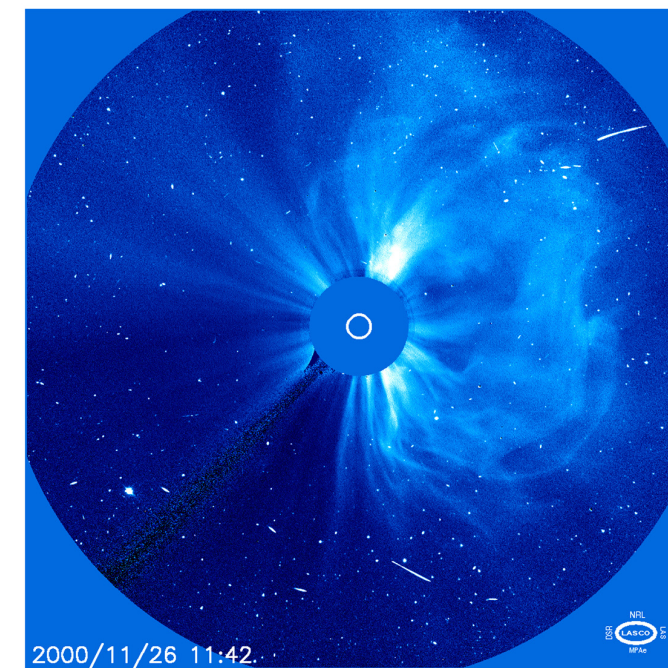
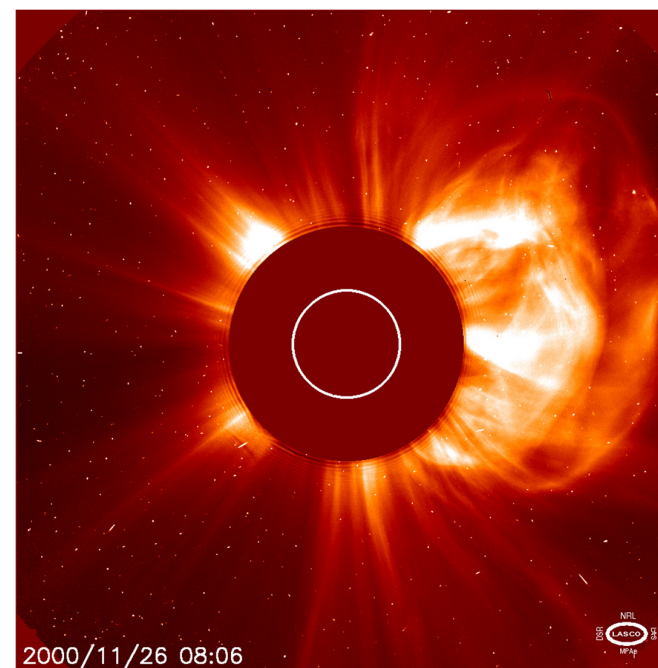
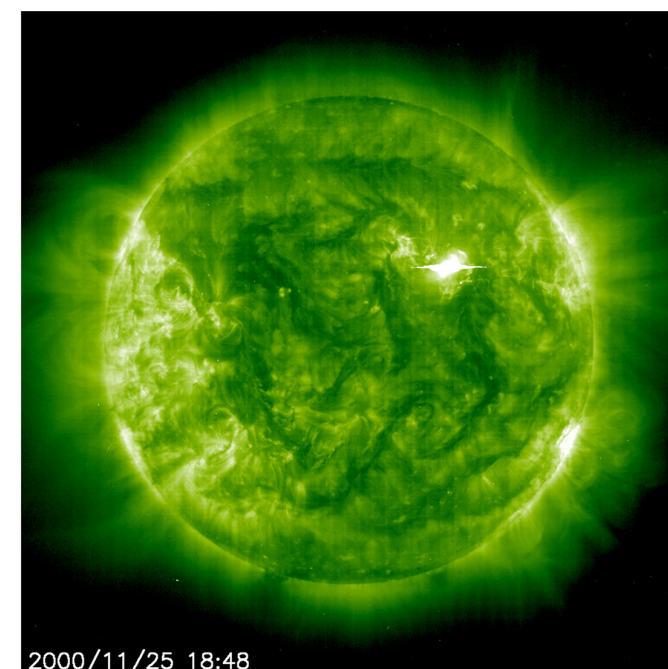
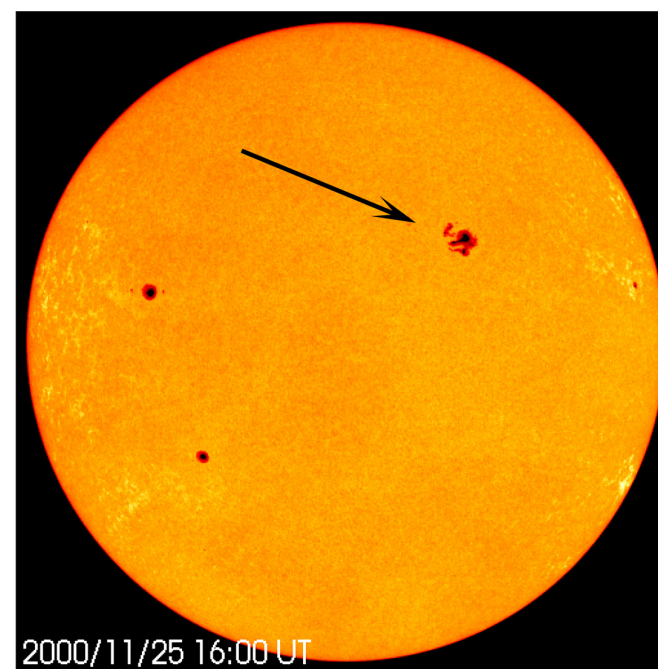


SANDRA LINDSTRÖM



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.

Sandra Lindström

En rymdvädertjänst åt Försvarmakten

Ett förslag till utformning

En sekvens av solen från fyra instrument – Sekvensen visar en koronamassutkastning (CME) som var en del av en serie av fem CMEs under slutet på november 2000. Här ses hur CMEn utvecklas från en solfläcksgrupp (instrument MDI), till en flare-blixt nästan tre timmar senare (instrument EIT 195Å), till en CME ytterligare 14 timmar senare (instrument LASCO C2) och avslutas med en bild av hela CME-”molnet” ytterligare tre timmar senare (instrument LASCO C3). Skillnaden mellan C2 och C3 är att C2 avbildar ut till 6 solradier medan C3 avbildar ut till 30 solradier.

"Courtesy of SOHO, SOHO is a project of international cooperation between ESA and NASA." <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/nov00cme.html> (2008-10-14)

Titel	En rymdvädertjänst åt Försvarsmakten – Ett förslag till utformning
Title	A space weather service for the Swedish Armed Forces – a proposal
Rapportnr/Report no	FOI-R--2569--SE
Rapporttyp Report Type	Underlagsrapport Base data report
Sidor/Pages	44 p
Månad/Month	Oktober
Utgivningsår/Year	2008
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde Programme area	4. Sensorer och signaturanpassning 4. Sensors and Low Observables
Delområde Subcategory	44 Rymdteknik 44 Space Technology
Projektnr/Project no	E20609
Godkänd av/Approved by	Magnus Oskarsson
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology
164 90 Stockholm	SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

Med en rymdvädertjänst avses, i likhet med vad man menar med en traditionell vädertjänst, en tjänst där det levereras prognoser; men till skillnad mot en traditionell vädertjänst levererar en rymdvädertjänst information om rymdväder.

Årets arbete, tillsammans med den kunskap som har byggts upp inom ramen för FoT i huvudsak under de senaste tre åren samt med stöd från Försvarmaktens studieverksamhet, har lett fram till två viktiga argument för att utforma en rymdvädertjänst i Försvarmakten. Det första är att det finns ett behov av rymdväderinformation för operationskritiska system, speciellt för samband och GPS-styrda system. Det andra är att vi går mot ett solmaximum med förväntad ökad solaktivitet runt 2011-2012 vilket infaller parallellt med nästa nordiska stridsgrupp som Sverige kommer att leda, nämligen BG11. BG14 är ytterligare en nordisk stridsgrupp som Sverige kommer att leda och som tidsmässigt ligger strax efter detta solmaximum.

För att påbörja uppbyggnaden av en rymdvädertjänst bör arbetet härnäst fokusera på inledning av en testfas. Testfasen bör innehålla en operativ värdering av rymdvädereffekter, djupare studier av hur rymdvädereffekter manifesteras vid hantering av Försvarmaktens system, prioritering av aktiviteter, ett val av ett antal kedjor för prognosverksamhet som testas på olika sätt följt av en utvärdering.

Arbetet som redovisas i denna rapport har lett fram till en rekommendation av hur en rymdvädertjänst inom Försvarmakten skulle kunna utformas. Som stöd för detta redovisas även involverade aktörer och informationskrav, samt en preliminär aktivitetsplan. Resultatet baseras på diskussioner och intervjuer med personal i Försvarmakten samt en omvärldsanalys.

Det kan konstateras att det går att leverera prognoser som uppfyller de behov som finns hos Försvarmakten. Det bör därför utföras en värdering av hur kritiska olika rymdvädereffekter är för att kunna bestämma nivån på hur skräddarsydd informationen i en rymdvädertjänst bör vara för att kunna uppfylla specifika behov.

Aktörerna i en tänkt rymdvädertjänst involverar främst Försvarmakten men även FOI, FMV, Institutet för rymdfysik och andra externa organisationer. Alla aktörer har en specifik roll i denna tänkta rymdvädertjänst, exempel på roller är kompetenscentrum, förmedlare, mottagare, användare etc.

Rymdväderinformation bör flöda från ett och samma ställe ut i organisationen, detta skulle framförallt bidra till en kvalitetssäkring. Kompetensuppbyggnad och expertis fokuseras därmed rent organisatoriskt till ett ställe. Denna organisationsenhet bör vara beständig och det rekommenderas här att METOCC, Försvarmaktens Meteorologiska och Oceanografiska Centrum, utgör denna enhet.

Behovet av information och prognoser kan uttryckas i ett antal informationskrav som ställs på en rymdvädertjänst. Dessa är typ och innehåll av information, hur

informationen presenteras, hur den distribueras och mellan vilka aktörer informationen ska flöda samt tidskrav och miljöanpassning.

Nyckelord: rymdväder, tjänst, GPS, samband, störning, satellitkommunikation, kortvågskommunikation, HF, solstorm, prognos

Summary

By space weather service we refer to, similar to a traditional weather service, a service where forecasts are delivered. The difference is that for a space weather service the information delivered is on the subject of space weather.

We conclude that there are two important reasons for why a space weather service should be developed within the Swedish Armed Forces. The first reason is the demand for space weather information related to critical functions during military operations such as communication and navigation. The second reason is that the next solar maximum has an expected increased solar activity around 2011-2012, which coincide with the next Swedish lead Nordic battle group, namely battle group 2011.

Before building a space weather service a test phase should be initiated. The test phase should comprehend an operative evaluation of space weather effects, detailed studies on space weather effects on material used by the Swedish Armed Forces, a prioritising of activities, and a choice of forecast distribution paths to be tested and evaluated.

The work done has lead to recommendations of how to develop a space weather service within the Swedish Armed Forces. In support of this it is therefore described what participants should be involved, requirements on the information, and a preliminary plan of activities. The work is based on discussions and interviews with personnel from the Swedish Armed Forces.

We conclude that it is possible to deliver space weather forecasts that fulfil the needs within the Swedish Armed Forces. Following, there is a need for an evaluation of how critical different space weather effects in fact are. Then it would be possible to decide the level for tailored information in a space weather service that fulfils the specific needs.

The participants in this space weather service involves staff from foremost the Swedish Armed Forces but also the Swedish Defence Research Agency, the Swedish Defence Material Administration and the Swedish Institute of Space Physics. All participants have a specific role in this space weather service.

Space weather information should be delivered from one place within the Swedish Armed Forces; this would simplify quality control. Competence and expertise would be focused on one permanent unit within the organisation. It is recommended that the centre for Meteorology and Oceanography within the Swedish Armed Forces constitute this information source.

