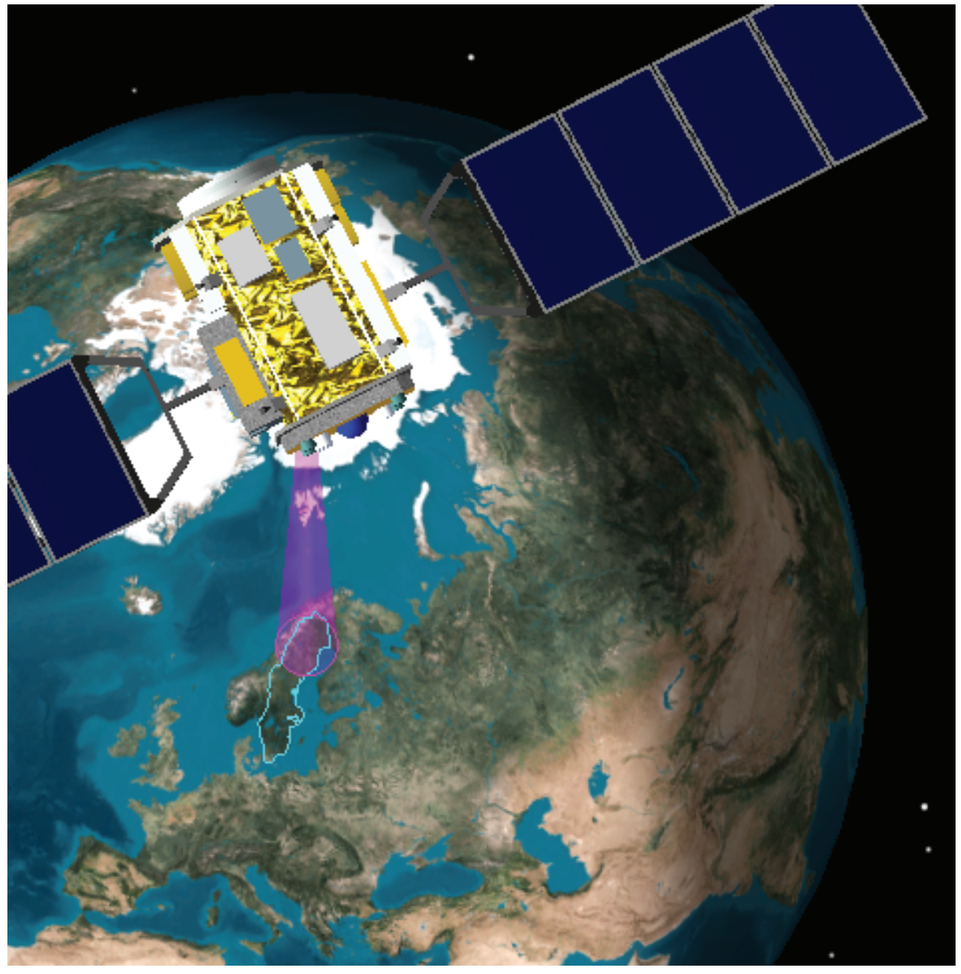
SSA – Behöver Sverige en rymdlägesbild?

CHRISTER ANDERSSON, LISA ROSENQVIST,
EVA BERNHARDSDOTTER, MATHS PERSSON



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
Försvars- och Säkerhetssystem
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se

FOI-R--3087--SE Användarrapport
ISSN 1650-1942 Februari 2011

Försvars- och Säkerhetssystem

Christer Andersson, Lisa Rosenqvist,
Eva Bernhardsdotter, Maths Persson

SSA – Behöver Sverige en rymdlägesbild?

Titel	SSA – Behöver Sverige en rymdlägesbild?
Title	SSA - Do Sweden need Space Situational Awareness?
Rapportnr/Report no	FOI-R--3087--SE
Rapporttyp Report Type	Användarrapport
Sidor/Pages	101 p
Månad/Month	Februari
Utgivningsår/Year	2011
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Projektnr/Project no	E20681
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut
Avdelningen för Försvars- och Säkerhetssystem

164 90 Stockholm

FOI, Swedish Defence Research Agency
Division of Defence & Security, Systems and Technology

SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

Space Situational Awareness (SSA), eller en så kallad rymdlägesbild, är i grunden ett militärt instrument för att förhindra attacker från och via rymden. Under senare år, och mot bakgrund av den allt mer exploaterade rymden, har SSA-konceptet byggts ut och används idag även för civila ändamål. Till exempel för att förhindra att satelliter kolliderar med rymdskrot; att förvarna om solstormsutbrott i syfte att avvärja utslagningen av elkraftsnät; eller för att spåra större asteroider som skulle kunna kollidera med jorden. Rapportens syfte är att ge svenska myndigheter ett grundligt beslutsunderlag som beskriver denna breda och nya bild av SSA. Rapporten redogör därför både för de globala säkerhetsaspekterna och tekniska fundamenta hos SSA.

I rapporten redovisas hur SSA-konceptet har förändrats till att bli en global angelägenhet om hur världens rymdnationer i samarbete ska skydda den gemensamma och ändliga naturresurs som satellitbanorna de facto är. Denna intention är dessutom tydligt uttalad i USA:s nya rymdpolicy där transparens och förtroendeskapande åtgärder framhålls för att lösa detta problem. I och med insikten om rymdinfrastrukturens avgörande betydelse för hela samhället har också EU, med stöd av ett stort antal medlemsländer, inom ramen för *European Space Agency* startat ett studiearbete som sannolikt kommer att bli nästa viktiga europeiska satsning på rymdområdet – en oberoende rymdlägesbild.

Sverige har i princip endast visat intresse för dessa frågor via de samtal om rymdfrågor som sker i FN-sammanhang. Inget svenskt officiellt initiativ har ännu tagits för att följa SSA hos exempelvis *European Space Agency* eller *European Defence Agency*. I rapporten ger därför författarna några konkreta förslag på hur Sverige kan ta till vara de möjligheter en rymdlägesbild erbjuder, och pekar på vikten av att ansluta sig till det internationella arbetet med att skydda denna unika naturresurs.

Två huvudpunkter i dessa förslag är dels ökad satsning på information om risker och möjligheter med rymdmiljön, dels ökad samverkan mellan myndigheterna för att prioritera aktiviteter vid ett eventuellt svenskt engagemang i SSA. Slutligen rekommenderar författarna att myndigheterna bör starta aktiviteter för att undersöka hur Sverige ska få tillgång till relevant SSA-information i framtiden, samt initiera verksamhet för att bygga upp en grundläggande nationell SSA-kapacitet.

Nyckelord: rymdlägesbild, SSA, rymdteknik, satellit, rymdskrot, asteroider, omloppsbana, solstorm, underrättelser.

Summary

Space Situational Awareness (SSA) is essentially a military instrument to prevent attacks from and through space. In recent years, and in the light of an increasingly exploited space, the SSA-concept has been extended and is today also used for civilian purposes. For example to prevent satellites colliding with space debris; to warn for outbreaks of solar storms to prevent destructions of power grids; or to track large asteroids that could collide with Earth. The purpose of the report is to provide the Swedish authorities with a comprehensive decision support that illustrates this broad and new image of the SSA. The report describes both the global security issues as well as technical fundamentals of the SSA.

