



# Årsrapport 2011 - Signaturmodellering

JONAS RAHM, ERIK ZDANSKY, MAGNUS HERBERTHSON,  
MAGNUS GUSTAFSSON, ÅSA ANDERSSON, ANDERS ÖRBOM,  
JAN FAGERSTRÖM, NILS KARLSSON, ANDREAS PERSSON,  
ANNICA HJELM, ROLAND LINDELL, STEFAN BJÖRKERT

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
Informationssystem  
Box 1165  
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00  
Fax: 013-37 81 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)

FOI-R--3326--SE Underlagsrapport  
ISSN 1650-1942 November 2011

**Informationssystem**

Jonas Rahm, Erik Zdansky, Magnus Herberthson,  
Magnus Gustafsson, Åsa Andersson, Anders  
Örbom, Jan Fagerström, Nils Karlsson, Andreas  
Persson, Annica Hjelm, Roland Lindell, Stefan  
Björkert

## Årsrapport 2011 - Signaturmodellering

Titel	Årsrapport 2011 - Signaturmodellering
Title	Annual report 2011 – Signaturmodeling
Rapportnr/Report no	FOI-R--3326--SE
Rapporttyp/ Report Type	Underlagsrapport/Base data report
Sidor/Pages	20 p
Månad/Month	November
Utgivningsår/Year	2011
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Projektnr/Project no	E53349
Godkänd av/Approved by	

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Informationssystem	Information Systems
Box 1165	Box 1165
581 11 Linköping	SE-581 11 Linköping

## Sammanfattning

Rapporten ger en kortfattad presentation av 2011 års verksamheter inom projektet "Signaturmodellering". För vissa av verksamheterna så presenteras dessutom en kortfattad resultat- och slutsatssammanställning. Sammantaget så har verksamheterna inom projektet flutit på enligt plan.

Nyckelord: RCS, signatur, IR-modellering, termiska beräkningar, CUBI, sjöytemodellering, potentialmetoden, IPO, RadThermIR, signaturbibliotek

## Summary

The report gives a summary presentation of all the activities within the project “Signaturemodelling” during the year 2011. Some results och conclusions are also presented for some of the activities.

Keywords: RCS, signature, IR-modeling, thermal calculations, CUBI, sea state modelling, potential method, IPO, RadThermIR, signature library

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Radar</b>	<b>8</b>
2.1	Iterativ fysikaliskoptik (IPO).....	8
2.1.1	Sammanfattning.....	8
2.1.2	Resultat.....	8
2.1.3	Slutsatser och framtid .....	10
2.2	Potentialmetoden .....	11
2.2.1	Sammanfattning.....	11
2.2.2	Resultat.....	11
2.2.3	Slutsatser och framtid .....	12
2.3	Sjöytemodellering .....	12
2.3.1	Sammanfattning och framtid.....	12
2.4	Integral ekvationsmetoden (IEM).....	13
2.4.1	Sammanfattning och framtid.....	13
2.5	Övrig verksamhet.....	13
<b>3</b>	<b>IR</b>	<b>14</b>
3.1	CUBI-modellering.....	14
3.1.1	Sammanfattning.....	14
3.1.2	Resultat.....	14
3.1.3	Slutsatser och framtid .....	16
3.2	V70-modellering.....	16
3.2.1	Sammanfattning.....	16
3.2.2	Kortfattad presentation av mätningarna.....	17
3.3	Övrig verksamhet.....	19
<b>4</b>	<b>Referenser</b>	<b>20</b>



# 1 Inledning

Denna rapport ger en sammanfattande presentation av de verksamheter som har bedrivits och vilka resultat som har uppnåtts inom projektet Signaturmodellering under 2011.

Signaturdata, inom olika våglängdsband, är en grundförutsättning för att man inom flera olika områden skall kunna utveckla och optimera t ex olika sensorer, skyddssystem, taktiska uppträdanden och/eller kombinationer av flera åtgärder med syftet att öka överlevnadssannolikheten. Signaturdata på framför allt operativa objekt (inbegriper såväl våra egna farkoster som fientliga farkoster) inom alla vapenslag (sjö, mark och luft) krävs för att kunna utföra sådana optimeringsarbeten. Man skall vara medveten om att det dessutom krävs relativt stora mängder med signaturdata för att kunna utföra sådana arbeten väl. Detta på grund av att signaturen kan variera kraftigt som funktion av aspektvinkel, frekvens och polarisation. Dessutom kan signaturen variera kraftigt beroende på hur farkosten är utrustad/bestyckad och/eller vilket drifttillstånd farkosten befinner sig i. Att med signaturmätningar täcka all dessa variationer är inte rimligt i termer av mätgeometrier, mättider och realistiska ekonomiska ramar. Det är därför viktigt att sådana data kan tas fram genom tillförlitliga beräkningar. Ett annat tillämpningsområde som kräver stora mängder signaturdata är inom automatisk måligenkänning (automatic target recognition ATR) där signaturdata används som träningsdata för att testa olika typer av metoder och algoritmer.

Det långsiktiga målet inom projektet är att kunna beräkna och ta fram radar- och IR-signaturdata för godtyckligt objekt i realistiska bakgrunder (sjö, mark och luft). Man skall vara medveten om att för att lyckas uppfylla detta mål så krävs dels att man har tillgång till ett antal olika beräkningsverktyg och metoder och dels att vi har möjlighet att validera och utvärdera dessa med hjälp av mätningar. Detta innebär i sin tur att även mätutrustning och mätmetodik måste underhållas och utvecklas.