The need for information and forecasts can be expressed in a number of information requirements for a space weather service. These are type and content of the information, how the information is presented, how the information is distributed, in between what participants the information is exchanged, time constraints, and environment constraints.

Keywords: space weather, service, GPS, disturbance, satellite communication, short wave, high frequency, solar storm, forecast, alert, warning

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
2	Operativa behov samt rekommendationer	12
2.1	Kvalitetssäkring av data	12
2.2	Samband	12
2.3	GPS	14
2.4	Satellitssystem	16
3	Informationskrav	17
3.1	Kompetenscentrum	17
3.2	Säkerhetsaspekter	17
3.3	Samband	18
3.4	GPS	22
3.5	Rekommenderade aktiviteter	24
4	Intressenter	26
4.1	Försvarsmakten	26
4.1.1	OPS	26
4.1.2	JOC	26
4.1.3	J6/OPS	27
4.1.4	HKV PROD LED	27
4.1.5	LedR/METOCC	27
4.1.6	MARA och TDC	28
4.1.7	UndSäkC	28
4.1.8	FHQ	29
4.1.9	J3/FHQ	29
4.2	FMV	30
4.3	FOI	30
4.4	IRF, Lund	30
4.5	WMO	31
4.6	NATO	32
5	Prognosmöjligheter	33
6	Slutsats	36
6.1	Rekommendation	36
6.2	Diskussion	36
7	Bilaga - informationskrav	38

7.1	Samband	38
7.2	GPS	41
8	Referenser	44

Förkortningar

ATS, ArméTaktiska Staben

CME, *Coronal Mass Ejection* (koronamassutkastning)

EIT, *Extreme ultraviolet Imaging Telescope*

ESA, *European Space Agency*

EUV, *Extreme Ultra Violet*

FHQ, *Force Headquarters*

FM IP, Försvarsmaktens InternetProtokoll

FoT, Forskning- och Teknikutveckling

GPS, *Global Positioning System*

HF, *High Frequency* (kortvåg)

IRF, Institutet för RymdFysik

ISES, *International Space Environment Service*

J3, se avsnitt 4.1.9

J6, se avsnitt 4.1.3

JAAWIN, *Joint Air Force and Army Weather Information Network*

JOC, *Joint Operations Centre*

LASCO, *Large Angle Spectrometric Coronagraph*

LedR, LedningsRegementet

LUF, *Lowest Usable Frequency*

MARA, MArinens RAdio

METOCC, Försvarsmaktens MEteorologiska och OCeanografiska Centrum

MDI, *Michelson Doppler Imager*

MUF, *Maximum Usable Frequency*

NASA, *National Aeronautics and Space Administration*

NATO, *North Atlantic Treaty Organization*

NBG, *Nordic Battle Group*

OHQ, *Operation Headquarters*

OPS, operativa staben

PCA, *Polar Cap Absorption*

SOHO, *Solar Heliospheric Observatory*

SPE, *Solar Particle Event*

SWF, *Short Wave Fade out*

TDC. TeleDriftCentralen

TEC, *Total Electron Content*

UAV, *Unmanned Aerial Vehicle*

UndSäkC, Försvarsmaktens Underrättelse- och säkerhetscentrum

WMO, *World Meteorological Organization*

1 Inledning

Försvarmakten äger och använder ett antal olika system och funktioner som kan påverkas av rymdvädrets effekter. FOI har tidigare beskrivit dessa effekter, föreslagit allmänna prognosmetoder samt pekat på delar av det behov av prognoser och information som finns i Försvarmakten, se avsnitt *Referenser*. Den här rapporten beskriver det arbete som har bedrivits inom FoT-projektet *Integration och planering för rymdsystem* under 2008. Det är även ett resultat av att FOI har arbetat med dessa frågor sen 2004. Arbetet har fokuserat på att studera, analysera och föreslå hur en rymdvädertjänst inom Försvarmakten skulle kunna utformas.

Med en rymdvädertjänst avses, i likhet med vad man menar med en traditionell vädertjänst, en tjänst där det levereras prognoser; men till skillnad mot en traditionell vädertjänst levererar en rymdvädertjänst information om rymdväder.

Arbetet som har utförts har tagit hänsyn till de operativa behov som finns, vilka krav som de operativa behoven ställer på rymdväderinformation och på informationsflödet i en rymdvädertjänst, vilka aktörer som berörs och deras roll i en rymdvädertjänst samt utformning av en preliminär plan för att skapa grunden till denna tjänst.

Parallellt med projektet har det även bedrivits en Försvarmaktsstudie med närliggande frågeställningar. I studien utfördes, under våren 2008, en workshop med representanter från Försvarmakten, FMV och FOI för att diskutera ett antal aktuella frågor kring rymdväder och Försvarmakten. Bland annat diskuterades behovet av rymdväderinformation och hur en rymdvädertjänst skulle kunna utformas. I denna rapport har vi tagit hänsyn till de diskussioner och åsikter som framfördes under workshopen. Rapporten redovisar även slutsatser från utförda intervjuer.

I avsnittet *Operativa behov samt rekommendationer* beskrivs det operativa behovet av rymdväderinformation relaterat till samband och GPS. Med samband avses i huvudsak kortvägskommunikation och satellitkommunikation i olika former. Detta, tillsammans med FOIs rekommendationer, ligger till grund för ett vidare resonemang i avsnittet *Informationskrav* om de krav som dessa behov ställer på informationen i en tänkt rymdvädertjänst. Informationskrav är den typ av information som bör tillhandahållas, innehållet i informationen, presentation av informationen, informationsvägar, åtkomst av informationen, tidskrav, periodicitet och miljöanpassning. Utifrån denna kravuppställning redovisas en preliminär aktivitetsplan som bör följas för att kunna lägga en grund till en rymdvädertjänst. I avsnittet *Intressenter* görs en beskrivning av olika intressenter i en tänkt rymdvädertjänst. Det redogörs även för deras roll i en rymdvädertjänst. I efterföljande avsnitt *Prognosmöjligheter* redovisas en översikt av vilka effekter rymdväder har på sambandslänkar och GPS-signaler härlett tillbaka till vad som sker på solen. Avsnittet avslutas med en sammanställning av prognosmöjligheter för dessa effekter idag, samt en jämförelse mellan vilken information som finns att tillgå i förhållande till behov och krav som redovisats i tidigare avsnitt. Rapporten sammanfattas sedan med slutsatser och rekommendationer i avsnitt *Slutsats*. I slutet redovisas även ett par bilagor och referenser, se avsnitt *Bilaga - informationskrav* och *Referenser*.

2 Operativa behov samt rekommendationer

Behovsbilden av rymdväderinformation hos Försvarsmakten har beskrivits i tidigare rapporter^[1] ^[11]. Här sammanställs det behovet med en, av FOI rekommenderad, utökad bild över mottagare och kravställare. Rekommendationerna är grundade på slutsatser från sammanställd information från intervjuer och utförd workshop¹.

2.1 Kvalitetssäkring av data

Det finns ett antal fördelar med att införa en kvalitetssäkring av information i en rymdvädertjänst. Vidare kan det konstateras att om all relevant information är samlad på ett ställe d.v.s. informationen distribueras ut i organisationen från ett enda ställe, till skillnad från nuvarande hantering där information hämtas från öppna källor på Internet, blir det lättare att kontrollera att den information som används är kvalitetssäkrad. Med kvalitetssäkring avses därmed att:

- Tillgången på data säkras d.v.s. man fastställer alternativa källor för datainhämtning för att skapa en redundans ifall att en "leverantör" försvinner.
- Data finns tillgänglig i önskad form vilket sparar tid för mottagaren plus att mottagaren inte behöver besitta kompetens för att avgöra vilka data som är relevanta och av god kvalitet. Just nu är kompetensen för detta god vid J6/OPS men vad händer om personal byter arbetsuppgifter eller slutar?²
- Ursprungsinformationen skulle även vara densamma för hela organisationen och baseras inte på *ad-hoc*-lösningar vilket t.ex. underlättar vid felsökning.

2.2 Samband

I Tabell 1 redovisas en sammanställning av operativa behov och rekommendationer för samband samt vilken aktör som är mottagare respektive kravställare. Mottagarna som redovisas är olika enheter hos Försvarsmakten, en utförligare redogörelse återfinns i avsnitt *Intressenter/Försvarsmakten*. Kort sammanfattat så är J6 planeringsenheten på OPS, operativa staben. MARA är marinens radio, TDC är teledriftcentralen. FHQ, *Force Headquarters*, är den främre staben för NBG, *Nordic Battle Group*. JOC, *Joint Operations Centre*, är en ledningscentral för operativ ledning av Försvarsmaktens verksamhet. OHQ, *Operation Headquarters*, är den operativa ledningen av EU BG d.v.s. EUs *Battle Groups*. I någon mån kan man jämföra OPS med OHQ och JOC med FHQ.

¹ Den 9 april, 2008, utfördes en heldagsworkshop på temat *Rymdväderfrågor hos Försvarsmakten* på FOI i Kista.

² Ansvarig frekvensplanerare på J6/OPS som vi har talat med åkte t.ex. ner till Tchad en period.

Tabell 1 En översikt av behov, mottagare/kravställare och rekommendationer för rymdväderinformation relaterat till samband.

Samband			
Uttalat behov	Mottagare/-kravställare	Rekommendation	Rekommenderad mottagare/-kravställare
-	-	Kvalitetssäkrade soldata för sambandsprognoser (frekvensplanering) 1-2 veckor inför en insats	J6/OPS
Kvalitetssäkrade soldata för samband under pågående insats	MARA	Samma som uttalat behov	TDC, sambandsdriftsledare ³ , NBG
Förvarning om avvikelser i sambandsprognoser fram till insats	J6/OPS	Samma som uttalat behov	JOC, FHQ
Förvarning och larm för sambandspåverkan under pågående insats	J6/OPS, MARA	Samma som uttalat behov	JOC, TDC, FHQ, NBG, sambandsdriftsledare
Signal-brus-förhållanden (S/N) för jonosfären	J6/OPS, MARA	Samma som uttalat behov	TDC
Rymdväderunderlag för utredning av avvikelser Loggning av avvikelser relaterat till rymdväder	MARA	Samma som uttalat behov	OPS, (OHQ), JOC, FHQ, TDC

J6/OPS ställer inte som krav att få kvalitetssäkrade soldata men som tidigare beskrivits finns det ett antal fördelar med att införa detta. Därför rekommenderas det att kvalitetssäkrade soldata tillhandahålls i en rymdvädertjänst. Behov av information bör finnas hos J6/OPS inför en insats och under pågående insats hos MARA, TDC, sambandsdriftsledare och motsvarande hos NBG.

Soldata som används i frekvensgenereringsverktyg är ett av många indata för prognoser för samband. Dessa prognoser utgör underlag för liggande planer för frekvensval och sambandsform och bör gälla så länge inte något indata ändras. Soldata är i stort oförändrat under normala omständigheter och under relativt korta tidsförhållanden (veckor) men om något oförutsett skulle ske på solen så skulle detta påverka de prognoser som har gjorts för frekvensval och sambandsform. Därför är det av vikt att få förvarning om indata (i detta

³ Sambandsdriftsledare i utlandsmission som ej är NBG

fall soldata) ändrats eller om förutsättningarna, som prognoserna gäller för, ändras. Vid ett större solutbrott spelar det kanske ingen roll vilka indata som används därför att sambandsformen blir helt utstörd ändå. Då ligger mervärdet i förvarningen att kunna ändra sambandsform eller att åtminstone vara medveten om att sambandet kommer att utsättas för störning så att man kan undvika sambandskritiska operationer.

Efter att J6/OPS utfört frekvensplanering och sambandsrekommendationer som görs ca en till två veckor före en insats sker ingen uppföljning av prognosen om inte indata till prognoserna skulle uppvisa stora avvikelser. Därför behöver J6/OPS förvarning om eventuella avvikelser i soldata så justeringar i planerna kan utföras. Om det är nära inpå start för insats d.v.s. ca två dygn innan insats så rekommenderas det att även JOC och FHQ informeras. Så nära inpå en insats är det vid dessa staber som det beslutas om en eventuell omprioritering av frekvens- och sambandsval. Från JOC styrs och leds alla Försvarsmaktens insatser förutom för NBG, där FHQ har motsvarande funktion.