The report explains how the SSA concept has changed to become a global concern about how the world's space-faring nations in cooperation should protect the common and limited resource of satellite orbits. This intention is also clearly manifest in the new U.S. Space Policy in which transparency and confidence-building measures are emphasized in order to solve this problem. Understanding the essential importance of space infrastructure for the wider community the EU, supported by a large number of member countries, launched a study work within the European Space Agency which is likely to be the next major European venture in space - an independent Space Situational Awareness.

Sweden has in principle only shown interest in these issues through the discussion on space issues that occur in the UN context. No Swedish official initiatives have yet been taken to pursue SSA within the European Space Agency or the European Defence Agency. The report therefore gives some concrete suggestions on how Sweden can take advantage of the opportunities that SSA offers, and indicate the importance of joining international efforts to protect this unique natural resource.

Two main points of these suggestions are increased investment in information about the risks and opportunities of the space environment, and increased interaction between the authorities to give priority to activities at a possible Swedish involvement in the SSA. Finally the authors recommend that the authorities should start activities to investigate how Sweden could obtain access to relevant SSA information in the future, as well as and initiate activities to build up a basic national SSA capability.

Keywords: space situational awareness, SSA, space technology, satellite, space debris, asteroids, orbit, solar flares, intelligence.

Innehållsförteckning

Förord **7**

Förkortningar **8**

1 Inledning **11**

1.1 Begreppet rymdlägesbild 11

1.2 Förändrad hotbild och nya lösningar 11

1.3 Rymdlägesbild en aktuell internationell fråga 12

1.4 Rapportens målsättning 14

2 Sverige och SSA **15**

2.1 Nationell suveränitet 15

2.2 Brist på svensk rymdlägesbild 15

2.3 Ekonomiska värden oskyddade 17

2.4 Brist på svenskt engagemang 18

2.5 Rymdlägesbild en civil-militär angelägenhet 19

3 SSA och militär rymdlägesbild **21**

3.1 Historik och nuläge 21

3.2 Beskrivning av SSA 23

4 Säkerhetspolitisk spelplan **30**

4.1 SSA ett gemensamt ansvar 30

4.2 SSA hanterar ett miljöproblem 30

4.3 Universell lösning 33

5 Internationella fora **36**

5.1 Rymdfrågorna i FN-organisationen 36

5.2 USA:s nya rymdpolicy 38

5.3 EU:s uppförandekod 40

5.4 Sveriges ståndpunkt 40

6 Aktörer som driver SSA-initiativ **41**

6.1 European Defence Agency - EDA 41

6.2 European Space Agency – ESA 46

6.3 United States Strategic Command – U.S. STRATCOM 51

7 Teknik och sensoranläggningar 55

7.1 Sensorsystem 55

7.2 Några anläggningar i USA 57

7.3 Några anläggningar i Ryssland 59

7.4 Några europeiska anläggningar 62

7.5 Sammanställning av världens SSA kapacitet 63

8 Svenska tillämpningar av SSA 65

8.1 Verktyget 65

8.2 Befintliga datakällor 65

8.3 Ubåtsjakt med satellit 66

8.4 Underrättelseinhämtning vid prov och försök 73

8.5 Nära kollision med svensk satellit 77

8.6 Sammanfattning – svenska tillämpningar 83

9 Möjligheter och rekommendationer 84

9.1 En komplex fråga med många möjligheter 84

9.2 Förslag på fortsatta satsningar och aktiviteter 84

Referenser 86

Bilagor 88

Bilaga 1: SSA med hjälp av Google Earth 88

Bilaga 2: Lag (1982:963) om rymdverksamhet 89

Bilaga 3: Förordning (1982:1069) om rymdverksamhet 90

Bilaga 4: STK rapporter 91

Förord

Författarna vill rikta ett stort tack till företagen *Analytical Graphics, Inc*. (AGI) och Svenska rymdaktiebolaget (SSC) för deras stöd och support när det gäller mjukvaruverktyget STK inklusive satelliters uppträdande och banparametrar. Vi vill också tacka Första ubåtsflottiljen för värdefulla synpunkter avseende ett av våra konkreta exempel på hur tekniken kan användas. Slutligen vill vi buga oss djupt för några av våra vänner som gett oss särskilt välriktad kritik av texten – ingen nämnd och ingen glömd.

Förkortningar

AFF	Autonomous Formation Flying
AGI	Analytical Graphics, Inc.
BMEWS	Ballistic Missile Early Warning System
CA	Closest approach
CAT	Conjunction Analysis Tools
CD	Conference of Disarmament
CDP	Capability Development Plan
CoC	Code of Conduct
COPUOS	Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
CSDP	Common Security and Defence Policy
CSR	Common Staff Requirement
CST	Common Staff Target
DHS	Department of Homeland Security
DIAS	European Digital Upper Atmosphere Server
DoD	US Department of Defence
EDA	European Defence Agency
EISCAT	European Incoherent SCATter
ESA	European Space Agency
ESAC	European Space Astronomy Centre
ESOC	European Space Operations Centre
ESP	European Space Policy
ESRIN	European Space Research Institute
ESSAS	European Space Situational Awareness System
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
ESTRACK	European Space Tracking
EUMS	EU Military Staff
EUSC	European Union Satellite Centre
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FoT	Försvarsmaktens Forskning och Teknikutvecklingsprogram
FP7	Framework Programme 7
GEO	Geosynchronous Earth Orbit
GEODSS	Ground Based Electro-Optical Deep Space Surveillance
GRAVES	Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale
GSTP	General Support Technology Program
IADC	Inter-Agency Space Debris Coordination Committee
ICBM	InterContinental Ballistic Missile
IMINT	Image Intelligence

ISAF	International Security Assistance Force
ISON	International Scientific Optical Network
ITU	International Telecommunication Union
JFCC	Joint Functional Component Commands
JSpOC	Joint Space Operations Center
LEO	Low Earth Orbit
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
MSX	Midcourse Space Experiment
NBG	Nordic Battlegroup
NEO	Near Earth Object
NSP	National Space Policy
PAROS	Prevention of an Arms Race in Outer Space
PPWT	Prevention of Placement of Weapons in Space
PT SSA	Project Team SSA
PTS	Post- och telestyrelsen
RAN	Ryska vetenskapsakademien
RS	Rymdstyrelsen
RSP	Recognised Space Picture
SAR	Synthetic Aperture Radar
SBSS	Space-Based Surveillance System
SCN	Spaceguard Central Node
SDA	Space Data Association
SDMG	Space Debris Mitigation Guidelines
SGP4	Simplified General Perturbations, version 4
SIDC	Solar Influences Data Analysis Center
SMHI	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
SOLPENCO	Solar Particle Engineering Code
SP	Special Perturbations
SSA	Space Situational Awareness
SSA-PP	SSA Preparatory Programme
SSC	Swedish Space Corporation
SSI	Space Security Index
SSN	Space Surveillance Network
SSO	Sun Synchronous Orbit
SSS	Space Surveillance System
SST	Space Surveillance and Tracking
SSTC	Space Surveillance Test & Validation Centre
STK	Satellite ToolKit
SWACI	Space Weather Applications Center-Ionosphere