Den enskilt största utmaningen inom området är att finna, utveckla och ha möjligheten att utvärdera metoder som ger signaturdata av tillräckligt god noggrannhet och som dessutom ger rimliga beräkningstider. Ofta är situationen den att signaturberäkningar, där man vill ha resultat med hög noggrannhet och hög precision, kräver orimligt långa beräkningstider och orimligt stora minnesutrymmen. Mycket av verksamheterna syftar därför till att dels utveckla nya beräkningsmetoder och dels att validera de befintliga beräkningsverktyg som finns för att fastställa metodernas giltighetsområde, begränsningar, för- och nackdelar.



## 2 Radar

Verksamheterna inom radarsignaturområdet har fokuserats på att utveckla och validera de nya framtagna beräkningsmetoderna med hjälp av mätningar.

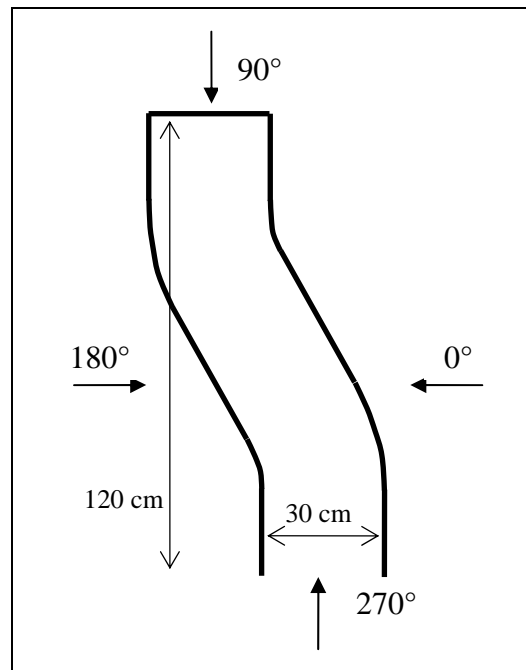
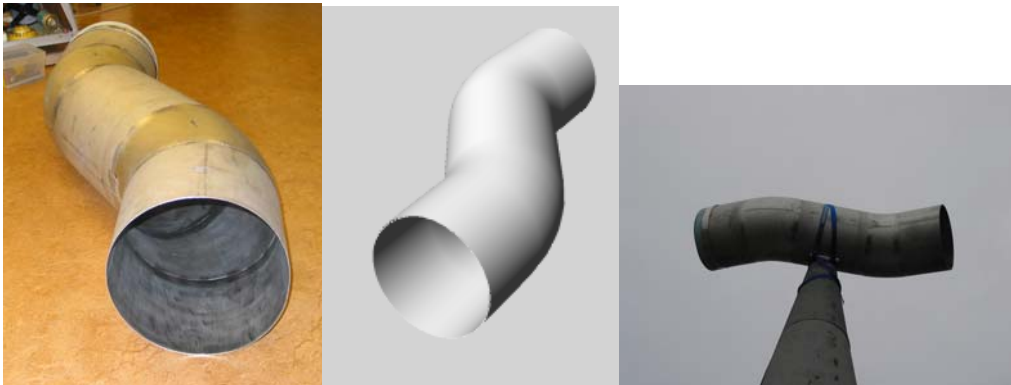
### 2.1 Iterativ fysikaliskoptik (IPO)

#### 2.1.1 Sammanfattning

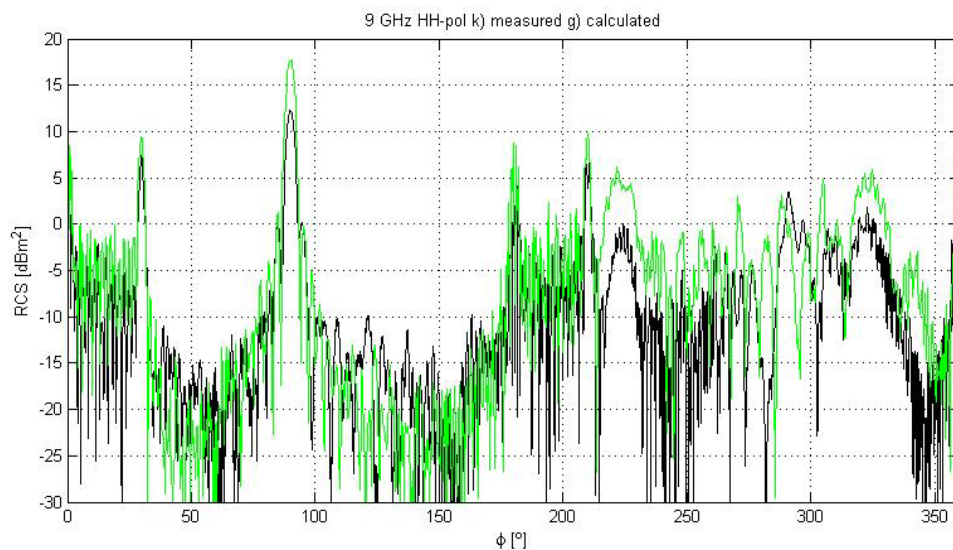
Under året har en relativt omfattande validering av beräkningsmetoden ”Iterativ fysikaliskoptik” utfört. Beräkningsverktyget har studerats och utvecklats periodvis under ett antal år på FOI. De påstådda förtjänsterna med metoden är att den är relativt snabb i förhållande till mer ”exakta” metoder som t ex momentmetoden (MoM) och finita-element-metoden (FEM). IPO har kunnat snabbas upp väsentligt på bekostnad av minnesåtgången. Tack vara utvecklingen inom bordsdatorområdet (64-bitars processorer) kan man numera ha tillgång till mycket stora RAM-minnesvolymen vilket innebär att man med metoden kan utföra radarmålareberäkningar på relativt stora objekt. Metoden har implementerats i ett Matlab-program och beräkningar på en medelstor S-kanalskavitets har utförts i syfte att testa metoden. Referensdata har erhållits genom radarmätningar mot en modellkavitets. Den allmänna överensstämmelsen mellan de två datauppsättningarna och därur erhållna avståndsprofiler och ISAR-bilder är god. Resultaten presenteras kortfattat nedan och mer i detalj i [1].