Från att en insats startar till att den avslutas kommer självklart behovet av förvarning att kontinuerligt kvarstå. Dessa förvarningar fungerar då som ett komplement till det kvalitetssäkrade soldata för de sambandsverktyg som J6/OPS, MARA, TDC, NBG och sambandsdriftsledare använder. J6/OPS kommer i detta läge inte sköta frekvensval utan nu ligger det på MARA, TDC, NBG och sambandsdriftsledaren på plats att sköta driften av sambandet. Däremot kommer J6/OPS fortfarande att stötta med sakkompetens vid specifika incidenter och bör därför också fortsätta få information om förvarningar. Det rekommenderas att JOC och FHQ också får dessa förvarningar för att kunna ta eventuella beslut för pågående sambandskritiska operationer.

Mätningar av och prognoser för signal-brus-förhållanden (S/N) i jonosfären skulle tillföra information och därmed förbättra prognoserna vid frekvensplanering som J6/OPS utför. Det skulle också vara värdefullt för MARA och TDC att kunna nyttja sådan information, det är t.ex. den viktigaste uppgiften vid prognoser av LUF, lägsta användbara frekvens, och MUF, maximala användbara frekvens, för kortvägskommunikation (HF, *High Frequency*).

Den sista rekommendationen, relaterat till samband, är att det levereras underlag i form av rymdväderförhållanden vid utredning av system- och funktionsavvikelser. Det bör också kontinuerlig loggas i en databas vilka system och funktioner som utsattes för störningar och hur störningarna manifesterades. Denna databashantering underlättar vid efterföljande utredningar. Underlag bör, vid behov, kunna begäras in av OPS, möjligtvis OHQ, JOC, FHQ, MARA och TDC.

2.3 GPS

I Tabell 2 ges en översikt av behov och rekommendationer för användning av rymdväderinformation relaterat till GPS. Precis som ovan så är mottagarna olika enheter hos Försvarsmakten och en utförligare redogörelse återfinns i avsnitt *Intressenter/Försvarsmakten*. Kort sammanfattat är UndSäkC Försvarsmaktens underrättelse- och säkerhetscentrum. Begreppet *targeting* beskrivs mer utförligt i avsnitt *Intressenter/Försvarsmakten/UndSäkC* men kan beskrivas som ett verktyg för att beräkna vapenverkan på ett mål. GPS-systemets noggrannhet är ett av många indata till ett targetingverktyg.

Tabell 2 En översikt av behov, mottagare/kravställare och rekommendationer för rymdväderinformation relaterat till GPS.

GPS			
Uttalat behov	Mottagare/-kravställare	Rekommendation	Rekommenderad mottagare-/kravställare
Månadsprognoser för GPS-förhållanden	FMV	-	-
Prognos för GPS-störningar 1-2 veckor före insats	UndSäkC	Samma som uttalat behov	OPS
Avvikelser i GPS-prognoser fram till insats	UndSäkC	Samma som uttalat behov	OPS, FHQ, JOC
Dagliga förhållanden för GPS under insats (speciellt för precisionsvapen och UAS)	UndSäkC, personal med targetting-verktyg	Samma som uttalat behov	JOC, FHQ, NBG, förbandsledare ⁴ ,
Förvarning och larm om GPS-störningar under pågående insats	UndSäkC, personal med targetting-verktyg	Samma som uttalat behov	JOC, NBG, FHQ, förbandsledare
-	-	Rymdväderunderlag för utredning av avvikelser Loggning av avvikelser relaterat till rymdväder	OPS, (OHQ), JOC, FHQ, UndSäkC

FMV har uppmärksammat behovet av månadsprognoser för GPS-förhållanden speciellt relaterat till användning av civil GPS.

UndSäkC levererar bland annat systemprognoser inför insatser till insatsprocessen, prognoser som beskriver hur bra ett vapensystem kommer att fungera i sin tänkta miljö. Indata för verktyget är bland annat noggrannheten i GPS-systemet, varför de skulle behöva en prognos av GPS-förhållanden för att kunna leverera korrekta systemprognoser en till två veckor före insats. OPS bör även få dessa prognoser som underlag i planeringsprocessen.

Självklart kommer UndSäkC att behöva förvarningar om avvikelser i dessa GPS-prognoser för att själva kunna lämna uppdaterat underlag fram till att insatsen startar. OPS bör även få dessa förvarningar som underlag i planeringsprocessen och när JOC och FHQ kopplas in, närmare insats, bör de också delges underlag för beslutsprocessen.

⁴ Förbandsledare i utlandsmission som ej är NBG

UndSäkC utvecklar även targettingverktyg som används ute i fält, detta skapar ett behov hos nyttjaren att erhålla daglig information om GPS-förhållanden under pågående operationer. UndSäkC själva kommer även att behöva dessa prognoser för att kunna lämna beslutsunderlag vilket ofta sker dagligen under insatser. Det rekommenderas även att JOC och FHQ delges denna information som beslutsunderlag. En annan naturlig mottagare är förbandsledaren som speciellt behöver informationen för precisionsvapen och UAVer men även för allmän GPS-användning som positionering och navigering. Förbandsledaren, eller motsvarande, hos NBG har samma behov.

Samma personal (UndSäkC, förbandsledare och personal med targettingverktyg) beskrivna ovan kommer självklart att behöva förvarning och larm om oförutsedda GPS-störningar under operationer. JOC och FHQ bör även de delges som underlag för vidare beslut.

Precis som för samband finns det ett behov av underlag i form av rymdväderförhållanden vid utredning av system- och funktionsavvikelser. Det bör, även relaterat till GPS, kontinuerlig loggas i en databas vilka system och funktioner som utsattes för störningar och hur störningarna manifesterades. Underlag bör, vid behov, kunna begäras in av OPS, möjligtvis OHQ, JOC, FHQ och UndSäkC.

2.4 Satellitsystem

Det utförda arbetet har hittills fokuserat kring störningar på kommunikationslänkar och GPS-signaler på grund av att det från Försvarmaktens sida har stått ut som viktigast. FOI skulle dock vilja lyfta fram problem som satellitsystem i sig kan utsättas för. Eftersom Försvarmakten inte äger hela kedjan utan endast nyttjar kommersiella tjänster från satellitleverantörer så förlitar man sig på att leverantören ska leverera det som är utlovat (t.ex. satellitkommunikation, navigeringstjänster och väderinformation). Detta kanske inte alltid kommer att uppfyllas om en satellit störs ut och/eller havererar på grund av större solstormar. Därför är det inte helt orimligt att Försvarmakten även bevakar prognoser för större effekter på satellitsystem så att man åtminstone är medveten och till och med förberedd för att använda alternativa system som t.ex. tröghetsnavigering, kortvågskommunikation etc.

3 Informationskrav

I avsnittet ovan beskrevs de operativa behoven av rymdväderprognoser och -information. I följande avsnitt ges en analys av vilka krav dessa behov ställer på informationsflödet i en rymdvädertjänst.

Behovet av information och prognoser kan uttryckas i ett antal informationskrav som ställs på en rymdvädertjänst. Dessa är följande:

- Vilken typ av prognos som måste tillhandahållas d.v.s. är det nuläge, kortsiktiga eller långsiktiga prognoser, varningar etc.
- Innehållet i informationen d.v.s. hur uttrycks det operativa behovet i rymdväderstermer.
- Presentation av information d.v.s. skall det tillhandahållas i textformat etc.
- Informationsvägar d.v.s. via vilka enheter ska informationen gå, ska den förädlas på vägen etc.
- Åtkomst av informationen, ska den distribueras ut via en server, via prenumeration etc.
- Tid och periodicitet, när måste mottagaren ha informationen för att den ska skapa mervärde och hur ofta måste informationen tillhandahållas.
- Miljöanpassning, måste informationen anpassas efter geografiskt läge för missionen.

3.1 Kompetenscentrum

Att låta rymdväderinformation flöda från ett enda ställe ut i organisationen skulle, som redan påpekats, underlätta för en kvalitetskontroll. Kompetensuppbyggnad och expertis fokuseras på ett ställe som är beständigt och upplöses inte till skillnad mot t.ex. NBG-strukturen. På detta sätt säkerställs även att:

- Relevant information levereras till relevant mottagare.
- Det finns en support för frågor och problemlösning.
- Det skapar utrymme för att bygga upp en erfarenhetsbank som bland annat kan nyttjas vid felsökningar.

Härifrån utgår vi ifrån att METOCC utgör detta ”kompetenscentrum” för rymdväderinformation. En utförligare beskrivning av METOCC görs i avsnitt *Intressenter/Försvarsmakten/LedR/METOCC*. Kraven är dock generella för en rymdvädertjänst och gäller inte förutsättningslöst för METOCC utan i princip skulle man kunna låta någon annan enhet utgöra detta kompetenscentrum för rymdväderinformation men fortfarande kunna utgå ifrån dessa krav.

3.2 Säkerhetsaspekter

FOI har hittills identifierat tre risker som kan uppstå i hanteringen av rymdväderinformation. Det handlar om information som främmande makt skulle kunna nyttja till nackdel för Försvarsmakten, det behövs därför tas hänsyn till:

- Hanteringen av en avvikelседatabas
- Hanteringen av det utsända informationsflödet

- Hanteringen av information kopplat till t.ex. vapensystem

Den första punkten berör informationen som sparas i en databas relaterat till avvikelser. Om man förutsätter att Försvarsmakten loggar alla avvikelser i form av systemfel etc. tillsammans med information om rymdväder samt hur rymdvädet påverkade systemet i sig så skulle en främmande makt kunna nyttja denna information till att bland annat ta reda på hur känsliga Försvarsmaktens system är. Därför bör denna databas klassas och hanteras på lämpligt sätt.

Vidare finns det två aspekter kring det utsända informationsflödet i en rymdvädertjänst. För det första så bör inte ett informationsflöde i sig signalera när Försvarsmakten kommer att ha problem med sina system. En främmande makt bör inte utifrån informationsflödet kunna tolka när en varning skickas ut eller inte. Det kan också vara så att METOCC inte alltid behöver känna till alla insatser som utförs, detta kräver också att informationen tillhandahålls kontinuerligt. En fördel med detta är även att enheter inte behöver vara ute i god tid för att beställa data utan informationen finns alltid tillgänglig. *Därför är det viktigt att den utsända informationen sker kontinuerligt oavsett om informationen i sig används eller inte.* Den utsända informationen är alltså inte relaterad till tidskraven hos behoven. I kommande avsnitt om informationskrav för samband och GPS kommer kraven att beskrivas utifrån behovet av när informationen ska användas men man bör då ha klart för sig att det hela tiden bör finnas ett kontinuerligt utflöde av information. Detta ställer krav på att mottagaren, i förväg, vet när informationen är relevant för deras ändamål.

Den tredje risken är kopplad till rymdväderinformation för vapensystem och liknande. Den information som tas fram kommer troligtvis att vara skraddarsydd efter ett specifikt system och beskriver t.ex. hur bra ett vapen kommer att verka i förhållande till rymdväderförhållanden. På samma sätt som ovan skulle en främmande makt kunna nyttja detta och få ett informationsövertag. Därför är det viktigt att klassa och hantera den här sortens information på lämpligt sätt.

3.3 Samband

Detta avsnitt beskriver de informationskrav som ställs på en rymdvädertjänst kopplat till samband, se även *Bilaga - informationskrav/Samband* för en översikt i tabellform.