SWE	Space Weather
SWENET	Space Weather European Network
TAROT	Télescopes à Action Rapide pour les Objets Transitoires
TIRA	Tracking and Imaging Radar
TLE	Two-Line-Elements sets
U.S. STRATCOM	United States Strategic Command
UCS	Union of Concerned Scientists
UNGA	United Nations General Assembly
UNIDIR	UN Institute for DIsarmament Research
UNOOSA	United Nations Office of Outer Space Affairs
URG	Users Representatives Group
ZIMLAT	Zimmerwald Laser and Astrometric
ZIMSMART	Zimmerwald Small Aperture Robotic Telescope

1 Inledning

1.1 Begreppet rymdlägesbild

Begreppet *rymdlägesbild* är en extrapolering, ut i rymdarenan, av det mer kända konceptet - gemensam och aktuell lägesbild. På engelska brukar detta benämnas *common operating picture*. Ambitionen med konceptet är att försöka ge såväl ledning som operativa enheter i fält en gemensam, sammanställd, uppdaterad, och relevant bild av ett komplext skeende. Förändrade förutsättningar och nya händelser ska rapporteras in kontinuerligt, varefter dessa värderas, sammanställs och delges till alla berörda. All personal ges därmed en gemensam bild av ”läget” som beslutsunderlag för fortsatta åtgärder. Metoderna som bygger på lägesbildskonceptet används exempelvis vid krishantering, räddningsinsatser och luftövervakning.

En lägesbild för rymden är i grova drag samma sak som beskrivits ovan, men lägesbilden fokuserar på information om hoten mot och från rymdbaserade system (satelliter) samt hoten från naturliga objekt (asteroider, solstormar). För att övervaka rymdarenan används förutom markbaserade teleskop och radarantenner även satelliter.

Frågan om en svensk rymdlägesbild kan i förstone te sig som föga relevant för dagens myndigheter och som enbart av akademiskt studieintresse. Frågorna om en rymdlägesbild ligger dock redan idag på beslutfattares bord runt om i Europa, och program för att realisera tekniska system såväl som organisationer har redan startat på global nivå. Bakgrunden till det stora intresset för att utveckla funktioner för en rymdlägesbild är insikten att de förmågor och den kapacitet som rymdinfrastrukturen ger oss är av avgörande betydelse för dagens samhälle och dess säkerhet.

1.2 Förändrad hotbild och nya lösningar

Under 2000-talet har hoten mot Sverige och våra intressen utvecklats mot att bli allt mer globala, diversifierade och oberäkneliga. Det tidigare allt överhängande militärt statiska hotet under kalla kriget, från stora stående arméer mellan öst och väst, har idag ersatts av en rad nya typer av komplexa hot. De nu aktuella hoten består av allt från långsiktiga globala klimatförändringar, som helt kan förändra det geopolitiska landskapet, till plötsliga terroristattacker utgående från konflikter i insatsområden som riktas mot civila mål på hemmaplan.

Rymdbaserade system har bland annat av Europarådet pekats ut som en avgörande komponent för att kunna hantera denna typ av komplexa hot. Inte minst på grund av de globala och icke-kränkande egenskaper som rymdsystemen erbjuder. De kommande gemensamma och de redan existerande nationella rymdförmågorna ses därför som ett viktigt bidrag till Europas säkerhetsdimension och globala ambitioner. I Europarådets resolution från den 22 maj 2007 om *European Space Policy* (ESP) säger man bland annat att:

> *“UNDERLINING that space represents a significant element of Europe's Sustainable Development Strategy and is relevant to the Common Foreign and Security Policy, supporting their goals by providing vital information on critical global issues such as on Climate Change and humanitarian aid”*[1]

[1] *Resolution on the European Space Policy,* COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 10037/07, Brussels 25 May 2007.

Samtidigt har vårt moderna samhälle blivit allt mer beroende av att de rymdbaserade systemen och att den information som härrör från rymdtjänster är ständigt tillgänglig. Rymdsystemen är idag avgörande för att både centrala funktioner i medborgarnas dagliga liv, och för att våra militära system skall fungera effektivt. *European Space Agency* (ESA)[2] har beräknat att man vid en vanlig affärsresa tur-och-retur mellan två städer i Europa under en dag genomför cirka 50 stycken ”transaktioner” som är helt beroende av att rymdtjänsterna fungerar.[3] Utan den omfattande infrastruktur som finns i rymden skulle vitala delar av samhället idag inte fungera.

1.3 Rymdlägesbild en aktuell internationell fråga

Rymdsystemens egenskap att med unika förmågor ge oss värdefulla tjänster samtidigt som beroendet av dessa tjänster växer, har gjort att hotbilden mot infrastrukturen i rymden kommit att bli akut. Hoten har både mänskliga och naturliga orsaker. Exempel på den första typen kan bestå av nya aktörer med ett oberäkneligt eller okunnigt agerande i rymden. Här kan Kinas anti-satellitprov 2007 nämnas.[4] Det bidrog till en omfattande ökning av mängden rymdskrot i omlopp runt jorden, se figur 1 nedan. De naturliga hoten exempelvis i form av aggressivt rymdväder, som kan slå ut satelliter eller delar av ett markbaserat elkraftsnät, har under senare tid omvärderats och tas nu på allt mer allvar.

Figur 1. En konstnärs tolkning av en exploderande satellit. Fram till i dag har ca 200 explosioner och minst 5 krockar skett i omloppsbana runt jorden. Varje explosion och krock skapar ett moln av rymdskrot, som i sin tur riskerar att slå ut andra satelliter. Källa: ESA.

Problemet med den växande mängd rymdskrot har inneburit att ständigt fler undan-manövrer med satelliter måste göras för att undvika kollisioner. Behovet av ett gemensamt

[2] Presentation av ESA: http://www.esa.int/SPECIALS/About_ESA/index.html (Kontrollerad 101221).
[3] Presenterat av ESA vid konferensen “*Critical Space Technologies for European Strategic Non-Dependence*”, Bryssel 080909.
[4] Craig Covault. *“Chinese Test Anti-Satellite Weapon”*, Aviation Week, Jan 17 2007, http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=awst&id=news/CHI01177.xml (Kontrollerad 101221).

förhållningssätt och uppträdande i rymden (*Code of Conduct - CoC*) för att minimera uppkomsten av än mer rymdskrot är därför uppenbar. På samma gång behöver rymdnationerna samordna sina resurser för att öka kapacitet och precision i en gemensam rymdlägesbild. Problemet kan jämföras med den initiala samordningen av flygtrafikledningen som luftfartsmyndigheterna genomförde för 50-talet år sedan.

På samma sätt har de lyckligtvis få men allvarliga naturliga hoten i form stora asteroider med korsande bana med jorden uppmärksammats som ett reellt hot den senaste tiden. Att kartlägga dessa asteroiders banor kan vara av livsavgörande natur för hela mänskligheten, och om en sådan bana skulle upptäckas krävs det naturligtvis att ett massivt internationellt samarbete initieras för att om möjligt undanröja hotet.