#### 2.1.2 Resultat

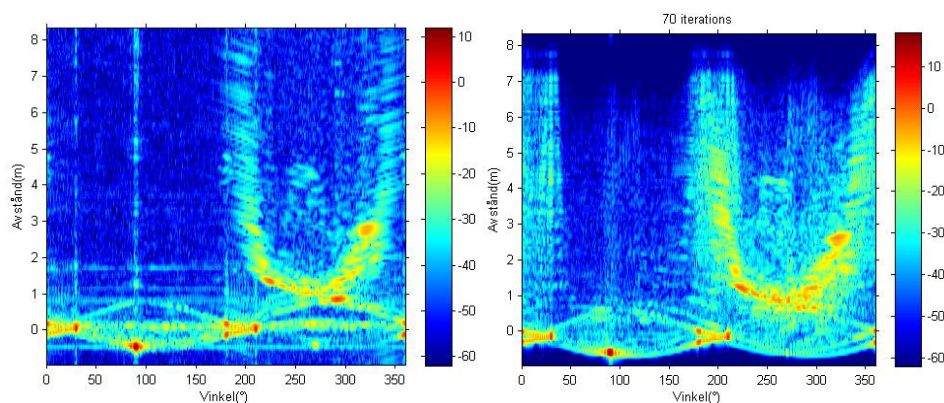
Bilderna i figur 1 visar kavitetsens utseende och dimensioner samt hur vinkelorienteringen under mätning var definierad. En detaljerad redovisning av mät- och beräkningsparametrarna redovisas i [1]. Figur 2 och 3 visar några exempel på resultat från jämförelserna mellan mät- och beräknade resultat.



*Figur 1. Övre vänstra bilden visar ett fotografi av kaviteten. Övre mitten bilden visar en renderad bild av CAD-modellen av kaviteten. Övre högra bilden visar hur kaviteten är uppspänd på vridbordet under mätningen på Lilla Gåra. Nedre bilden visar en schematisk skiss av kaviteten ovanifrån samt definitionen av asimutvinkeln.*



Figur 2. Diagrammet visar den uppmätta målarean (svart linje) jämfört med den IPO-beräknade målarean (grön linje) vid 9 GHz och HH-polarisation som funktion av asimetvinkel.



Figur 3. Diagrammen visar avstånd profiler som funktion av asimetvinkel för uppmätta data (vänstra diagrammet) och beräknade data (högra diagrammet).

### 2.1.3 Slutsatser och framtid

Man kan konstatera att IPO ger en relativt god överensstämmelse med mätdata. Beräkningstiderna är inte orimligt långa räknat per vinkel, frekvens och iteration. Med tanke på att metoden är relativt enkel att implementera samt att implementeringen som är utförd här (i Matlab) inte på något sätt är optimerad, bedömer vi att det finns stor möjligheter till att accelerera beräkningarna. Det finns många spår att dra i då det gäller vidareutveckling av IPO. En del som ligger nära till hands är att uppgradera IPO-koden till att kunna ta hänsyn till inte bara perfekt ledande material utan även dielektriska material. Ett annat spår är att skriva en kod som utnyttjar grafikkortens stora CPU-kapacitet. Vi bedömer att IPO har stor potential till att kunna användas för målareberäkningar på fullskaleobjekt.