J6/OPS bör kunna hämta kvalitetssäkrat soldata från METOCC vid frekvensplanering vilket sker ca två veckor innan alla insatser. METOCC bör sammanställa dagsaktuella solfläckstal och prognos för detta ca en månad framåt i tiden. Informationen bör anpassas till de verktyg som används på J6/OPS, TDC, MARA och i fält d.v.s. om verktygen är utformade så att de kan hämta data automatiskt eller för att kunna läsa in specifika datafiler så bör informationen anpassas därefter. Om inmatning sker manuellt så bör informationen presenteras i lättöverskådlig textform, allt för att underlätta för mottagaren och speciellt för att det inte ska ställas allt för stora kompetenskrav på mottagaren. METOCC bör även undersöka om verktygen kan matas med annan relevant rymdväderinformation. METOCC bör tillhandahålla informationen via en server på FM IP, Försvarsmaktens nätverk, och uppdatera informationen dagligen. J6/OPS kommer visserligen inte behöva informationen dagligen men när insatsen är påbörjad kommer informationen att behövas av MARA, TDC, NBG och sambandsdriftsledare. Därför bör den uppdateras dagligen. Detta skapar också förutsättningar för missioner som inte är konstant uppkopplade mot FM IP; sambandsdriftsledare och motsvarande i NBG kan helt enkelt hämta informationen när de behöver den. Ytterligare mervärde är att METOCC skapar en rutin för att dagligen kolla av rymdväderläget vilket i sin tur bygger upp en kompetensbas för normalläget hos METOCC. Solfläckstal och även annat relevant soldata

med dessa tidsförhållanden är globala d.v.s. de gäller för alla platser på jorden vilket gör att METOCC inte måste anpassa informationen efter missionsland.

Mellan utförd frekvensplanering fram till två dagar innan insats bör METOCC tillhandahålla alla typer av förvarningar för avvikelser, som påverkar sambandsprognoser, till J6/OPS. Detta görs genom att METOCC kontinuerligt bevakar prognoser för en till två dygn framåt i tiden. Vid avvikelser bör J6/OPS informeras via e-post med läskvitto eller liknande för att försäkra sig om att informationen kommer fram. Informationen som levereras bör vara i textform där det beskrivs vilka störningar som förväntas i form av påverkan på system, en uppskattning av hur effekterna kommer att te sig och hur länge effekterna kommer att hålla i sig d.v.s. en förvarning, nulägesanalys och prognos. Utifrån denna information kan J6/OPS besluta om de liggande frekvensplanerna och sambandsrekommendationerna bör göras om. Kommer förvarningarna i ett tidigt skede kanske stormen har blåst över tills att insatsen påbörjas. Förvarningen bör också följas upp med att METOCC skickar ut information om huruvida prognoserna införlivades eller inte och en fortsatt uppskattning om varaktighet, intensitet och systemeffekter. Slutligen bör METOCC följa upp med en information om när störningarna har ebbat ut åtföljt av en beskrivning av nuläget och en ny prognos. Solfläckstal och eventuella andra indata för verktyg uppdateras självklart kontinuerligt.

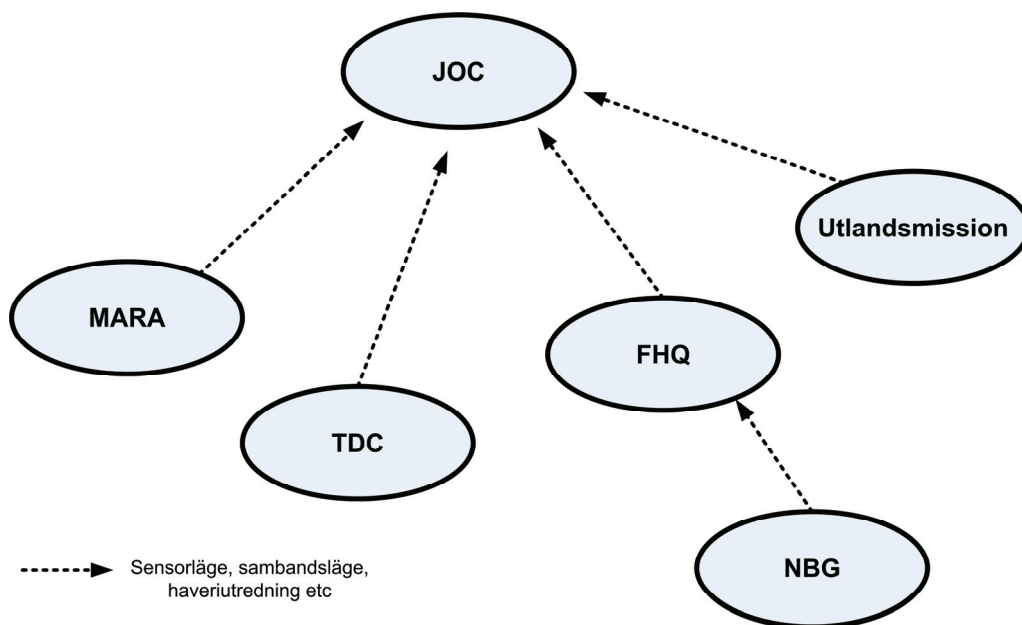
När det endast är två dygn innan insats bör samma förfarande som innan ske till J6/OPS d.v.s. förvarning med nuläge och prognos skickas via e-post. Skillnaden är att JOC och FHQ bör blandas in i det här läget. Samma information som levereras till J6/OPS bör levereras till JOC och FHQ men nu bör informationen anpassas till att vara ett underlag för snabba beslut så här rekommenderas en bildpresentation med den ”vädertraditionella” grön-gul-röd-skalan. Det är nu upp till JOC och FHQ att besluta om huruvida J6/OPS ska göra nya frekvensplaner och sambandsrekommendationer. Förvarningarna bör levereras till JOC vid morgon- och kvällsbriefingen. FHQ bör få samma information vid motsvarande briefing, troligtvis är det lättast att skicka informationen via e-post till meteorologen på J3/FHQ som drar det för ledningen på FHQ. J3 är operationsdelen hos FHQ och var bemannad av en meteorolog från METOCC under BG08, om det förutsätts att kommande NGB bemannas på liknande sätt bör J3/FHQ utgöra den naturliga kontaktpunkten mellan FHQ och METOCC för rymdväderinformation.

Under pågående insats bör J6/OPS fortfarande delges förvarningar och larmrapporter men endast som orientering på grund av deras supportfunktion med sakkompetens vid incidenter. Förvarningarna bör fortfarande gå ut till JOC och FHQ via briefingmötena. Skillnaden i det här läget är att sambandsdriften sköts av MARA och TDC och därmed bör de också få dessa förvarningar, i samma textform som J6/OPS och J3/FHQ. Det kan uppstå tillfällen då det sker oförutsedda händelser på solen där man endast får timmar till minuter i förvarning, med detta avser vi larmrapporter. Larmrapporterna bör åtföljas av nulägesanalys och prognos precis som förvarningarna, det som är viktigt med larmrapporterna är att de kommer ut snabbt. Det rekommenderas därför att en utförligare larmrapport distribueras ut via e-post men att det också skickas ut ett kortare larm per telefon, antingen via text eller via röst. Det ligger sedan på JOC att få ut detta till sambandsdriftsledaren och detsamma för FHQ. Förvarningar och larmrapporter under insatser bör även publiceras via servern på FM IP för att sambandsdriftsledare som inte är konstant uppkopplade mot FM IP skall kunna hämta information när de kan. Larmrapporterna bör även innehålla information om vilka geografiska områden som förväntas påverkas.

Nulägesmätningar och prognoser för signal-brus-förhållanden i jonosfären bör tillhandahållas i läsbar textform för manuell hantering eller anpassat till de verktyg som används av J6/OPS, MARA, TDC och ute i fält. Data bör sammanställas och uppdateras

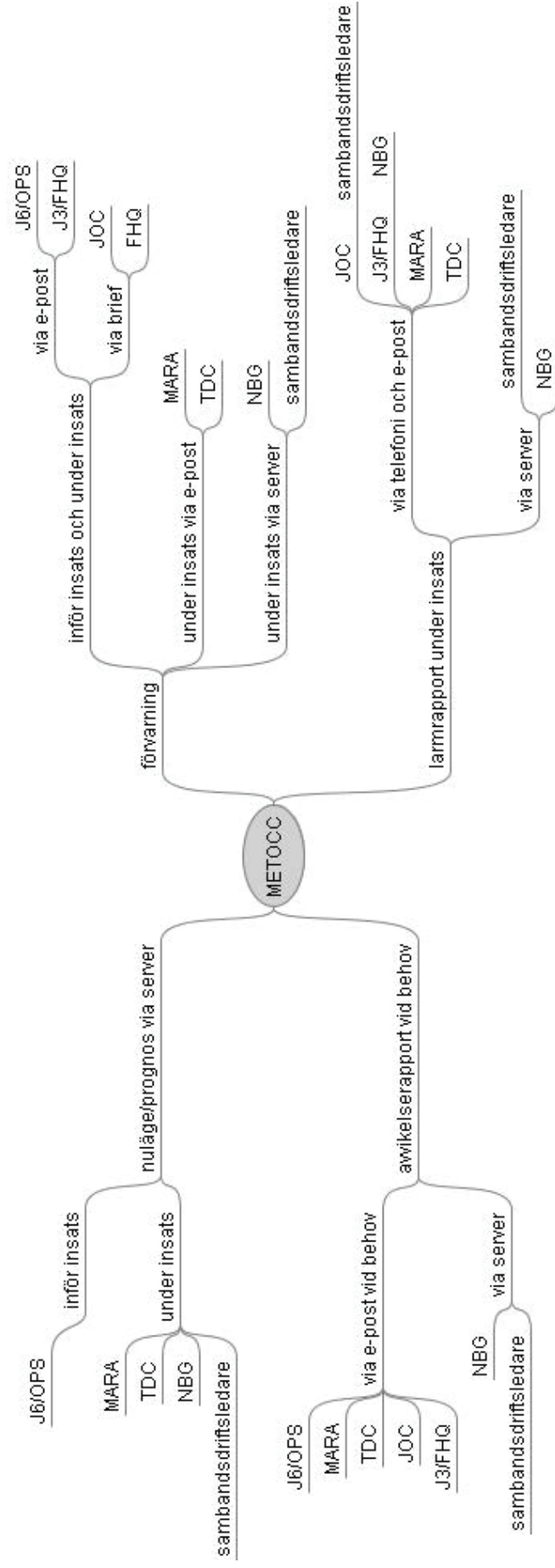
dagligen via en server på FM IP för manuell hämtning. Data måste anpassas efter var missionen utförs geografiskt.

Det sker kontinuerligt en återrapportering, se Figur 1, till JOC från MARA, TDC, FHQ och utlandsmission. Återrapporteringen innehåller information om sensorläge, sambandsläge och haveriutredningar. Om det misstänks vara rymdväderstörningar bör METOCC på direkt uppdrag av J6/OPS, MARA, TDC eller JOC kunna tillhandahålla en analys av rymdväderförhållanden under avvikelseperioden. Analysen bör distribueras ut till J6/OPS, MARA, TDC, JOC och FHQ men även finnas tillgänglig via servern. Det bör också införas som rutin att alla avvikelser som kommer in till JOC i samband med rymdväder distribueras vidare till METOCC för katalogisering i en avvikelседatabas, en så kallad "svart bok".



Figur 1 Återrapporteringsvägar för information om sensorläge, sambandsläge och haveriutredningar.

För en översikt av informationsvägar för nulägesanalys, prognos, förvarning, larm och avvikelserapport se Figur 2.



Figur 2 Översikt för informationsvägar när det gäller rymdväderinformation relaterat till samband. Observera att bilden avser behov av mottagen information och inte utsänd information.

3.4 GPS

Detta avsnitt beskriver de informationskrav som ställs på en rymdvädertjänst kopplat till användning av GPS, se även *Bilaga - informationskrav/GPS* för en översikt i tabellform.

Det rekommenderas att METOCC tillhandahåller prognoser för allmänna GPS-förhållanden en månad framöver, denna information bör uppdateras varje vecka och presenteras på ett överskådligt sätt genom grön-gul-röd skala. Informationen bör finnas att tillgå via en server på FM IP så att den som behöver informationen kan hämta den manuellt.

METOCC bör sedan leverera nulägesanalys och prognos för GPS-förhållanden d.v.s. uppskattningar om hur bra man kan förlita sig på GPS-systemet och under vilka tidsperioder uppskattningarna gäller för till UndSäkC som i sin tur behöver denna information för att kunna göra systemprognoser. Denna information bör levereras i utförligare textform via e-post en till två veckor före insats. Samma information bör skickas till OPS fast i ett format som underlättar planeringsprocessen, typ färgskala. Skillnaden är att UndSäkC använder informationen till att göra systemprognoser och för targetning medan OPS får ett beslutsunderlag för allmän GPS-påverkan.