Framför allt USA, men på senare tid även Europa, har därför påtalat behovet av ett antal åtgärder på internationell basis för att hantera framför allt hotet från rymdskrot. Varken USA eller Europa har råd att förlora den förmåga, det oberoende och den ökade säkerhet som rymdtjänsterna innebär. USA:s nya administration har också visat tecken på en omsvängning vad gäller ökad internationell samverkan på rymdområdet. Inte minst har man i olika utspel visat att en gemensam rymdlägesbild med fokus på rymdskrot, är en fråga där USA är mycket intresserade av ett samarbete särskilt med ett antal europeiska länder. Denna nya trend i amerikansk rymdpolitik redovisades redan i maj 2010 av en representant för DoD, Michael Nacht, i tidningen Space News:

> *"We seek as a minimum that space-faring nations would cooperate to track debris and notify each other about possible conjunctions of spacecraft," Nacht said. "We need shared best practices in space to provide predictability in the congested environment that space has become."* [5]

Detta uttalande förstärks ytterligare och fastläggs som en officiell amerikansk politik i och med att den nya rymdstrategin blev klar den 28 juni 2010. I strategin sägs klart och tydligt att USA:s myndigheter skall verka för att rymdlägesinformationen (SSA i texten nedan) även kommer andra rymdnationer till godo:

> *"SSA information shall be used to support national and homeland, security, civil space agencies, particularly human space flight activities, and commercial and foreign space operations."*[6]

På samma sätt har EU Kommissionen och andra europeiska organ, med Lissabontraktatet i ryggen, startat ett omfattande studiearbete för att utröna Europas behov och möjligheter avseende en rymdlägesbild, för att i förlängningen säkra våra intressen och oberoende i rymden. Efter de två stora rymdsatsningarna Galileo och GMES[7] kommer sannolikt utvecklingen av ett integrerat system för en gemensam och civil/militär rymdlägesbild att bli Europas nästa stora satsning på ett nytt rymdprogram.[8]

---

[5] Turner Brinton. "*International Cooperation Emphasis of Forthcoming U.S. Space Policy"*, Space News, May 21, 2010, http://www.spacenews.com/policy/100521-international-cooperation-emphasis.html (Kontrollerad 101221).

[6] *NATIONAL SPACE POLICY of the UNITED STATES of AMERICA,* June 28 2010, http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf (Kontrollerad 101204).

[7] Galileo är ett europeiskt satellitbaserat navigeringssystem liknande det amerikanska GPS. GMES står för *Global Monitoring of Environment and Security*. GMES är ett europeiskt initiativ för satellitbaserad övervakning baserat på ett antal jordobservationssatelliter.

[8] Se FOI:s reserapport från mötet som skickades som e-post: Christer Andersson. MoM "*Conference on Space and Security*", Madrid 10-11 mars 2010, Delgiven Fö, UD, HKV och Rymdstyrelsen 100329.

Rymdbevakning, rymdlägesbild eller på engelska *Space Situational Awareness* (SSA) är således ett område som redan idag påverkar, men framför allt kommer att påverka Sverige inom flera olika områden – säkerhetspolitiskt, forskningspolitiskt och näringspolitiskt. Och denna påverkan kommer att ske oavsett om svenska myndigheter engagerar sig i SSA eller ej.

1.4 Rapportens målsättning

FOI har inom ramen för Försvarsmaktens Forskning och Teknikutvecklingsprogram (FoT) 2010 fått i uppdrag att ge en bred översikt av frågorna runt en gemensam rymdlägesbild och vad *Space Situational Awareness* (SSA)[9] innebär för Sverige. Författarna har försökt spegla båda de militära och de civila sidorna av SSA, även om fokus naturligtvis ligger på den militära sidan. De två sidorna brukar i EU-sammanhang beskrivas med *Space for Security* och *Security for Space*. Rapporten avser att ge både en internationell omvärldsanalys och samtidigt redogöra för grundläggande tekniska fundamenta.

För att konkretisera och förtydliga begreppet SSA har tre praktiska exempel på svenska tillämpningar utvecklats i rapportens kapitel 8. Två av dessa exempel fokuserar på militära tillämpningar och på grund av SSA:s civil-militära struktur har författarna även analyserat en civil tillämpning. Följande scenarier har utvärderats:

1. Satellitspaning mot ett svenskt ubåtsuppdrag
2. Inhämtning av bildunderrättelser över den svenska militära provplatsen i Vidsel
3. En nära förestående kollision mellan en svensk satellit och rymdskrot

Syftet är att rapporten ska kunna ligga till grund för fortsatta diskussioner och eventuella beslut hos flera relevanta svenska myndigheter, i rapporten ges därför en rad rekommendationer. Författarna har också försökt att beskriva både de utmaningar och de möjligheter som de senaste årens utveckling på detta rymdområde innebär för Sverige.

Rapporten har följande disposition:

- **Kapitel 1 Inledning**; introduktion och begreppet rymdlägesbild insatt i sitt sammanhang (detta kapitel)
- **Kapitel 2 Problemformulering**; redovisning av den svenska situationen vad gäller rymdlägesbild
- **Kapitel 3 och 4 Beskrivning**; redogörelse av rymdlägesbild inkluderande historik, kontextuella delar, förmågor, användning och säkerhetspolitisk spelplan
- **Kapitel 5 och 6 Aktörer**; viktiga internationella fora och aktörer som driver frågan om rymdlägesbild
- **Kapitel 7 och 8 Tillämpningar**; beskrivning av existerande teknik och anläggningar, samt tre konkreta exempel och scenarier på svensk potentiell tillämpning
- **Kapitel 9 Ställningstaganden**; förslag och rekommendationer på hur myndigheterna kan agera avseende en svensk rymdlägesbild

[9] Notera att genomgående i hela rapporten så blandas och likställs de båda begreppen rymdlägesbild och SSA.

2 Sverige och SSA

2.1 Nationell suveränitet

En allmän uppfattning om SSA är ofta att det enbart är ett abstrakt och futuristiskt koncept som inte berör verksamheten hos svenska myndigheter. Men tankegången bakom behovet av en rymdlägesbild för Sverige har trots allt en mycket konkret och handfast säkerhetspolitisk bakgrund. I grunden baseras detta på kravet att Sverige ska kunna vidmakthålla sin nationella suveränitet och kunna bevaka sina intressen runt om i världen – inklusive i rymden.

Att varje nation har en omfattande övervakning av, och kontroll på, sina gränser gentemot andra länder är en självklar skyldighet och en nationellt angelägen säkerhetspolitisk uppgift. Gränsbevakningen ingår som en viktig del i uppgiften att bevaka en nations suveränitet. Sverige med flera länder har därför sedan statsbildningarnas början byggt upp organisatoriska och avancerade tekniska övervakningssystem för att lösa denna uppgift. Flera militära såväl som civila myndigheter har skapats enbart för att utföra denna övervakning, samt för att ge regering, myndigheter och medborgarna en fullödig omvärldsbild. Några exempel:

- Försvarsmakten
- Försvarets radioanstalt
- Kansliet för krishantering
- Kustbevakningen
- Luftfartsverket
- Post- och telestyrelsen
- Tullverket
- Strålsäkerhetsmyndigheten

Ansvaret för flera av dessa myndigheter är i första hand att upprätthålla Sveriges suveränitet och svensk jurisdiktion. I andra hand är uppgiften att ge en god lägesbild av skeenden och aktiviteter över land, sjö och luftrummet i Sverige, dess närområde, samt globalt för att bevaka svenska intressen. Dessa myndigheter bevakar en 5423 km lång havs- och landgräns med hjälp av 1000-tals personer inklusive ett omfattande nätverk av radarstationer och andra typer av övervakningssensorer[10]. Fasta och mobila plattformar, såsom Kustbevakningens övervakningsflyg, används för att täcka hela Sveriges yta. Informationen från dessa plattformar och sensorer överförs i sin tur till ledningscentraler för bearbetning och integration med andra data samt för vidare analys. Ledningscentralerna ligger ibland väl skyddade i bergrum och är bemannade dygnet runt.