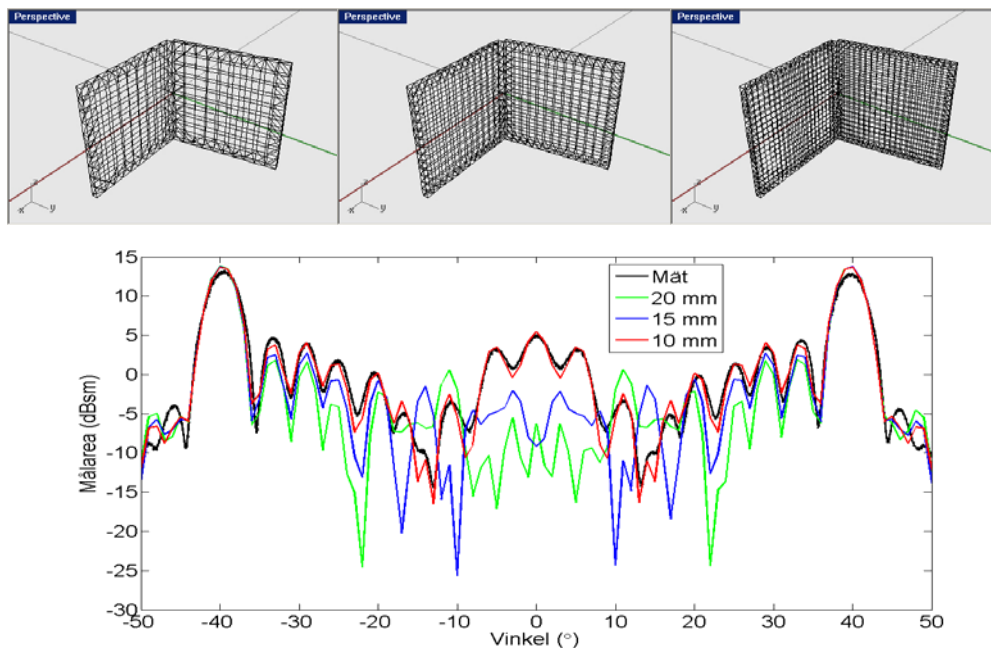
## 2.2 Potentialmetoden

### 2.2.1 Sammanfattning

En ny metod, 'Potentialmetoden', för att beräkna radarmålarean hos ett objekt med metallyta har vidareutvecklats och presenterats. Ofta beräknas radarmålarean för en viss belysningsvinkel genom att man löser en integralekvation som härleds ur Maxwells ekvationer. Problemet med denna ekvation är att den ofta resulterar i orimligt stora ekvationssystem, vilket sätter en gräns för vilka objekt man kan studera. Genom att använda den föreslagna potentialmetoden kan storleken på ekvationssystemen minskas. Man kan därför beräkna radarmålarean för fler/större objekt, alternativt göra befintliga kalkyler mer effektiva. Under året som gått har dels metoden presenterats vid en konferens, se [2], och dels har metoden validerats mot några generiska objekt.

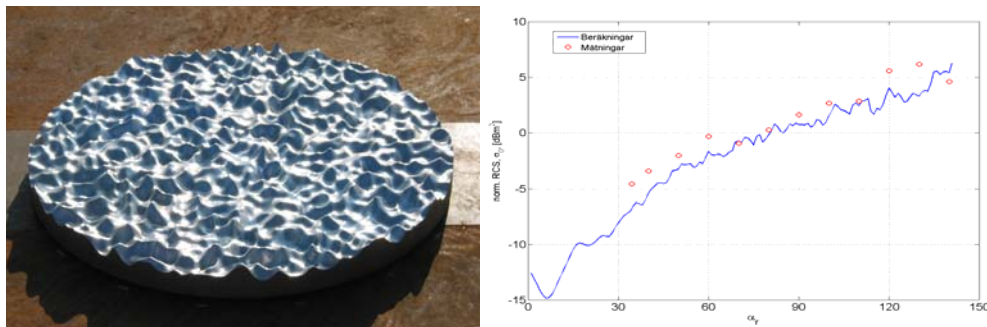
### 2.2.2 Resultat

Potentialmetoden har under året använts för att beräkna målarean för dels en skrovlig yta och dels för en dihedral. Syftet har varit att studera konvergensgenskaperna för Potentialmetoden. Det finns en rad olika parametrar vid en radarmålareberäkning som kan påverka dels resultatet och dels beräkningstiden och minneskraven. En typisk sådan parameter är antalet facetter som objektet beskrivs utav. I figur 4 visas resultat från en beräkning med Potentialmetoden på en dihedral med olika facetteringsgrad.



Figur 4. Övre raden visar hur facetteringsgraden har varierats för en 100 graders dihedral. Bilderna från vänster till höger motsvarar en facettering där facetternas sidlängd är 20, 15 och 10 mm. Det nedre diagrammet visar den monostatiska målarean som funktion av asimutvinkel vid 10 GHz och VV-polarisation. Den svarta heldragna linjen är uppmätta data medan de övriga linjerna representerar potentialmetodsberäknade målarearesultat med olika facetteringsgrad.

Figur 5 visar dels ett fotografi på en skrovlig yta som använts vid mätning och dels ett diagram där mät- och beräknade data jämförs. Vid beräkningarna användes en modell av ytan som innehöll ca 21 000 facetter.



Figur 5. Den vänstra bilden visar ett fotografi på en skrovlig yta som har används för att utföra bistatiska radarmätningar på. Diametern på ytan är 0,9 meter. Diagrammet till höger visar en jämförelse mellan beräknade och uppmätta data för den skrovliga ytan. Diagrammet visar den normaliserade målarean som funktion av mottagareantennvinkel vid 10 GHz och HH-polarisation. Elevationsvinkeln för sändarantennen är i detta fall 30 grader.

### 2.2.3 Slutsatser och framtid

Från jämförelserna ovan kan man se att potentialmetodens resultat ger god överensstämmelse med uppmätta data. Dessutom indikerar de utförda beräkningarna att beräkningstider (CPU-tid) och minneskraven (RAM) inte är orimliga för relativt stora objekt. Det närmast förestående arbetet är att dels publicera den nya metoden i en vetenskaplig tidsskrift och dels utföra ett systematiskt valideringsarbete. Precis som för IPO så finns här flera uppgraderingsspar av koden, till exempel införa möjligheten att räkna på dielektriska material.

## 2.3 Sjöytemodellering

### 2.3.1 Sammanfattning och framtid

Under året har ett arbete genomförts för att få en grundläggande förståelse för hur syntetiska vattenytor kan genereras och användas då signaturdata skall beräknas inom radar- och IR-områdena. Arbetet har redovisats i [3] och syftar till att finna lämpliga metoder för att kunna ta hänsyn till olika typer av sjötillstånd då signaturdata skall beräknas inom radar- och IR-områdena. Signaturdata, på både egna och fientliga farkoster, är en förutsättning för att kunna optimera t ex sina skyddssystem ombord. Det finns därmed ett stort behov av att ta fram tillförlitliga signaturdata på olika farkoster som är verksamma inom den marina arenan.