När det är två veckor fram till insats bör prognoserna följas upp med förvarningar om avvikelser i prognoserna. Förvarningen bör åtföljas av ny nulägesanalys, ny prognos och en uppföljning. Förvarningarna bör levereras i textform via e-post till UndSäkC och en bildpresentation till OPS.

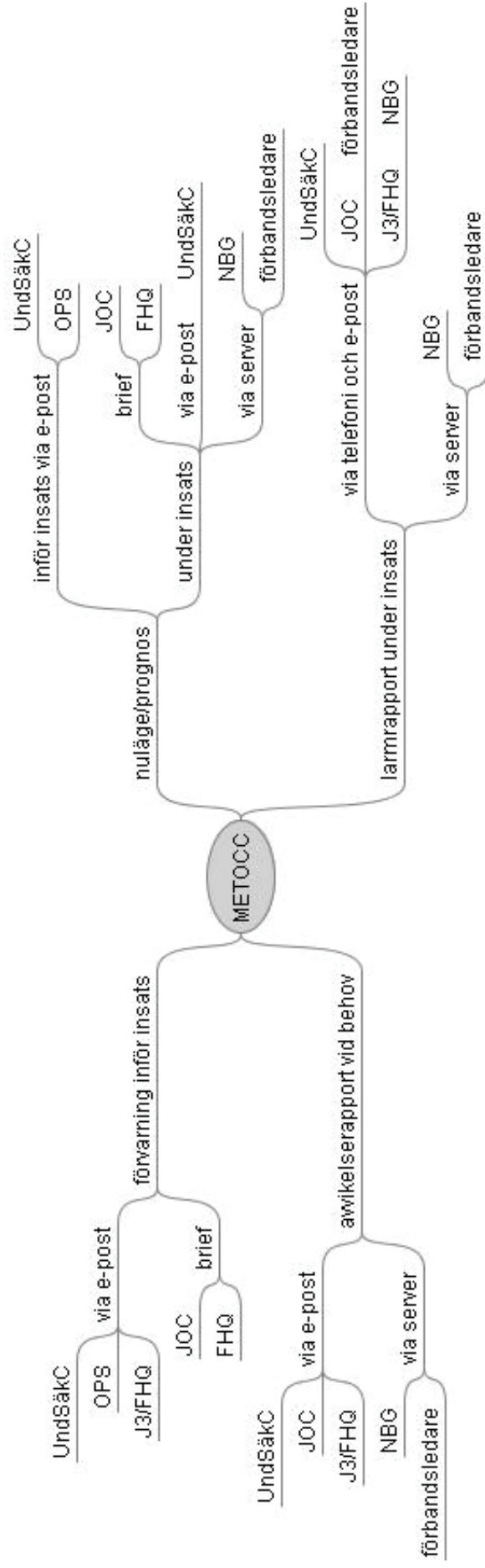
När det endast är två till tre dygn till insats bör även JOC och FHQ kopplas in vid förvarningar. METOCC bör via briefingmötena leverera bildpresentationer i grön-gul-röd-skala. J3/FHQ bör vara naturlig kontaktpunkt mellan METOCC och FHQ.

När en insats är påbörjad bör METOCC tillhandahålla dagliga förhållanden för GPS med åtföljande prognos för kommande dagar. Informationen bör skickas till UndSäkC via e-post, presenteras för JOC och FHQ via briefingmöten men även publiceras via en server så att fältpersonal kan komma åt informationen.

METOCC bör även tillhandahålla larm vid oförutsedda GPS-störningar med en ny nulägesanalys och en ny prognos. Detta bör följas upp kontinuerligt till att störningarna har slutat. Larmrapporterna bör gå ut till UndSäkC, JOC och J3/FHQ via telefon och följas upp med e-post som innehåller mer utförlig information. Det ligger på JOC och FHQ att få ut informationen till fältpersonal men METOCC bör även publicera informationen på servern så att den finns tillgänglig där.

METOCC bör på direkt uppdrag av UndSäkC, JOC eller FHQ kunna tillhandahålla en analys av rymdväderförhållanden under perioder med systemavvikelser. Analysen bör distribueras ut till UndSäkC, JOC och J3/FHQ men även finnas tillgänglig via servern. Det bör också införas som rutin att alla avvikelser som kommer in till JOC i samband med rymdväderstörningar på GPS distribueras vidare till METOCC för katalogisering i en avvikelседatabas, en så kallad "svart bok".

För en översikt av informationsvägar för nulägesanalys, prognos, förvarning, larm och avvikelserapport se Figur 3.



Figur 3 Översikt för informationsvägar när det gäller rymdväderinformation relaterat till GPS. Observera att bilden avser behov av mottagen information och inte utsänd information.

3.5 Rekommenderade aktiviteter

De operativa behoven tillsammans med FOIs rekommendationer ligger till grund för de informationskrav som ställs på en rymdvädertjänst. Nedan sammanställs en lista på rekommenderade aktiviteter som bör påbörjas för att skapa en grund för en rymdvädertjänst. Listan skall ses som en preliminär plan som bör diskuteras med alla inblandade.

Aktiviteter för samband:

- Identifiera om det finns behov av andra parametrar än solfläckstal, ta även reda på hur verktygen tar in data (format).
- Identifiera och fastställa ett antal olika källor för solfläckstal och eventuellt andra relevanta indata (normalläge och nulägesanalys).
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av solfläcksdata på en server på FM IP.
- Identifiera och fastställa källor för tillgång till prognoser för ett par dygn framåt i tiden.
- Skapa rutiner för att kontinuerligt bevaka prognoser för 1-2 dygn framåt i tiden.
- Skapa rutiner och utformning för förvarningsmeddelande och uppföljningsmeddelande (inklusive nulägesanalys och prognos).
- Identifiera och fastställa källor för tillgång till larmrapporter (minuter-timmar).
- Skapa rutiner och utformning för larmrapporter (inklusive nulägesanalys och prognos).
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av förvarningar och larmrapporter via en server på FM IP.
- Identifiera och fastställa ett antal olika källor för signal-brus-förhållanden i jonosfären, ta även reda på hur verktygen tar in data (format).
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av signal-brus-förhållanden i jonosfären via en server på FM IP.
- Skapa rutiner för sammanställning av avvikelser i samband med rymdväder.
- Skapa rutiner för sammanställning, utvärdering och analys av rymdväderförhållanden under specifika avvikelseperioder.
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av en avvikelседatabas via en server på FM IP.

Aktiviteter för GPS:

- Identifiera och fastställa ett antal olika källor för långsiktiga prognoser för GPS-förhållanden.
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av prognos för allmänna GPS-förhållanden via server.
- Identifiera och fastställa ett antal olika källor för nulägesanalys av GPS-förhållanden.
- Skapa rutiner för kontinuerlig nulägesanalys, prognos och presentation av prognos

för GPS-förhållanden inför insats och under insats – anpassat efter mottagare.

- Identifiera och fastställa ett antal olika källor för förvarning och larm vid GPS-störningar.
- Skapa rutiner för rapporter om förvarningar och larm vid GPS-störningar – anpassat efter mottagare.
- Skapa rutiner för sammanställning av avvikelser i samband med rymdväder.
- Skapa rutiner för sammanställning, utvärdering och analys av rymdväderförhållanden under specifika avvikelseperioder.
- Skapa rutiner för sammanställning och presentation av en avvikelседatabas via en server på FM IP.

4 Intressenter

Detta avsnitt beskriver de identifierade intressenterna i en tänkt rymdvädertjänst. Med intressent avses aktörer som bör ha någon slags koppling till en rymdvädertjänst hos Försvarmakten. Alla intressenter har en specifik roll i denna tänkta rymdvädertjänst, med detta avses inte att alla måste ha en aktiv roll men intressenten i sig kan komma att påverka de övriga intressenterna på ett eller annat sätt. Exempel på roller som intressenterna kan ha är forskare, kompetenscentrum, förmedlare, mottagare, användare etc. I detta avsnitt beskrivs vidare aktörens roll i en rymdvädertjänst d.v.s. vad aktören kan bidra med i en rymdvädertjänst. En del av informationen som redovisas nedan finns även beskrivet i tidigare rapporter, se avsnitt *Referenser*.

4.1 Försvarmakten

De identifierade intressenterna hos Försvarmakten är:

- OPS, den operativa staben
- JOC, den gemensamma operativa ledningscentralen
- J6, planeringsdelen för gemensamma vapengrenar hos OPS
- HKV PROD LED
- LedR/METOCC, Försvarmaktens meteorologiska och oceanografiska centrum
- MARA, marinens radio
- TDC, Försvarmaktens teledriftcentral
- UndSäkC, Försvarmaktens underrättelse och säkerhetscentrum
- FHQ, främre staben för NBG
- J3, operationsdelen för gemensamma vapengrenar hos FHQ.

4.1.1 OPS

OPS, operativa staben, är den högsta stabsnivån för planering och ledning av alla missioner som Sverige är med i, förutom NBG. Den leds av en general och där planeras ledning av alla insatta förband på tidsskalan dygn till någon månad. Alla beslut delges via JOC, se nedan. Enligt föreslaget informationsflöde kommer OPS att föras med beslutsunderlag både i ett tidigare planeringsskede och via JOC nära inpå en insats. Underlaget ska i första hand underlätta planerings- och beslutsprocessen därför rekommenderas det att beslutsunderlaget är lättöverskådlig och inte kräver kunskaper om rymdväder utan endast pekar ut vilka system som kan komma att påverkas, hur systemen förväntas påverkas d.v.s. vad störningarna innebär för missionen, uppskattning kring graden av störning (enligt grön-gul-röd-skala) och hur länge störningarna beräknas hålla i sig. OPS bör kunna nyttjas för en utvärdering av de metoder och verktyg som implementeras i ett testskede av en rymdvädertjänst.

4.1.2 JOC

JOC, *Joint Operations Centre*, är en särskild (fysisk) ledningscentral där det sker direkt ledning och direkt kommunikation med Försvarmaktens insatsstyrkor, dock inte NBG. Centralen är bemannad dygnet runt. JOC samlar i stort sett ledningspersonal från OPS och de taktiska staberna, oftast ATS, armétaktiska staben då de alltid är närvarande vid

insatser. Ledningen härifrån sker normalt på tidsskalan timmar till två dygn. JOC styr val av frekvens ca två dagar innan missionen (ca fem dygn innan när det gäller väderpåverkan). De har två *update brief* möten per dag, ett på morgonen och ett på kvällen. På morgonen får JOC en väderprognos från METOCC för samma dag gällande aktuell mission och på kvällen får de en prognos för nästa dygn. Enligt tidigare avsnitt kommer JOC att ha en viktig roll för en rymdvädertjänst. De kommer att vara knutpunkten mellan levererade produkter från METOCC och personal i fält. I vissa fall kommer fältpersonal bara att bli påverkad av beslut som tas i JOC grundat på rymdväderunderlag men i vissa fall kommer JOC att behöva utgöra larmfunktionen för fältpersonal. Själva ”fysiska” underlaget förmedlas till fältpersonal via FM IP men det hänger på att JOC på lämpligt sätt kan larma personal och göra dem uppmärksamma på att det finns ett underlag. Underlaget som levereras till JOC bör vara detsamma som beskrivet ovan för OPS d.v.s. inga större kunskaper om rymdväder skall krävas för att kunna ta beslut. För att bygga upp en erfarenhetsbank när det gäller systemavvikelser vid rymdväder måste även JOC regelbundet förmedla vidare avvikelserapporter till METOCC. JOC bör också kunna nyttjas för en utvärdering av de metoder och verktyg som implementeras i ett testskede av en rymdvädertjänst.

4.1.3 J6/OPS

J står för vapengren: A för flyg (*air*), G för mark (*ground*), M för sjö (*maritime*) och J för gemensam (*joint*). 6-funktionen är planeringsavdelningen, till stor del övningsplanering (beteckningar enligt NATO-standard). J6 finns i alla gemensamma staber men här avser vi J6 på OPS, den operativa staben. J6/OPS ansvarar för frekvensplanering för all skarp verksamhet i Försvarsmakten, även för NBG. Det ingår även att rekommendera sambandsform, t.ex. HF eller satellitkommunikation etc., för operativ verksamhet. I stort innebär verksamheten långsiktig planering inför missioner men det ingår även stöttning med sakkompetens vid specifika incidenter när sambandet inte fungerar som väntat.