Att Sverige idag ingår i ett europeiskt säkerhetssammanhang förändrar inte ovanstående resonemang. Snarare blir bilden än mer komplex genom att våra, numera gemensamma, gränser därmed har blivit längre och hanteras av fler nationella och internationella organisationer.

2.2 Brist på svensk rymdlägesbild

I jämförelse med det mycket omfattande myndighetsansvaret för att bevaka våra gränser till lands, till sjöss och i luften får övervakningen av vad som sker och rör sig över Sveriges 449 964 km² yta på en något högre höjd[11] anses vara minimal. Idag har ingen svensk myndighet vare sig ansvar eller kapacitet för att ge regering eller andra myndigheter en dagsaktuell oberoende lägesbild av vad som sker ovanför svenskt luftrum – i

[10] *Automatic Identification System* (AIS) är ett marint exempel på ett automatiskt övervakningssystem.
[11] Svenskt luftrum är kontrollerat civilt upp till 60 000 fot och militärt upp till ”satelliters omloppsbana”.

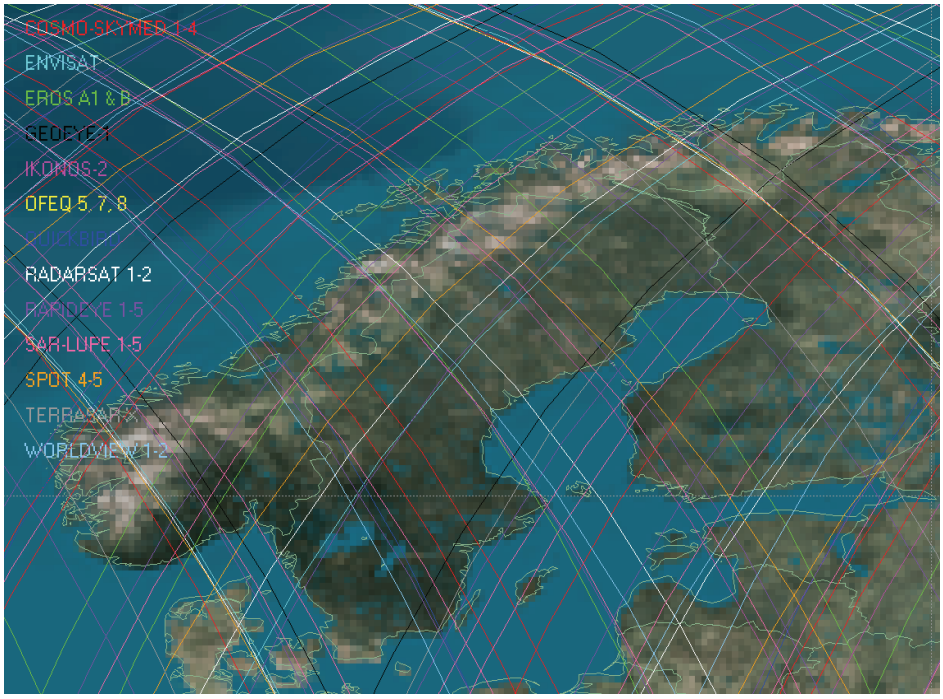
”rymdrummet”. Det finns inte heller några nationella oberoende tekniska system för att bevaka om svenska intressen eller svensk infrastruktur i rymden hotas. Förvisso finns inte samma tydliga internationella regelverk i rymden som för exempelvis luftrummet, men detta borde inte innebära att Sverige ska avhålla sig från övervakningen. Tvärtom borde en oreglerad omvärld snarare öka kraven på en effektiv bevakning av våra svenska intressen.

2.2.1 Rymdstyrelsen

Rymdstyrelsen[12] har onekligen ansvaret för viss myndighetsutövning avseende rymden. Dels för att bereda ärenden om tillstånd till rymdverksamhet för svenska fysiska eller juridiska personer (lagen 1982:963), dels för att utöva kontrollen av sådan verksamhet (förordningen 1982:1069).[13] Vari denna kontroll ska bestå av framgår inte tydligt av lagtexten förutom att ett register ska föras av så kallade rymdföremål där Sverige kan anses som utsändande stat.

Av registret skall framgå:

1. beteckning eller registernummer på rymdföremålet,
2. dag och område eller plats för utsändande,
3. grundläggande parametrar för kretsbanan, inbegripet
    a) omloppstid
    b) banplanets lutning
    c) apogeum och
    d) perigeum,
4. rymdföremålets allmänna användning.



Figur 2: Ett exempel på den mängd av satellitpassager som sker över Sverige under 24 timmar. De satelliter som har kartlagts är begränsade till att samtliga är lågflygande (LEO) och att de har bildalstrande optiska eller radarsensorer med hög upplösning. Inga underrättelsesatelliter från stormakterna finns med på listan då banorna för dessa är okända. Figuren är framtagen med hjälp av mjukvara från AGI kallad STK (se även kap. 8).

[12] Presentation av Rymdstyrelsen: http://www.snsb.se/sv/Om-rymdstyrelsen/ (Kontrollerad 101221).
[13] Se bilaga 2 och 3 för den fullödiga lagtexten för ”Lag (1982:963) om rymdverksamhet”, samt ” Förordning (1982:1069) om rymdverksamhet”.

Med vilken kvalitet och noggrannhet som registerhållningen ska genomföras, hur ofta eller ens om registret skall uppdateras framgår inte. I lagtexten nämns också att Rymdstyrelsen, genom Utrikesdepartementets försorg, skall lämna uppgifter från registret till Förenta nationernas generalsekreterare. Med andra ord är myndighetsansvaret hos Rymdstyrelsen utformat enbart i en riktning för att kunna redovisa de svenska förhållandena.

Myndighetsansvaret kräver på intet vis någon typ av övervakning eller inrapportering av exempelvis andra länders uppträdande ovanför det svenska luftrummet, se figur 2 ovan, eller bevakning av hotet mot svenska satelliter. Därtill är det svårt att se hur Rymdstyrelsen skulle kunna upptäcka, och beivra, svenska operatörer i den mån de bryter mot de konventioner och resolutioner som Sverige tecknat i exempelvis FN.[14]

2.2.2 PTS och SMHI

Övrig kontroll av det svenska ”rymdrummet”, och försvaret av svenska intressen i rymden, är på samma sätt som för Rymdstyrelsen utspritt i små portioner över ett fåtal andra myndigheter. Ofta har detta myndighetsansvar tagits i och med att frågan har väckts i olika internationella sammanhang. Exempelvis har Post- och telestyrelsen (PTS)[15] och SMHI ansvar för att bevaka svenska frekvensrättigheter och satellitpositioner för kommunikationssatelliter, respektive svensk tillgång till vädersatellitdata via internationell samverkan. PTS koordinerar och notifierar nya satelliter via FN-organet *International Telecommunication Union* (ITU). Sammantaget skulle myndighetsansvaret i Sverige avseende SSA kunna karakteriseras som okoordinerat och fragmentariskt.