Nästa steg inom detta arbete är att dels anpassa ett beräkningsnät till dessa ytmodeller för att möjliggöra radar- och IR-beräkningar och dels att validera dessa beräkningar med hjälp av mätdata. En stor utmaning är att anpassa beräkningsnät för sjötillstånd som innehåller småskaliga vågor (t ex kapillärsvågor och krusningar) som beskriver ytan på ett representativt sätt och

som dessutom inte gör att beräkningsproblemet blir orealistiskt stort i termer av minnesutrymme (RAM) och beräkningstid.

## 2.4 Integral ekvationsmetoden (IEM)

### 2.4.1 Sammanfattning och framtid

Under ett antal år så har projektet varit involverad i ett bilateralt samarbetsprojekt tillsammans med Onera och DGA (Frankrike). Syftet med projektet har varit att ta fram snabba beräkningsmodeller inom radarområdet för objekt som befinner sig i en markbakgrund. Arbetet har inriktats på att validera en beräkningsmetod som kan användas för att ta hänsyn signaturbidraget som härrör från mål-bakgrundsväxelvekan. Projektet har fokuserat på att utvärdera och testa en beräkningsmetod som går under namnet "Integral ekvationsmetoden". Arbetsuppdelningen mellan Sverige och Frankrike har framför allt inneburit en uppdelning av olika radarmätningar. Mätresultaten har därefter använts för att validera IEM. Rapporter och data har utbytts under projektets gång. Det har visat sig att beräkningsmetoden är snabb och ger god överensstämmelse med uppmätta bistatiska data. Nästa steg är att testa metoden tillsammans med metoder som tar hänsyn till andra typer av signaturbidrag för att i slutändan kunna ta fram den totala radarsignaturen för ett objekt som befinner sig i en markbakgrund.

Närmast förestående arbete är att skriva en vetenskaplig artikel om våra resultat och studier. I förlängningen är tanken att försöka implementera IEM som en del i ett annat beräkningsverktyg.

## 2.5 Övrig verksamhet

Andra radarverksamheter som bedrivits i projektet under 2011 är:

- Radarmålareamätningar på en skalmodell (skala 1:10) av "Viggen". Mätningarna utfördes på varje delobjekt, dvs på naket plan, på varje vapenslag och på vapenbestyckat plan i olika varianter. Syftet är att studera huruvida målarean från varje delobjekt kan summeras inkoherent så att det representerar målarean för det bestyckade planet. Om detta är en framkomlig väg att gå så kan man snabbt ta fram den radarmålarean för olika bestyckningsvarianter. Frågeställningar som vi ämnar besvara med studien är: Hur stora fel i målarean introduceras genom att utelämna interaktionsbidraget mellan flygplansskrov och vapenstrukturer? Vid vilka vinklar, polarisationer och/eller frekvenser kan en modell, där man summerar varje målareabidrag från varje delobjekt, ge tillräckligt bra estimering av målarea för objektet? Analysen av mätdata kommer att utföras under 2012.
- Uppgradering och buggfixar i radaranalysverktyget Columbus. Det är flera olika projekt som använder verktyget för att t ex generera ISAR-bilder eller bara analysera radardata. Det finns därmed ett behov av att dels uppgradera programmet och dels fixa till eventuella funna buggar.



## 3 IR

Verksamheterna kring IR-signaturområdet (termiska delen) har fokuserats på att validera tillgängliga och befintliga beräkningsverktyg. För detta har mätningar och beräkningar utförts på ett antal objekt.

### 3.1 CUBI-modellering

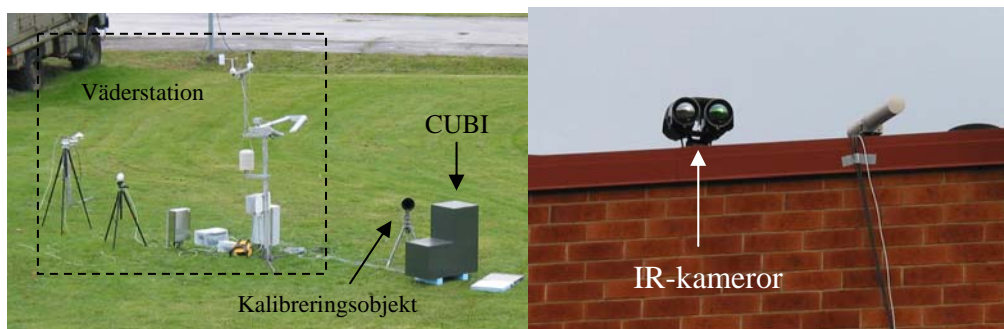
#### 3.1.1 Sammanfattning

Som ett led i utvecklingen av modellerings och simuleringsverksamheten har vi utfört termiska beräkningar och mätningar på referensobjektet CUBI. En detaljerad redovisning av arbetet ges i [4]. Vi vill öka förståelsen för hur ett objekt påverkas termiskt utifrån sin geometri, materialparametrar och omgivning samt öka förståelsen för hur modelleringsverktyg hanterar och beräknar IR-scenen utifrån dess inparametrar. Detta innebär också en validering av den använda programvaran RadThermIR (huvudkod för beräkningar av objektsignaturer).