J6/OPS måste agera kravställare på den information som de ska tillhandahållas. Format på underlag skall vara anpassat till de verktyg som de använder. De kan även behöva hjälp att studera huruvida deras verktyg kan nyttja annan information än solfläcksdata. Det kan förutsättas att J6 har en djupare förståelse för rymdväder (åtminstone idag) och kan därför delges ett utförligare underlag som de även kan använda om de blir kontaktade av fältpersonal med problem. J6/OPS bör utgöra en del i en referensgrupp för rymdväder och även nyttjas i ett testskede av en rymdvädertjänst.

4.1.4 HKV PROD LED

Här hanteras samma frågor som vid J6 på OPS: frekvensplanering, sambandsrekommendationer och support, men endast för icke skarp verksamhet t.ex. vid svenska övningar. Här utvecklas även verktyg och metoder som används för all verksamhet. Det är viktigt att de metoder och rutiner som tas fram i en rymdvädertjänst koordineras med de metoder som tas fram här plus att rymdväderinformation i förlängningen kommer att ställa krav på de verktyg som tas fram här. Det rekommenderas därför att HKV PROD LED utgör en del i en referensgrupp för rymdväder, speciellt vid framtagning av rutiner i en rymdvädertjänst.

4.1.5 LedR/METOCC

Under ledningsregementet finns FM METOCC, Försvarsmaktens Meteorologiska och Oceanografiska Centrum, d.v.s. ”vädertjänsten” som är beläget i Enköping. FM METOCC ansvarar för produktion, förvaltning, utveckling och utbildning relaterat till meteorologi

och oceanografi. Utvecklingsenheten har idag tagit på sig ansvaret att utveckla funktioner relaterat till rymdväder, de har utsett en person som är kontaktperson för rymdväderfrågor och även introducerat meteorologer för rymdväderämnet under en kompetensutvecklingskurs.

Fördelen med att låta METOCC utgöra *point of contact* med ansvar för rymdväderfrågor är att de redan är en organisation som har rutiner för att leverera underlag och support 24 timmar om dygnet alla dagar på året vilket är en fördel om varningar skall kunna distribueras ut i tid. Det rekommenderas att METOCC inte bara är kontaktpunkt internt utan är den självklara kontaktpunkten mellan Försvarmakten och alla relevanta rymdväderkällor utanför Försvarmaktens organisation, se Figur 4. METOCC bör även besitta tillräcklig kompetens kring rymdväderfrågor för att kunna utgöra supportfunktion. Däremot bör de nyttja FOI och IRF för djupare analys och förståelse för effekter samt att identifiera datakällor. METOCC bör också följa arbetet inom WMO och hålla kontakten mot NATO för eventuella informationsutbyten.

FMV	F M M E T O C C	FÖRSVARSMAKTEN: OPS, JOC, J6/OPS, FHQ, J3/FHQ, MARA, TDC, UndSäkC, Sambandsdriftsledare, Förbandsledare
FOI		
IRF		
WMO		
NATO		

Figur 4 FM METOCC utgör kontaktytan mellan Försvarmakten och externa relevanta rymdväderkällor.

4.1.6 MARA och TDC

MARA, marinens radio, och TDC, teledriftcentralen, kan i stort likställas i funktion. De sköter drift av kommunikationsnät och förädlar i vissa fall sambandsprognoser. Skillnaden dem emellan är att de använder sig av olika fysiska system. Marinen har ett eget kommunikationssystem som MARA sköter medan resten av Försvarmakten använder sig av ett sambandssystem som TDC driver. TDC sköter bland annat FM Satkom (satellitkommunikation). MARA och TDC nyttjas även vid NBG-insatser. Eftersom dessa enheter sköter drift av sambandsnät är de en naturlig del i en rymdvädertjänst och också en kravställare på levererad information. De bör vara en del i en referensgrupp och även nyttjas vid test av en rymdvädertjänst.

4.1.7 UndSäkC

Försvarmaktens underrättelse- och säkerhetscentrum, FM UndSäkC, är ett centrum för utbildning och utveckling inom Försvarmaktens nationella och internationella underrättelse- och säkerhetstjänst. På utvecklingsenheten utvecklas metoder och verktyg för underrättelse som används för att underlätta olika slags beslut i insatsprocessen. I metodutvecklingen anpassar man sig så att Försvarmaktens nationella metoder blir interoperabla med hur andra länder arbetar, speciellt NATO. Targeting är t.ex. något som är influerat av hur NATO arbetar. Verktyg för targeting utvecklas på utvecklingsenheten, det är verktyg där det specificeras hur ett mål ser ut, dess koordinater, vad för vapen som skall användas och hur det fungerar, vapnets projektionsbana samt förutsättningar för verkan. Förutsättningar för verkan på ett mål beror av bland annat precisionen i

navigeringssystemet som används, i de flesta fall används civil eller militär GPS. Enligt Försvarmaktens direktiv ska satellitnavigering endast användas som ett umbärligt komplement men användningen utökas mer och mer. GPS påverkas i sin tur av rymdväder. Utvecklingsenheten ansvarar för att targettingverktyget räknar ut risker och möjligheter för hur ett vapensystem verkar i sin miljö och hur bra vapensystemet verkar i förhållande till målet.

Utvecklingsenheten levererar underlag till hela insatsprocessen men speciellt till den operativa nivån där beslut om vapeninsats fattas. Beslutsunderlag efterfrågas dagligen under pågående insatser. Inför en insats tar man bland annat fram systemprognoser som beskriver hur bra ett vapensystem kommer att fungera i sin miljö. Utvecklingsenheten kommer även att utveckla och hålla i kurser i targetting.

UndSäkC utgör också mottagare och kravställare på en rymdvädertjänst och bör utgöra en del i en referensgrupp. Kompetensen kring rymdväder kan förutsättas vara relativt låg och egentligen är man inte intresserad av något mer än hur GPS förväntas påverkas. Det bör dock undersökas om targettingverktygen kan ta in rymdväderdata direkt eller om det sker via manuell hantering.

4.1.8 FHQ

FHQ, *Force Headquarters*, är den främre staben för NBG, *Nordic Battle Group*, de leder insatsprocessen d.v.s. de leder den kortsiktiga, timmar till dygn, planeringen för NBG (och endast NBG). Här tas bland annat beslut angående vapeninsats för NBG. FHQ leds i sin tur från OHQ, den operativa ledningen som just nu är stationerad i Storbritannien. OHQ kan i någon mån jämföras med OPS, de leder långsiktigt från veckor upp till månader i förväg. Skillnaden är att OHQ är en del av EUs insatsprocess där fler länder medverkar och OPS är en del av svenska försvarets insatsprocess. FHQ sätts till en början upp hemma i Sverige men omgrupperas sedan till stabsområdet i insatslandet. Det sätts upp ett nytt FHQ för varje NBG så just nu är FHQ i avvecklingsskedet för NBG08. OHQ-FHQ-NBG är en helt parallell process till OPS-JOC-utlandsmission d.v.s. Försvarmaktens övriga verksamhet men det hindrar inte att OHQ/FHQ/NBG bemannas med personal från Försvarmakten. Eftersom FHQ inte är beständig får man förutsätta att det inte finns kompetens kring rymdväder och all information som levereras bör därför utformas på samma sätt som för JOC d.v.s. ingen rymdväderkompetens skall krävas utan informationen skall underlätta för snabba beslut. Eftersom J3/FHQ bemannas av en meteorolog från METOCC bör denna kanal in i FHQ nyttjas för rymdväderinformation. FHQ måste förutsättas kunna användas precis som JOC d.v.s. som en larmfunktion ut till fältpersonal. Nästa FHQ för BG11 kommer snart att börja sättas upp och de bör kunna nyttjas för test och utvärdering av en rymdvädertjänst.

4.1.9 J3/FHQ

Här står 3 för operationsdelen i FHQ och J för gemensamma vapengrenar. Under BG08 sitter en meteorolog på J3/FHQ som är kontaktpunkt mellan FM METOCC och FHQ/NBG. Han koordinerar även arbetet för utplacerade meteorologer och ser till att de kan komma i kontakt med FM METOCC. Han lämnar uppskattningar om hur vädret kommer att påverka en operation till FHQ, ger väderuppdateringar och lämnar väderunderlag till planeringsprocessen. Det vore naturligt att även använda J3/FHQ som en kontaktväg mellan METOCC och FHQ/NBG för rymdväderinformation. Eftersom METOCC under BG08 bemannade J3/FHQ så är det troligt att det även sker för BG11 vilket gör att man skulle kunna förbereda kompetensnivån för rymdväderinformation.

4.2 FMV

FMV bör nyttjas i deras roll som teknisk systemexpert i en referensgrupp och vid övningar och workshops. FMV bör också kunna låna ut utrustning för eventuella tester. Ett konkret förslag är att sätta upp en stationär militär GPS och även en civil GPS för att kontinuerligt logga förhållandena i jonosfären och även hur de två olika mottagarna hanterar förhållandena, dessa skulle kunna drivas av FMV eller FOI. Av detta kan man skapa sig en förståelse för ett normalläge samtidigt som man skapar förutsättningar för att analysera effekter från specifika solutbrott, speciellt skillnaderna för en civil och en militär GPS.

FMV äger även en GPS-simulator som kan nyttjas för att simulera effekter av rymdväder på GPS. Simulatorens drivs av FOI och beskrivs därför nedan.

FMV har även satt upp två jonosonder i Enköping och i Boden, dessa bör också nyttjas i den mån det är möjligt⁵ för kontinuerlig loggning av normalläget och analys av anomalier.

4.3 FOI

FOI kan i huvudsak bidra med en projektledar-/koordinatorroll för en referensgrupp och för övningar/workshops, forskarrollen kan innebära analys av mätdata, presentation av data, värdering av rymdvädereffekter, utvärdering och uppföljning av en rymdvädertjänst, omvärldsanalys, i första hand teoretisk expertkunskap om GPS och Forsvarsmaktens kommunikationssystem (såsom Ra 195, Ra 180, Mobsat, FM Satkom, HF2000, satellittelefoni typ Iridium/Thuraya) samt en allmän övergripande förståelse för rymdväder och dess effekter på dessa system.

Den FMV-ägda GPS-simulatorens drivs av FOI skulle kunna nyttjas för att testa hur rymdvädereffekter påverkar GPS-mottagare. Idag finns dock ingen koppling till jonosfärstörningar i simulatorens utan det skulle krävas en insats för att utveckla modellerna i simulatorens d.v.s. hitta kopplingen till rymdväderparametrar. Simulatorens genererar GPS-signaler som är identiska med satellitsystemets signaler⁶, vid testning kan vilken GPS-mottagare som helst användas.⁷ Simulatorens skulle därmed kunna nyttjas för att skapa bättre förståelse för störningarnas egenskaper d.v.s. graden av effekten etc. Självklart skulle det även skapa möjlighet till att testa skillnaderna mellan en civil och en militär GPS. Simulatorens skulle även kunna nyttjas för att utvärdera upplevda störningar på en GPS-mottagare. Detta skulle kunna göras genom att använda inspelat data från GPS-mottagaren som indata till simuleringarna. På detta sätt kan man estimerar korrektionsparametrarna för jonosfärs- och troposfärspåverkan i simulatorens d.v.s. man återskapar störningarna. Detta förutsätter att man har ett bra referensscenario utan störningar och att man har identifierat hur parametrarna i simulatorens relateras till rymdväderparametrar. Även att GPS-mottagaren kontinuerligt har spelat in och sparat data från störningstillfället. Detta kräver dock en avancerad GPS-mottagare, en standard GPS-mottagare har inte denna möjlighet.

