	7349733	
2002-06-04	L402_ju.bmp	Sakevare vägskäl	1	Området	427639	7346987	1661249	7352986	RN_SP_CH
2002-06-04		Misstänkta fordon		Klustret	426709	7347622	1660269	7353542	
2002-06-04				1	426713	7347631	1660272	7353552	
2002-06-04				2	426713	7347631	1660272	7353552	
2002-06-04				3	426727	7347618	1660287	7353540	
2002-06-04				4	426697	7347617	1660257	7353536	
2002-06-04	0803_02t.bmp	Kommunikationscenter	1	Området	424877	7364585	1657034	7370306	RN_SP_CF
2002-06-04		Misstänkta mål		Klustret	424531	7364979	1656656	7370670	
2002-06-04				1	424518	7364984	1656643	7370674	
2002-06-04				2	424532	7364970	1656658	7370661	
2002-06-04				3	424543	7364979	1656668	7370671	
2002-06-04	L1906_nu.bmp	Nausta	1	Området	423143	7361672	1655547	7367257	CM_SP_SS
2002-06-04		Målområde		Klustret	423155	7361530	1655571	7367117	
2002-06-04				1	423169	7361589	1655580	7367177	
2002-06-04				2	423222	7361553	1655636	7367145	
2002-06-04				3	423159	7361487	1655578	7367074	
2002-06-04				4	423116	7361507	1655534	7367090	
2002-06-04				5	423180	7361550	1655594	7367139	
2002-06-04				6	423148	7361561	1655561	7367147	
2002-06-04				7	423154	7361523	1655570	7367109	
2002-06-04				8	423089	7361541	1655504	7367122	
2002-06-04				9	423124	7361570	1655536	7367154	
2002-06-04				10	423007	7361536	1655423	7367110	
2002-06-04				11	423079	7361559	1655492	7367139	
2002-06-04				12	423072	7361533	1655488	7367113	
2002-06-04		Hörnreflektorer	2	Klustret	423118	7361646	1655524	7367229	
2002-06-04			2	1	423109	7361694	1655511	7367276	
2002-06-04			2	2	423127	7361598	1655537	7367182	

Datum	SAR-bild	Spaningsrubrik	Kluster-id	Mål-id	UTM E Zon 34	UTM N Zon 34	RT90-2.5V Y	RT90-2.5V X	Radarmod
2002-06-06	L0205_00_01_ZA.BMP	Zone A		Området	420010	7355914	1652901	7361255	RN_ST_CL
2002-06-06		Två misstänkta mål	1	Klustret	419806	7355965	1652693	7361289	
2002-06-06			1	1	419816	7355950	1652704	7361275	
2002-06-06			1	2	419796	7355978	1652682	7361301	
2002-06-06		Fyra misstänkta mål	2	Klustret	419938	7355631	1652852	7360967	
2002-06-06			2	1	420023	7355524	1652946	7360868	
2002-06-06			2	2	420006	7355547	1652927	7360889	
2002-06-06			2	3	419870	7355708	1652778	7361038	
2002-06-06			2	4	419859	7355741	1652764	7361070	
2002-06-06									
2002-06-06	L0205_00_01_ZB.BMP	Zone B		Området	421886	7353305	1654988	7358809	RN_ST_CL
2002-06-05			1	Klustret	422378	7353119	1655494	7358665	
2002-06-06			1	1	422315	7353188	1655425	7358728	
2002-06-06			1	2	422294	7353264	1655398	7358802	
2002-06-06			1	3	422512	7352906	1655645	7358463	
2002-06-06	L0302_01_ZD.BMP	Zone D		Området	427639	7346987	1661249	7352986	RN_SP_CH
2002-06-06		Fordon, Sakevare vägska	1	Klustret	427635	7347057	1661239	7353056	
2002-06-06			1	1	427557	7347074	1661160	7353066	
2002-06-06			1	2	427585	7347049	1661190	7353044	
2002-06-06			1	3	427765	7347054	1661369	7353064	
2002-06-06	L0708_02NU.BMP	Nausta Kluster 1 borta		Området	423143	7361672	1655547	7367257	RN_SP_CF