2.3 Ekonomiska värden oskyddade

Som kontrast till bristen på övervakning och kontroll av det svenska ”rymdrummet”, bör det också poängteras att allt mer av det svenska samhället idag är beroende av satellitbaserade system. Detta gäller tjänster för kommunikation, jordobservation, kartering, såväl som för navigation. För Sveriges del innebär detta också att betydande värden har investerats i olika typer av rymdinfrastrukturer och markbaserade supportsystem. Ett stort antal svenska offentliga och privata investeringar har gjorts i antingen helägd svensk satellitteknik, eller i rymdinfrastruktur där Sverige är delägare tillsammans med någon internationella partner (t.ex. satelliterna Odin, Prisma, Spot och Pleiades). Det sammanlagda värdet kan räknas till ett flertal miljarder kronor, där delar av dessa investeringar ligger obevakade i omloppsbana eller är implementerade på marken som stödsystem för rymdinfrastrukturen. Till detta kommer de betydligt större värden som investerats i olika samhällsfunktioner utanför rymdbranschen, och som förutsätter att rymdinfrastrukturen är intakt och fungerar dygnet runt. Bara för att ge ett exempel så är kommunikationen för insatsstyrkan *Nordic Battlegroup* (NBG) och styrkan i Afghanistan ISAF till stora delar baserad på tjänster från satellitsystem.

2.3.1 *Close Encounter*

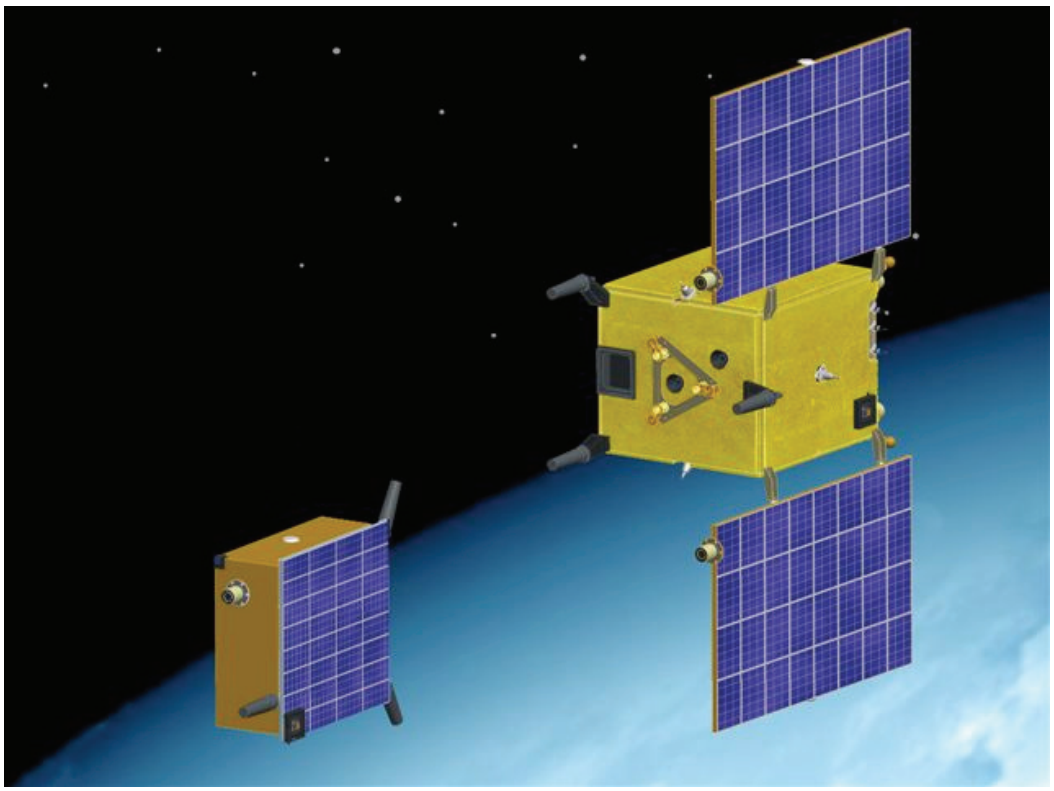
Bristen på en svensk rymdlägesbild aktualiserades på ett mycket dramatiskt sätt sommaren 2010 för den av Rymdbolaget konstruerade svenska satellit-duon Prisma, se figur 3 nedan. Satelliten beräknades komma mycket nära en bit av ett rymdskrot som härrörde från en tidigare krock mellan två satelliter. Denna förutsägelse för Prismas risk för krock med rymdskrot gjordes av USA:s *Joint Space Operations Center* (JSpOC) och meddelades till Rymdbolaget via e-mail. Rymdbolagets personal återkallades från semestern, Prisma

[14] Uppfyller till exempel satelliten Prisma:s modul Tango de riktlinjer för rymdskrot som togs av FN-organet COPOUS 2007?

[15] PTS har regeringens uppdrag att vara notifierande administration i enlighet med Internationella teleunionens (ITU) procedurregler. Se följande länk för rutiner vid satellitkoordinering: http://www.pts.se/sv/Bransch/Radio/Radiotillstand/Satellit/ (Kontrollerad 101221).

väcktes, och en undanmanöver fick i all hast genomföras.[16] Utan JSpOC:s rymdlägeskapacitet och välvillighet att meddela om det nära förestående hotet hade möjligen Prisma krockat och förstörts. Händelsen med Prisma är mer i detalj redovisad i kapitel 8 *Svenska tillämpningar av SSA*.

Sverige har investerat nära 600 miljoner kronor i satelliten Prisma. Men förutom den rent finansiella satsningen, har Prisma också demonstrerat den unika kompetens Sverige har byggt upp på området *Autonomous Formation Flying* (AFF). Då den nära passagen mellan Prisma och rymdskrotet ägde rum innan Rymdbolaget hade separerat Prisma i dess två komponenter hade en kollision inneburit att den tekniken inte hade kunnat demonstreras. En teknik vars framtida värde i exempelvis exportinkomster är svåra att uppskatta, men som skulle kunna uppgå till betydligt mer än vad som investerats i Prisma.



Figur 3: Den svenska satellit-duon Prisma (som här består av de två separerade friflygande delarna Mango och Tango) var mycket nära att slås ut av en krock med en rymdskrotsdel som i sin tur härrör från en tidigare kollision mellan två andra satelliter. Copyright: Rymdbolaget AB.[17]

2.4 Brist på svenskt engagemang

I de intervjuer som gjorts inför avrapporteringen av denna studie har det framkommit att svenska myndigheters kunskap och beredskap vad gäller övervakning och kontroll av Sveriges ”rymdrum” är förhållandevis låg. Frågeställningen om eventuella krav på en rymdlägesbild har behandlats alltifrån att vara en icke-fråga som ligger utanför myndighetens ansvarsområde, till att möjligen vara en underordnad uppgift av mycket begränsad omfattning.