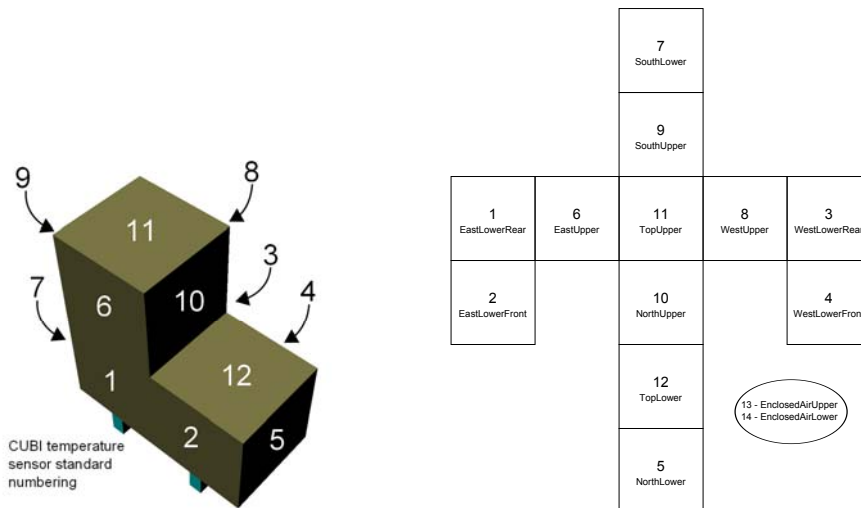
Mätningar har utförts både sommaren 2009 och hösten 2010 på ett referensobjekt CUBI. CUBI har en enkel och väldefinierad konstruktion avseende geometri och materialegenskaper. I rapporten [4] behandlas främst data från 2010 men även data från 2009 används. Vi mätte fysisk yttemperatur med Pt100-givare och IR-bilder registrerades samtidigt som väderdata mättes. Den scen som IR kamerorna ser domineras av CUBI. Mätdata används sedan som referens till de genom simuleringar framtagna temperaturdata.

#### 3.1.2 Resultat

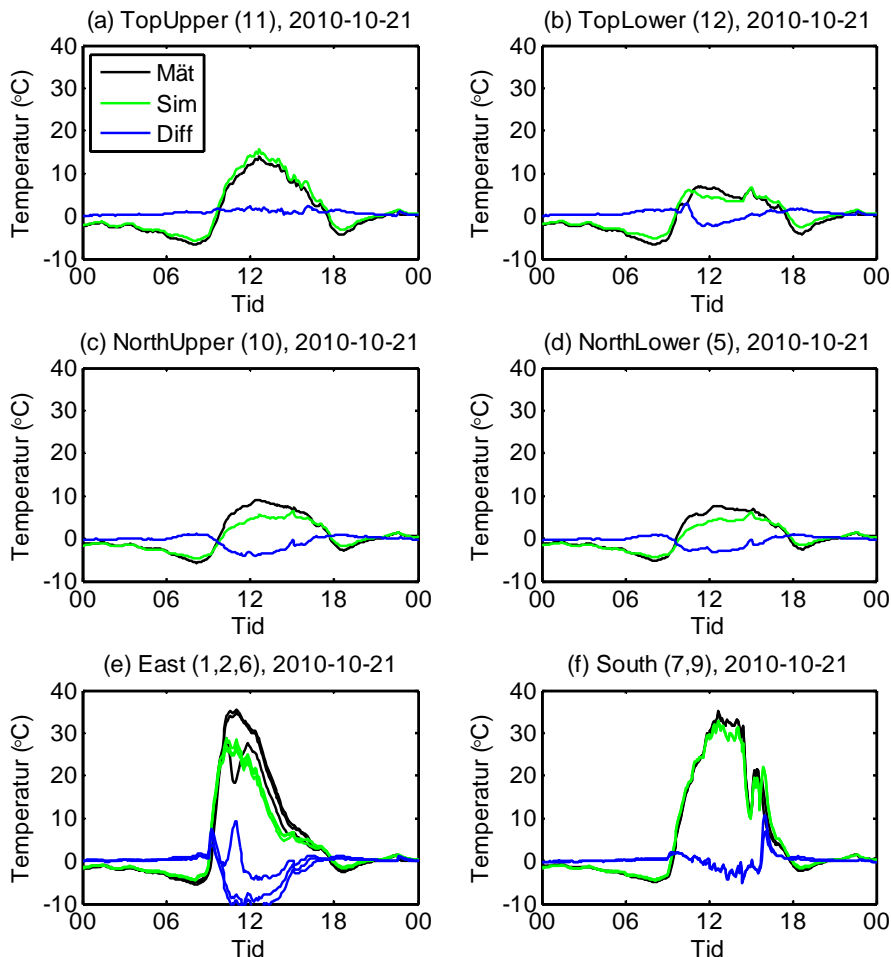
Scenen är noggrant modellerad och vi har gjort beräkningar med mjukvaran RadThermIR. I stort följer beräknad temperatur de trender och nivåer som den uppmätta temperaturen har. För vissa tidpunkter och ytor, främst på de lodräta sidorna, är det relativt stora temperatur avvikelser på upp mot 10 grader. Figur 6 visar mätsituationen med väderstation, IR-kameror, kalibreringsobjekt och CUBI-objektet. Figur 7 visar en numrering av temperaturgivarna på CUBI-ytorna. Figur 8 visar jämförelser mellan beräknade och uppmätta temperaturer på olika ytor av CUBI.



Figur 6. Till vänster visas ett foto på CUBI-uppställningen sedd från värmekamerornas position. Till höger visas ett inzoomat foto av IR-kamerorna sett från CUBIn.



Figur 7. Till vänster visas numreringen av temperatursensorerna på CUBI. Till varje sensor/sida hör en etikett enligt figuren till höger.



Figur 8. Några uppmätta och beräknade temperaturer på CUBI-ytorna för dygnet 2010-10-21. Beräknade temperaturer (gröna kurvor), uppmätta temperaturer (svarta kurvor) och differansen mellan beräknade och uppmätta kurvor (blå kurvor).