4.4 IRF, Lund

IRF, Institutet för rymdfysik, består av ca 100 anställda och finns i Lund, Kiruna, Uppsala och Umeå. Forskningen på IRF bedrivs i så kallade program där solfysik är en av dessa

⁵ Jonosonderna sätts upp i ett visst syfte, troligtvis för att förbättra frekvensplanering lokalt (i Sverige) men all data som loggas bör även kunna samutnyttjas för en rymdvädertjänst

⁶ Idag finns moduler för både civila och militära L1 och L2

⁷ Det finns moduler för GALILEO och GLONASS men de är ej inköpta av FMV idag

program. IRF i Lund arbetar i huvudsak med solfysik och består i dagsläget av fyra personer varav en person är doktorand.

IRF i Lund är med i det så kallade ISES⁸, *International Space Environment Service*, som är ett internationellt nätverk där IRF i Lund har en position som regionalt varningscenter, RWC, *Regional Warning Centre*, där de bland annat driver en hemsida⁹ där de länkar till prognoser och modeller som andra länder gör inom ISES. IRF bidrar även med egna modeller och prognoser samt tillhandahåller en kort sammanfattning på svenska av senaste "läget" på solen. ISES består just nu av organisationer från 13 länder därav bl.a. *Canadian Space Weather Forecast Centre* i Kanada, *IPS Radio and Space Services* i Australien, *Space Weather Prediction Centre* i USA, europeiska rymdagenturen (ESA), ett antal organisationer i europeiska länder och ett par från länder i Asien.

Genom ISES har IRF tillgång till internationellt data som inte är tillgängligt offentligt. IRF skulle kunna erbjuda en tillgång till nätverket och därigenom tillgång till internationella data samt tillgång till experter och specialister på olika områden (t.ex. IPS i Australien för HF). Detta kan nyttjas för specifika frågor och störningsutredningar d.v.s. åtkomst till sådan information som ej finns i öppna källor. ISES-nätverket ger också möjligheten att följa effekter av solstormar från en geografisk plats på jorden till en annan. De skulle sammanfattningsvis kunna bidra med att:

- Vid behov utveckla prognosmetoder med hjälp av ISES.
- Utgöra ett expertstöd i en referensgrupp när det gäller en djupare förståelse för hur rymdväder påverkar system och signaler.
- Sammanställa specifik information både från öppna källor och från ISES.
- Hjälpa till med att, genom ISES, hitta modeller för djupare analyser/studier av effekter (t.ex. för att kunna studera hur olika frekvensband påverkas och hur störningarna ser ut etc.) eller utveckla egna modeller.
- Ge fördjupad analys och information om händelser och effekter vid utredningar av systemstörningar.
- Förmedla vad som är på gång inom rymdvädersamfundet och vad som kan vara användbart, de deltar bland annat i EU-projekt och ESA-projekt.
- Hålla föredrag, kurser och utbildning.

Det rekommenderas att IRFs kompetens och nätverk nyttjas i en rymdvädertjänst antingen direkt som en del i en referensgrupp eller att man låter FOI vara länken mellan METOCC och IRF. I ett första skede bör IRF nyttas för att med hjälp av ISES hitta lämpliga datakällor för en rymdvädertjänst.

4.5 WMO

WMO, *World Meteorological Organization*, visar nu ett intresse för rymdväder. De har noterat att flera WMO-medlemmar har placerat rymdväder under deras nationella väderorganisationer och dessa har i sin tur uppmanat WMO att ta ett helhetsgrepp på rymdväder. Det finns idag ingen FN-organisation som har ansvaret för en internationell koordinering för rymdväder. WMO har därför pekat ut ISES som den naturlige huvudsaklige internationella koordinationsmekanismen för rymdväder. WMO överväger även huruvida det finns potential i synergier mellan operationella aktiviteter för rymdväder

⁸ <http://www.ises-spaceweather.org> (2008-09-12)

⁹ <http://www.lund.irf.se/rwc> (2008-09-12)

och nuvarande WMO-aktiviteter relaterat till leveranser av vädertjänster. Det som WMO pekar ut som relevant i sammanhanget är:

- Påverkan på väder- och miljösatelliter som är nyckelkomponenter i GOS, *Global Observing System*.
- Påverkan på radiokommunikation som är en operationell komponent av WMOs informationssystem.
- Påverkan på viktiga ekonomiska aktiviteter såsom flyg, satellitoperationer, satellitpositionering och energidistribuering vilket involverar stora användare av meteorologiska tjänster.

Under år 2010 skall det hållas en kongress där bland annat WMO skall besluta om medel till ISES. IRF i Lund, såsom alla ISES-medlemmar, har uppmanats av WMO att ta kontakt med SMHI (nationella vädertjänster) för att göra sin verksamhet synlig. I och med att ISES har pekats ut till internationell koordineringsorganisation kommer de att få en allt viktigare roll vilket gör att kontakten in i ISES via IRF också blir viktig för METOCC och en rymdvädertjänst i Försvarsmakten.

4.6 NATO

NATO-uppdrag matas med rymdväderinformation genom USA men eftersom Sverige inte är med i NATO delges inte våra styrkor med samma information. METOCC har idag tillgång till JAAWIN, USAFs, *US Air Force*, webbaserade server för rymdväderprognoser. METOCC har dock endast tillgång till den öppna informationen. Detta är ändå en bra källa som bör nyttjas så långt det går.

5 Prognosmöjligheter

I detta avsnitt görs en bedömning av vad som är möjligt att göra prognos för i relation till operativa behov och informationskrav.

Satellitkommunikationslänkar och GPS-signaler påverkas på samma sätt av rymdväder. Signalen som mottagaren ser kan utsättas för scintillation, vilket är fas- och intensitetsvariationer i signalen. Detta gör att mottagaren får problem med att låsa på signalen. Andra rymdvädereffekter är att GPS-signalen fördröjs eller riktningsförändras vilket i sin tur kan leda till positions- och tidsfel. I Figur 5 beskrivs förloppet från verkan på satellitkommunikation härlett till orsaken (solen). Samma tabell gäller för GPS-signaler. I figuren redovisas, i kolumnen till höger, vilka parametrar man kan använda för att observera och upptäcka förlopp på solen, i solvinden, i magnetosfären och slutligen i jonosfären. Det går att läsa tabellen åt två håll, om man är intresserad av vad som orsakade en viss störning läser man tabellen uppifrån och ned (verkan-orsak). Om man däremot vill veta vilka fenomen på solen som skapar vilka störningar så läser man figuren nedifrån och upp (orsak-verkan). För en förklaring av allmänna rymdvädertermer hänvisas till tidigare FOI-rapport^{III}. Med TEC avses *Total Electron Content*, E-fält står för elektriskt fält, V är solvindshastighet, n är solvindsdensitet, Bsv är solvindens magnetfält, UV står för Ultraviolett, EUV är extremt ultraviolett.

Satellitkommunikation - verkan-orsak					
Effekt	Mottagaren får problem med att låsa på utsänd signal Scintillation - variation i fas och intensitet på signal				Mät-parametrar
Jord-sol-fenomen	Jonosfär	Jonosfärstorm (varar mer än en dag) Plasma-oregelbundheter (ekvator, poler)	Jonosfärstörning (varar några timmar)	Jonosfärens normaltillstånd	Tids, latitud, longitud gradient i TEC Mätningar av E fält
	Magnetosfär	Jordmagnetisk storm	Strålning	Strålning	Dst, Kp, Ap index Jordmagnetfältsmätningar
	Solvinden	Interplanetära koronamassutkastningar (ICMEs), Höghastighetsströmmar (HSPS)			V, n (plasmaflöde, protonflöde) Bsv (solvindens magnetfält)
	Solen	A) Koronamassutkastningar (CMEs)	B) Solar flares (solerupationer)	C) Variation pga solcykelns, och jordens rotation	A)Koronagrafbilder vitljus B) UV, EUV, röntgen, energetiska partiklar C)Fotosfärsmagnetfält, EUV, F10.7, solfläckstal

Figur 5 En bild över hur förloppet ser ut från jorden till solen när det gäller effekter på satellitkommunikation d.v.s. en verkan-orsak kedja. Samma tabell kan användas för effekter på GPS-signaler. Källa: Henrik Lundstedt, IRF i Lund.

Motsvarande bild ges i Figur 6 för rymdvädereffekter på HF d.v.s. kortvågssignaler. HF-signaler kan utsättas för så kallad kortvågs-fade out (SWF) vilket innebär att signalen från sändaren försvinner ut i rymden istället för att reflekteras tillbaka till mottagaren. Signalen kan även absorberas i jonosfären (PCA) vid stora störningar. Andra effekter på signalen är olika spridningseffekter.

E-lager refererar till jonosfärens så kallade E-lager, detsamma för F- och D-lager. F-lagret delas upp i två lager F1 och F2. MUF står för *Maximal Usable Frequency*, NmF2 står för *peak electron density* d.v.s. där elektrondensiteten är som störst i F2-lagret, Rz är Zürich-solfläckstalet (en av många olika typer av solfläckstal) och SPE står för *Solar Particle Event*.

HF- verkan-orsak					
Effekt	Kortvågs "fade out"(SWF), (förlopad utsänd signal/reflektion), "Polar Cap Absorption (PCA)" (signalabsorption på utsänd signal), "Sporadic E" (sporadisk jonisering av E lager), "Spread F" (utspridning i F lager pga oregelbundheter				Mät-parametrar
Jord-sol-fenomen	Jonosfär	Jonosfärstorm (varar mer än en dag) (F-lager, PCA(D-lager))	Jonosfärstörning (varar några timmar) (SWF)	Jonosfärens normaltilstånd (D,E,F1,F2) F2 finns 24h, reflekterar högsta HF frekvenser	MUF, TEC, NmF2, f _o F2
	Magnetosfär	Jord-magnetisk storm	Strålning	Strålning	Dst, Kp, Ap index Jordmagnetfälts-mätningar
	Solvinden	Interplanetära koronamass-utkastningar (ICMEs), proton händelse (SPE) Hög hastighets-strömmar (HSPS)			V, n (plasmaflöde, protonflöde) Bsv (solvindens magnetfält)
	Solen	A) Koronamass-utkastningar (CMEs)	B) Solar flares (solerupationer)	C) Variation pga solcykelns, och jordens rotation	A) Koronagrafbilder vitljus B) UV, EUV, röntgen, energetiska partiklar C) Fotosfärsmagnetfält, EUV, F10.7, solfläckstal

Figur 6 En bild över hur förloppet ser ut från jorden till solen när det gäller effekter på HF d.v.s. kortvågskommunikationslänkar. Källa: Henrik Lundstedt, IRF i Lund.

I Figur 7 ges en översikt av prognosmöjligheten i de parametrar som redovisades i föregående bilder. Prognosmöjligheterna är uppdelade efter solens 11-åriga cykel, 27-dagarscykeln på grund av solens rotation kring sin egen axel, transport av plasma (solvinden) från solen till jorden (dagar), jordens rotation kring sin axel (12-24 timmar), plasmatransport från L1 till jorden (timmar-minuter) och strålningstransport från solen till jorden (minuter-nuläge). Prognoser för dessa parametrar finns tillgängliga via regionala varningscenters under ISES eller från statliga och kommersiella organisationer.

Vid en jämförelse mellan de operationella behoven och informationskraven mot denna bild över prognosmöjligheter så kan det konstateras att det går att leverera prognoser som uppfyller behoven.

Begreppet "finns" i Figur 7 innebär att prognoserna är direkt tillgängliga på Internet eller att de finns framtagna men kan behöva uppdateras eller göras operationella innan de görs direkt tillgängliga på Internet. Ett exempel är prognoser som är baserade på neuronmodeller som IRF skulle kunna göra operationella. Det som "inte finns" är kommersiella tjänster/prognoser som kräver lösenord. Det finns även interna prognoser inom ISES som skulle kunna göras tillgängliga via IRF. Dessa prognoser ger en högre kvalitet och kan utformas efter specifika behov d.v.s. skräddarsys till skillnad mot de prognoser som finns tillgängliga via öppna källor som är mer av karaktären "allmänt" hållna.

Det bör utföras en värdering av hur kritiska olika rymdvädereffekter är d.v.s. värdera vilka operativa totala effekter en specifik störning skulle kunna få. Sedan bör man utgå ifrån detta för att bestämma nivån på hur skräddarsydd informationen i en rymdvädertjänst bör vara för att uppfylla specifika behov.