[16] Från Rymdbolagets eventlogg: Camille Chasset. ”*Collision Avoidance Manoeuvre!*”, http://www.prismasatellites.se/combine-initial-operations.aspx (Kontrollerad 101221).
[17] Bildkälla: http://www.ssc.se/satellites-general.aspx (Kontrollerad 101221).

I ett läge där flera andra nationer och civila internationella rymdorgan, såsom ESA, är helt på det klara med de stora och allvarliga utmaningarna som bristen på en adekvat rymdlägesbild innebär har svenska myndigheter hamnat i ett ”beslutsvakuum”. Idag är därför Sverige en av få nationer i ESA som inte anmält intresse för det så kallade *Space Situational Awareness Preparatory Programme* (SSA-PP). Ett argument för detta ställningstagande från Rymdstyrelsens sida är att inget intresse har visats för frågan från Försvarsmakten.[18] Så sent som sommaren 2010 anslöt sig även Finland och Luxemburg till detta ESA program.[19] Två länder som tekniskt/vetenskapligt och industriellt har en betydligt mindre framträdande position som rymdnation än Sverige.

På samma sätt är ansvaret i Sverige för att bevaka den militära utvecklingen av SSA inom ramen för *European Defence Agency* (EDA)[20] oklart. Formellt kan Försvarsmakten förordna en svensk representant till möten hos EDA:s Förmågedirektorat för att följa och påverka utvecklingen. Hittills har så vitt känt ingen representant utsetts, inga rapporter producerats eller förslag kommit från Försvarsmakten på hur spörsmål rörande SSA ska prioriteras nationellt eller i övrigt hanteras. Följaktligen har Sverige ingen uttalad åsikt om SSA i EDA, trots att vi har både mandat och möjlighet att göra vår röst hörd.

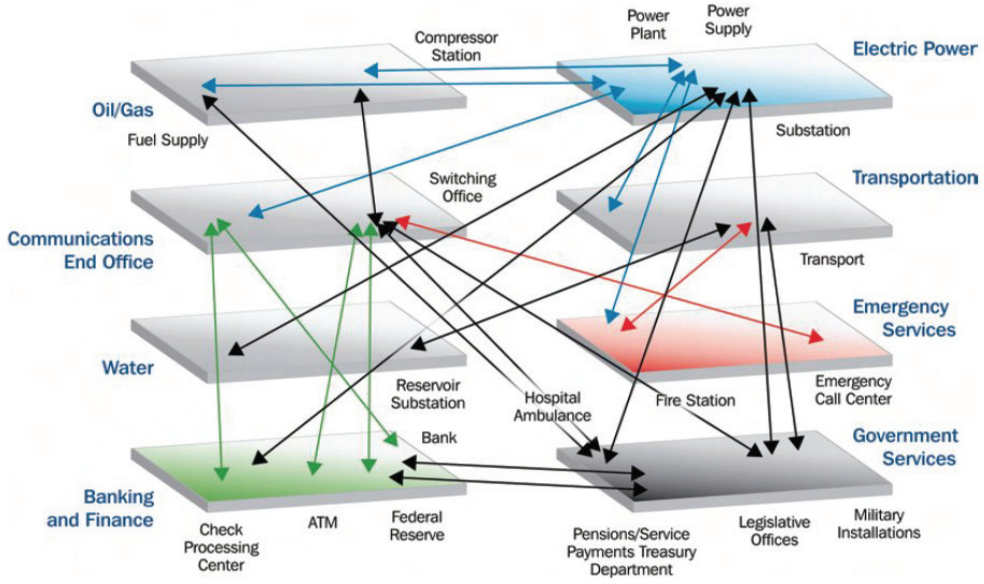
Utrikesdepartementet har däremot under lång tid deltagit aktivt i det internationella arbete som berör rymd och säkerhet. Dels inom ramen för det långsiktiga FN-arbetet med att ta fram exempelvis generella riktlinjer för rymdverksamheten så att risken för rymdskrot minimeras, dels under det svenska ordförandeskapet med att driva frågan om en internationell uppförandekod (CoC) på initiativ av EU. Detta arbete har skett med expertstöd från FOI.

2.5 Rymdlägesbild en civil-militär angelägenhet

Denna rapport har utformats mot bakgrund av det ovan beskrivna oklara och okoordinerade myndighetsansvaret. Oaktat att uppdraget är finansierat av Försvarsmakten har även vissa civila spörsmål beaktats och belysts. Författarna tror detta är ett nödvändigt angreppssätt. Dels beroende på att SSA presenteras som Europas första civil-militära rymdprogram (*dual-use*) med intressen hos både ESA (civilt) och EDA (militärt), dels för att frågeställningarna i sig är brett gränsöverskridande och berör flera samhällsområden. Följaktligen är rapporten delgiven även flera civila myndigheter.

Department of Homeland Security (DHS)[21] i USA har tagit fram en illustrativ bild som visar dagens komplexa och sammanvävda samhälle, och som bidrar till argumenten i ovanstående resonemang. Figur 4 nedan redovisar hur en störning i elkraftsnätet, exempelvis från ett solstormsutbrott, skulle kunna fortplanta sig till flera vitala samhällsfunktioner.

[18] Rymdstyrelsen: ”*Sammanfattande beskrivningar av resolutioner och program på ESA:s rådsmöte på ministernivå 2008*”, 5 november 2008, http://www.snsb.se/Global/Om%20Rymdstyrelsen/Strategier%20och%20Policy/sammanfattande_programbeskrivningar_CM08.pdf (Kontrollerad 101221).
[19] ESA SSA-PP: ”*Two memberstates join SSA programme*”, 6 juli 2010, http://www.esa.int/SPECIALS/SSA/SEMXJ2MZLAG_0.html (Kontrollerad 101120).
[20] Presentation av EDA: http://www.eda.europa.eu/ (Kontrollerad 101221).
[21] Presentation av DHS: http://www.dhs.gov/xabout/index.shtm (Kontrollerad 101221).



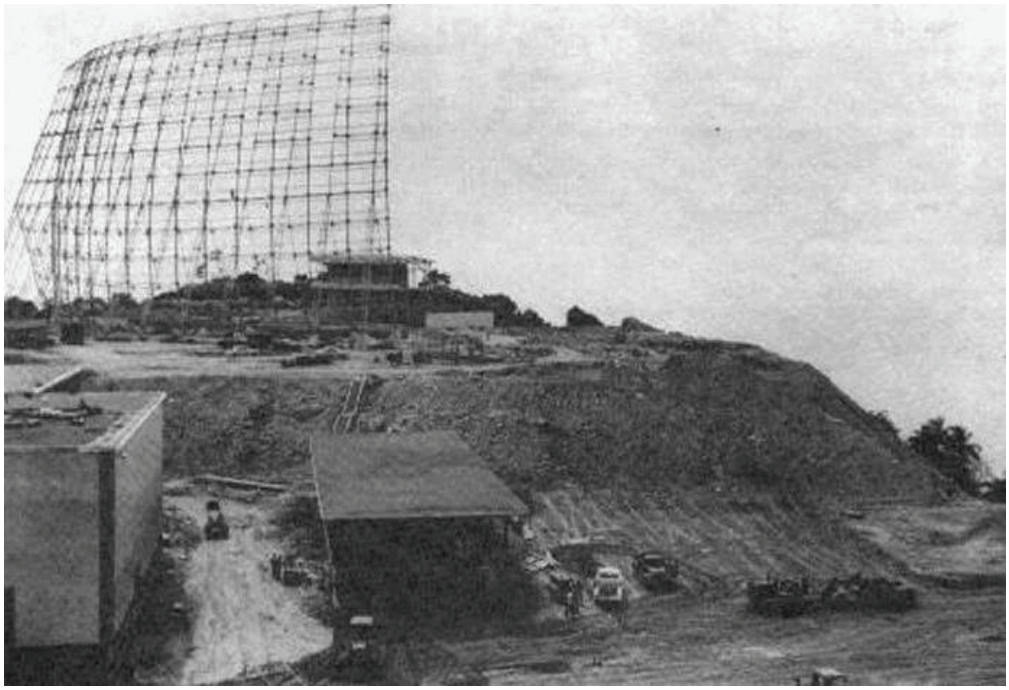
Figur 4: Kopplingar och beroenden mellan vitala samhällsfunktioner. Samtliga funktioner ovan skulle därmed kunna påverkas av störningar i rymdinfrastrukturen. Källa: DHS.