För att öka förståelsen av vilka parametrar som är kritiska för temperaturberäkningen har ett stort antal programkörningar utförts där man varierat olika material, konvektion och väderparametrar. Detta ger en god förståelse av parametrarnas påverkan av temperaturen på CUBI och sammantaget ger de ett ökat förtroende för mjukvaran då man kan se en tydlig koppling mellan en parameterändring och förväntat resultat. En ändring av konvektionsparametern påverkar temperaturen på de olika ytor av CUBI olika, vilket utmärker denna parameter. Genom att anpassa denna för ytor med olika orientering fås en bättre överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer.

### 3.1.3 Slutsatser och framtid

Arbetet har gett stor insikt i hur material-, väder- och modellparametrar påverkar resultatet av de termiska beräkningarna, och vilka parametrar som är av särskilt stor vikt. Analysen har också gett en uppfattning om vilken noggrannhet man kan förvänta sig av denna typ av simuleringar.

Överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta yttemperaturer varierar för de olika ytor på CUBI. Avvikelserna beror inte på en enskild parameter utan på flera samverkande faktorer. Känsligheten för en viss parameter är ofta beroende av andra parametrar i modellen, och av geometriska faktorer (skuggade eller solbelysta ytor, till exempel).

Vi noterar att resultaten för horisontella ytor stämmer bättre med mätningar än för med vertikala ytor. Detta pekar på betydelsen av att modellera konvektion noggrant, vilket är en egenskap som normalt varierar mellan olika delar av ett objekt. I denna studie har vi använt en enkel, linjär konvektionsmodell, samma för alla ytor. Denna bör utvecklas till att ta hänsyn till objektets geometriska form och riktning. Vi planerar att utveckla den enkla analytiska konvektionsmodellen, och även gör jämförande studier med numeriska beräkningsmetoder för konvektion.

Vi planerar också att gå vidare med denna studie och analysera de uppmätta radiansbilderna av CUBI.

## 3.2 V70-modellering

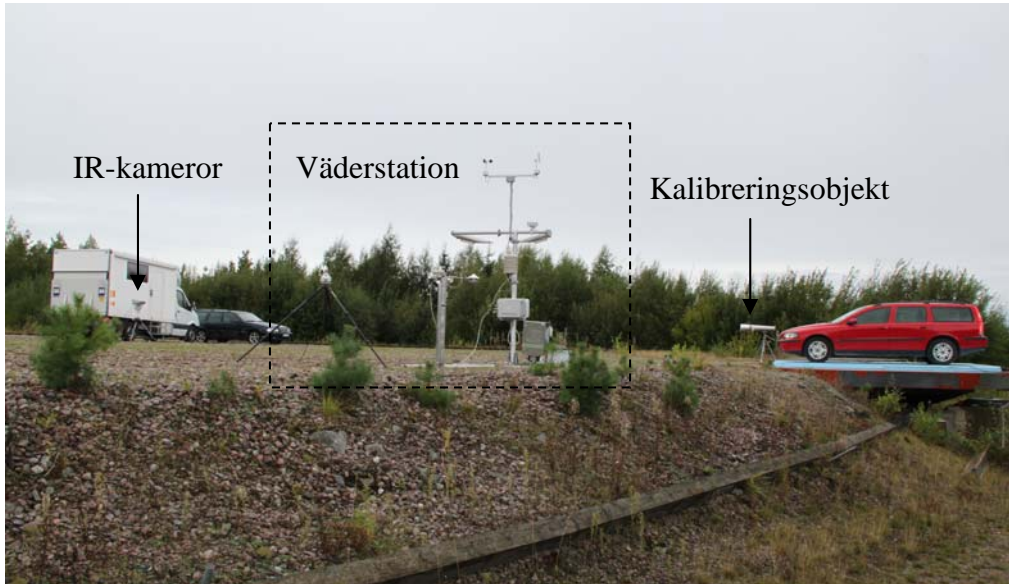
För att utvidga valideringsarbetet inom IR-modellering har vi valt att även utföra mätningar och beräkningar på ett mer realistiskt och komplext mål.

### 3.2.1 Sammanfattning

Eftersom vi sedan tidigare hade en bra CAD-modell på en Volvo V70 samt har tillgång, via fordonsparken, till en sådan bil, föll valet på att utföra mätningar och beräkningar på detta fordon. En detaljerad beskrivning av mätförfarandet och mätutrustning samt en redovisning av mät- och beräkningsresultaten kommer att presenteras i en separat rapport i slutet på året.

### 3.2.2 Kortfattad presentation av mätningarna

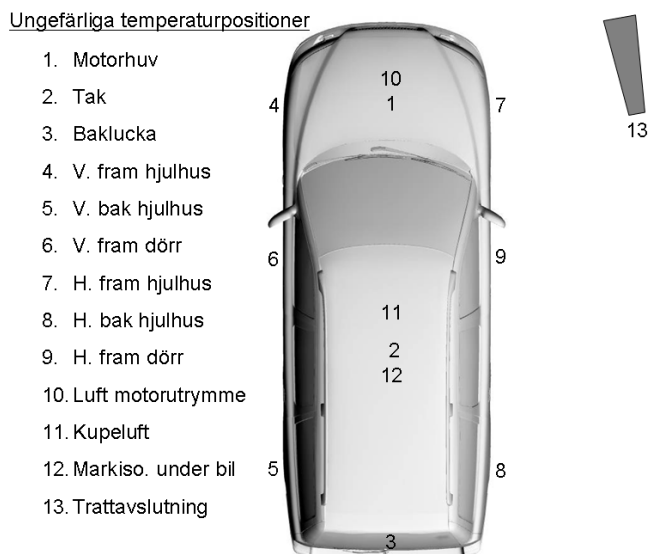
Mätningarna på V70 utfördes under hösten 2011 ute på Lilla Gåra. Bilen placerades på ett stort vridbord som täcktes med markfrigolit för att få ett isolerande skikt mellan vridbordsplattan och bilen. Figur 9 visar ett fotografi från sidan av mätuppställningen.