Uppskattad prognosmöjlighet						
Mät-parametrar	Prognostid					
	11 år, 3-4 år Baserat på 11 års dynamo cykeln	Månad(ar), 7-14 dagar Baserat på solens 27 ^d rotation	Dag(ar) Baserat på sol-jord transport	12-24 timmar Baserat på jordens rotation	Timmar, minuter Baserat på LI-jord transport	Minuter-nuläge Baserat på strålningsmätning, mätning på jorden
MUF/LUF, TEC, NmF ₂ , f ₀ F ₂	f ₀ F ₂ , TEC finns	f ₀ F ₂ finns	f ₀ F ₂ , TEC finns	f ₀ F ₂ finns	f ₀ F ₂ , TEC finns	TEC, MUF, LUF NmF ₂ , (jonsond, GPS mätningar finns)
Dst, Kp, Ap index Jordmagnetfält- mätningar (Bi)	Ap, Kp finns	Ap, Kp finns	Ap, Kp finns	Bj lokal finns	Dst, Kp, Ap, Bjord finns	Bj (magnetometer) finns
V, n (plasmaflöde, protonflöde) Bsv (solvindens magnetfält)	Antal koronahål (=snabb V) finns	V finns	V, n, Bsv finns	-	V, n, Bsv finns	V, n (radioastronomiska mätningar) finns
A) Koronamassutkast- ningar, solar flares B) UV, EUV, röntgen, energetiska partiklar C) Fotosfärsmagnetfält (=Bs), EUV, F10.7, Solfläckstal (Rz)	Antal CMEs, solar flares, proton händelser Bs, F10.7, Rz finns	EUV, UV, F10.7, Bs, Rz finns	Bs finns	EUV, UV, F10.7 finns	Energetiska partiklar finns	EUV, UV, F10.7, Bs finns

Figur 7 Uppskattad prognosmöjlighet för parametrar relaterat till samband och GPS. Källa: Henrik Lundstedt, IRF i Lund.

6 Slutsats

Det utförda arbetet har lett fram till två viktiga argument för att utforma en rymdvädertjänst i Forsvarsmakten:

- Det finns ett behov av rymdväderinformation för operationskritiska system såsom samband och GPS-styrda system.
- Vi går mot ett solmaximum med förväntad ökad solaktivitet runt 2011-2012 vilket infaller parallellt med nästa nordiska stridsgrupp som Sverige kommer att leda, nämligen BG11 samt även BG14.

6.1 Rekommendation

Det fortsatta arbetet bör läggas upp enligt följande:

- Beslut, det bör tas ett beslut om hur det fortsatta arbetet med en rymdvädertjänst ska utföras, denna rapport bör utgöra ett av beslutsunderlagen.
- Testfas, det bör inledas en testfas som bör innehålla en operativ värdering av rymdvädereffekter, djupare studier av hur rymdvädereffekter manifesteras vid hantering av Forsvarsmaktens system, prioritering av aktiviteter, ett val av ett antal prognostjänster som testas på olika sätt följt av utvärdering.
- Operationell rymdvädertjänst, tjänsten bör vara testad innan den implementeras operativt, efter implementering bör arbetet följas upp med kontinuerliga utvärderingar och förbättringar.
- Revidering, rymdvädertjänsten bör revideras med jämna mellanrum (varje eller vartannat år) för att göra förbättringar, effektivisera, anpassa efter nya förhållanden, utvidga tjänsten till att inkludera fler funktioner etc.

6.2 Diskussion

Klassning är något som måste tas upp till diskussion vid utformning av rutiner och även vid fastställning av källor. Detta skulle även kunna vara ett argument för att låta FOI vara en länk mellan IRF och METOCC då FOI har mer erfarenhet av att handskas med försvarsklassad information.

Ett behov, som inte är relaterat till rymdväder utan egentligen endast relaterat till sambandsfunktionen, är att kunna förutse avvikelser för sambandssystem. Ett exempel, som även har inträffat, var när solen linjerades upp med en kommunikationssatellit och dess basstation samtidigt vilket resulterade i att basstationen bländades. Alla liknande avvikelser bör delges inte bara J6/OPS utan även JOC, MARA, TDC, FHQ, NBG och sambandsdriftsledare i fält. Eftersom det här inte är rymdväderrelaterat så hör det inte till en rymdvädertjänst utan egentligen till en sambandstjänst. FOI skulle dock kunna hjälpa till med att utforma ett sådant stöd med tillhörande verktyg och metoder.

Om ny soldata erhålls som tyder på att det bör ske en uppdatering av frekvenspooler i HF-systemet så måste detta göras för alla noder i nätverket. Då uppstår frågan hur man gör med grupper som befinner sig utom räckhåll ute på mission. Oavsett om det är det gamla HF-systemet eller HF2000 som används så kommer det att krävas en manuell inmatning av indata i ett startskede. HF2000 kan däremot hantera mindre avvikelser från det verkliga förhållandet, dock troligtvis inte vid ett större solutbrott utan skulle då sluta att generera frekvenser. Ett förslag är att distribuera ut den här informationen via

satellitkommunikation, hur som helst måste detta lösas genom diskussion med alla inblandade.

7 Bilaga - informationskrav

7.1 Samband

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
Nuläge, prognos	Dagligt solfläckstal och prognos för 2 v till 1 månad framöver, eventuella andra parametrar	Anpassat till verktyg, text	METOCC-J6/OPS	Data hämtas manuellt via server, kontinuerlig (daglig) uppdatering	2 v innan insats	globalt
Nuläge, prognos	Dagligt solfläckstal och prognos för 2 v till 1 månad framöver, eventuella andra parametrar	Anpassat till verktyg, text	METOCC-MARA METOCC-TDC METOCC-sambandsdrifts-ledare	Data hämtas manuellt via server, kontinuerlig (daglig) uppdatering	Dagligen under insats	globalt
Förvarning, nuläge, prognos	Förvarning om sambandsstörningar, avvikelser i solfläckstal, uppskattning om vilka system som kommer att påverkas och hur, varaktighet och	Text	METOCC-J6/OPS	Skickas via e-post med laskvitto el dylikt	2 v – 2 d innan insats, dagligen	globalt

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
	uppföljning					
Förvarning, nuläge, prognos	Förvarning om sambandsstörningar, avvikelser i solfläckstal, uppskattning om vilka system som kommer att påverkas och hur, varaktighet och uppföljning	Text, bildpresentation (grön-gul-röd skala)	METOCC-J6/OPS METOCC-JOC METOCC-J3/FHQ-FHQ	Skickas via e-post till J6/OPS och J3/FHQ med läskvitto el dylikt Vid morgon- och kvällsbreifing av JOC, motsvarande briefing av FHQ	2 d – insats, dagligen	globalt
Förvarning, nuläge, prognos, larm	Förvarning om sambandsstörningar, avvikelser i solfläckstal, uppskattning om vilka system som kommer att påverkas och hur, varaktighet och uppföljning, larm om oförutsedda störningar (geografiskt läge)	Text, bildpresentation	METOCC-J6/OPS METOCC-MARA METOCC-TDC METOCC-JOC-sambandsdriftsledare METOCC-J3/FHQ-FHQ METOCC-sambandsdriftsledare	Förvarning skickas via e-post med läskvitto el dylikt till J6/OPS, J3/FHQ, MARA och TDC Förvarning vid morgon- och kvällsbreifing av JOC, motsvarande briefing av FHQ Larmrapport via telefoni/e-post till J6/OPS, JOC,	Kontinuerligt under insats	Globalt/lokalt

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
				J3/FHQ, MARA, TDC Förvarning och larmrapport publiceras även via server för manuell hämtning		
Nulägesmätning, prognos	signal-brus-förhållanden (S/N) i jonsfären så lokalt som möjligt	Text, anpassat till verktyg	METOCC-J6/OPS	Data hämtas manuellt via server, kontinuerlig (daglig) uppdatering	2 v innan insats	lokalt
Nulägesmätning, prognos	signal-brus-förhållanden (S/N) i jonsfären så lokalt som möjligt	Text, anpassat till verktyg	METOCC-MARA METOCC-TDC METOCC-sambandsdriftsledare	Data hämtas manuellt via server, kontinuerlig (daglig) uppdatering	Dagligen under insats	lokalt
Utvärdering, sammanställning, efteranalys	Analys av rymdväderförhållanden vid specifika avvikelseutredningar	Text	METOCC-J6/OPS METOCC-MARA METOCC-TDC	Distribueras via server och e-post	Vid system-avvikelser	-

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
			METOCC-JOC			
Utvärdering, sammanställning, efteranalys	Sammanställning av avvikelserapporter vid rymdväder	Text	JOC-METOCC	Via e-post	Kontinuerligt vid avvikelser	-

7.2 GPS

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
Nuläge, prognos	Nulägesanalys av allmänna GPS-förhållanden och prognos för en månad framöver	bildpresentation	METOCC-FMV	Hämtas manuellt via server	1 månad prognos uppdateras veckovis	globalt
Nuläge, prognos	Nulägesanalys och prognos för GPS-förhållanden, uppskattning om hur bra man kan förlita sig på GPS och under vilka tidsperioder förhållanden gäller för	Textform	METOCC-UndSäC METOCC-OPS	Via e-post med läskvitto el dylikt	1-2 v innan insats, dagligen	globalt

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
Förvarning, nuläge, prognos	Förvarning om avvikelser i prognoser, ny nulägesanalys, ny prognos och uppföljning	Textform, bildpresentation	METOCC-UndSäkC METOCC-OPS	Via e-post med läskvitto el dylikt	2 v före insats fram 2d före insats, dagligen	globalt
Förvarning, nuläge, prognos	Förvarning om avvikelser i prognoser, ny nulägesanalys, ny prognos och uppföljning	Textform, bildpresentation	METOCC-UndSäkC METOCC-JOC METOCC-J3/FHQ-FHQ	Via e-post med läskvitto el dylikt Vid morgon- och kvällsbreifing av JOC, motsvarande briefing av FHQ	2-3 d före insats fram till insats, dagligen	globalt
Nuläge, prognos	Dagliga förhållanden för GPS, prognos för uppskattning om hur bra man kan förrita sig på GPS och under vilka tidsperioder förhållandena gäller för	Textform, bildpresentation	METOCC-UndSäkC METOCC-fältpersonal med targetingverktyg METOCC-JOC METOCC-J3/FHQ-FHQ METOCC-förbandsledare	Nulägesanalys skickas via e-post med läskvitto el dylikt till UndSäkC Vid morgon- och kvällsbreifing av JOC, motsvarande briefing av FHQ Nulägesanalys publiceras även	Kontinuerligt under insats	lokalt

Informationstyp	Informationsinnehåll	Presentation	Informationsväg	Åtkomst	Tidskrav, periodicitet	Miljöanpassning
				via server för manuell hämtning av personal i fält		
Larm, nuläge, prognos och uppföljning	Larm vid oförutsedda GPS-störningar	Text, bildpresentation	METOCC-UndSäkC METOCC-fältpersonal med targetingverktyg METOCC-JOC METOCC-J3/FHQ-FHQ METOCC-förbandsledare	Larmrapport via telefoni/e-post till UndSäkC, JOC, J3/FHQ Larmrapport publiceras även via server för manuell hämtning	Kontinuerligt under insats	lokalt
Utvärdering, sammanställning, efteranalys	Analys av rymdväderförhållanden vid specifika avvikelseutredningar	Text	METOCC-UndSäkC METOCC-JOC METOCC-FHQ/J3	Distribueras via server och e-post	Vid systemavvikelser	-
Utvärdering, sammanställning, efteranalys	Sammanställning av avvikelserapporter vid rymdväder	Text	JOC-METOCC	Via e-post	Kontinuerligt vid avvikelser	-

8 Referenser

^I Lindström och Waldenvik. (2008). *Behov och verktyg för rymdväderprognoser*, Stockholm, FOI. FOI Memo 2264

^{II} Lindström och Waldenvik. (2006). *Prognosmetoder för rymdväder*, Stockholm, FOI. FOI Memo 1851

^{III} Lindström och Waldenvik. (2004). *Rymdväder – effekter på militära och civila system*, Stockholm, FOI. FOI-R--146--SE