*Figur 9. Bilen visar ett fotografi taget från sidan av mätuppställningen. V70n står på stora vridet och på markfrigolit.*

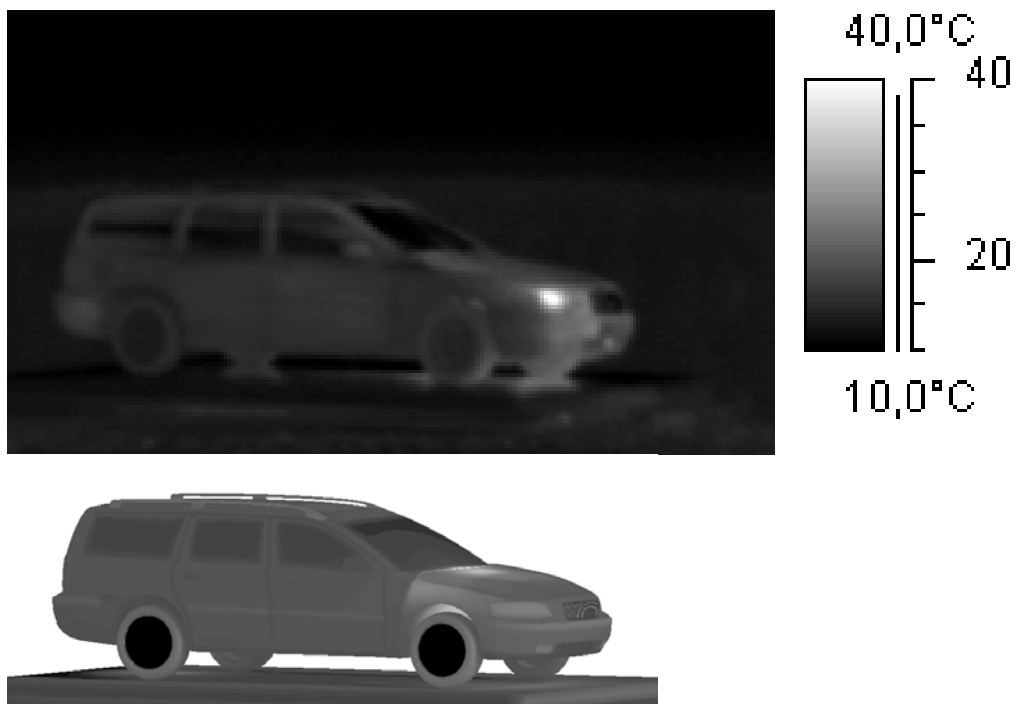
För att i slutändan kunna göra relevanta temperaturjämförelser mellan mät- och beräkningsresultaten krävdes en hel del förberedande arbeten kring fordonet. Bland annat var vi tvungna att:

- montera temperaturgivare på olika delar av bilen, se figur 10.
- materialbestämma de olika karosdelarna på bilen
- utföra reflektansmätningar av bilens karosyta (röd lackad)



Figur 10. En schematisk skiss ovanifrån V70n där numreringen visar var temperaturgivarna monterades.

Mätningar utfördes dygnet runt under en veckas tid. Bilen roterades till ett antal olika vinklar i förhållande till IR-kamerorna under denna period. Dessutom lät vi bilen stå på tomgång under korta perioder för att ha möjlighet att testa våra beräkningsverktyg till att modellera motorn som värmekälla. För detaljerad info om mätningar, beräkningar och jämförelser mellan dessa så hänvisas läsaren till [5]. Figur 11 visar en jämförelse mellan en uppmätt och en modellerad temperaturfördelningsbild av en V70.



Figur 11. Övre bilden visar en uppmätt bild och nedre bilden en modellerad bild av den skenbara temperaturfördelningen för en V70 inom bandet 8-12 $\mu$ m.

### 3.3 Övrig verksamhet

Projektet har också deltagit i EDA-projektet "Detection in Urban scenario using Combined Airborne imaging Sensors (DUCAS)". Projektet syftar till att studera förtjänsterna med att kombinera högupplösta flygburna sensorer för olika försvarsrelaterade tillämpningar i urban miljö. Under 2011 utfördes en stor mätkampanj i Zeebrugge under juni månad där 7 länder var representerade och bidrog med olika sensorer. Mycket mätdata finns nu tillgängliga att användas vid valideringsstudier av olika beräkningsverktyg.

## 4 Referenser

- [1] Erik Zdansky, Jonas Rahm, Anders Örbom, Magnus Gustafsson och Magnus Herberthson "Validation of IPO: S-duct cavity", FOI-R--3178--SE, March 2011.
- [2] Magnus Herberthson, "Application of the Potential method for determining the radar cross section of electrically large objects", URSI GASS 2011, 13-20 augusti, Istanbul. FOI-S--3862—SE.
- [3] Åsa Andersson och Jonas Rahm, "Sjöytemodellering – statusrapportering", FOI Memo 3685, September 2011.
- [4] Jan Fagerström, Annica Hjelm, Nils Karlsson och Jonas Rahm, "Termiska beräkningar på två varianter av referensobjekt CUBI", FOI-R--3268--SE. Oktober 2011.
- [5] Kommer att redovisas i en FOI-rapport