3 SSA och militär rymdlägesbild

3.1 Historik och nuläge

3.1.1 Stormakterna började

Behovet av att ha kontroll på objekt i rymden och upptäcka, spåra och identifiera dem har funnits sedan dåvarande Sovjetunionen skickade upp den första mänskligt byggda satelliten Sputnik år 1957. Förmågan att med precision mäta in satelliters och andra objekts banposition och hastighet för att kunna uppskatta deras position vid en given tidpunkt i framtiden har därför förfinats under lång tid. Tekniken brukar benämnas rymdövervakning eller på engelska *Space Surveillance*. De första sensorer som stormakterna använde för kontroll av rymden låg i princip helt under militär kontroll. Huvuduppgiften för dessa radarsensorer var ursprungligen att ge en förvarna inför en kommande kärnvapenattack, och inte primärt för att spåra satelliter. En uppgift som brukar benämnas *Missile Early Warning*. Se nedan i figur 5 ett tidigt exempel på ett amerikanskt fast radarvarningssystem.



Figur 5: Redan 1958 började USA bygga ovanstående prototyp av *The Ballistic Missile Early Warning System* (BMEWS) i Trinidad. Anläggningen började användas 1959 för prov och försök och mätte in data från raketer, satelliter och meteorer. Copyright: GlobalSecurity.[22]

I och med utvecklingen av kärnvapenbärande interkontinentala robotar (ICBM) under kalla kriget blev denna teknik av livsavgörande betydelse att upprätthålla för stormakterna. Både USA och Sovjet tog därför fram olika typer av markbaserade radarkedjor för att få en viss tid av förvarning inför en annalkande kärnvapenattack. När även andra rymdförmågor utvecklades, såsom satellitbaserad spaning och kommunikation, förstärktes behoven för att skapa en mer komplett bevakning av vad som fanns i rymden. Detta innebar att även sensorer i form av markbundna optiska teleskop började användas för att

[22] GobalSecurity.org: "*Ballistic Missile Early Warning System (BMEWS) - AN/FPS-50 detection radar* ", http://www.globalsecurity.org/space/systems/bmews.htm (Kontrollerad 101221).

komplettera radarsensorerna. Efter hand bestod den dagliga operativa uppgiften för dessa system därför av att upptäcka, spåra och katalogisera satelliter och andra objekt i omlopp. Under senare tid har begreppet *Space Surveillance* ersatts av det bredare *Space Situational Awarness*. I konceptet SSA inbegrips då även förmågan att identifiera och beskriva objekten, samt att övervaka rymdmiljön i stort. För USA har SSA också inneburit att ”kundkretsen” för informationen har utökats från enbart den högsta nationella ledningen till att även omfatta exempelvis internationella kommersiella satellitoperatörer - såsom Rymdbolaget.

3.1.2 Europa tar vid

Detta bredare sätt att se på SSA, inkluderande exempelvis rymdväder och civila avnämare, har under senare tid också anammats i Europa. Inom ramen för att utveckla *European Space Policy* (ESP) har man redan från början betonat rymdtillämpningarnas civil-militära (*dual-use*) egenskaper, och har initierat det man kallar en *structured dialogue* för att diskutera rymd och säkerhetsrelaterade frågor i ett större europeiskt forum. I resolutionen från EU:s Ministerrådsmötet september 2008 om *Taking forward the European Space Policy* konfirmerar man vikten av säkerhetsdimensionen i rymdfrågorna, och gör *space and security* till ett prioriterat område för ESP. I resolutionen pekar man på behoven av att:

> *”[…] define the way and means to improve the coordination between civilian and defence space programmes in long-term arrangements;*
>
> *develop a capacity to meet European user needs for comprehensive situational awareness of the space environment through a coordinated activity within Europe, and possibly with other partners;”*[23]

Beslutet att starta ett förberedande arbete för att skapa en oberoende rymdlägeskapacitet i Europa togs i ESA:s Ministerråd november 2008. Det så kallade *Space Situational Awareness Preparatory Programme* (SSA-PP) utarbetades av ESA för att studera hur Europa kan få tillgång till korrekt information i tid om rymdmiljön. Efter en initial period på tre år, har man målsättningen att implementera ett operativt europeiskt SSA-system under tiden 2012 fram till 2019. ESA pekar naturligtvis på behovet att försvara infrastrukturen i rymden, men till skillnad från USA nämns också tydligt skyddet av rymdinfrastrukturen baserad på marken. Motiven för satsningen är enligt ESA den vitala betydelse rymden har för Europas ekonomiska och tekniskt/vetenskapliga utveckling, samt skyddet av medborgarnas liv och säkerhet. Behovet av oberoende SSA information beskrivs på detta sätt:

> *”[…] Europe's access to information on what is happening in space has been largely dependent on non-European sources […] data to trigger alerts on potential collisions between European satellites and debris objects have only come through the good will of other space-faring nations. Thus, Europe needs an autonomous SSA capability.”* [24]

Hittills har Europas mycket begränsade kapacitet för rymdövervakning hanterats på nationell basis och som stöd till de egna nationella försvarsstyrkorna samt i bilateralt samarbete med USA. I ett *structured dialogue* möte juni 2009 mellan olika intressenter

[23] ”*Taking forward the European Space Policy*”, 2891st COMPETITIVENESS Council meeting, Brussels, 26 September 2008. Svensk representant var Industriminister Maud Olofsson.
[24] ESA SSA-PP: ”*What is SSA?*”, 18 maj 2010, http://www.esa.int/SPECIALS/SSA/SEMYTICKP6G_0.html (Kontrollerad 101221).

och EU:s medlemsstater togs principbeslutet att den framtida europeiska SSA kapaciteten skulle baseras på ett distribuerat nätverkskoncept och bygga på redan existerande nationella anläggningar och nationell kapacitet.[25]

Från mötet med EU-ESA:s Rymdråd 2010 bekräftades att SSA ses som ett *dual-use* program genom att ligga under paragraf IV – *The Role of Space Systems for Security Policies and the Security of Space Systems*. I texten förtydligades och konkretiserades de europeiska ambitionerna för SSA ytterligare:

> *"RECOGNISES the need for a future Space Situational Awareness (SSA) capability as an activity at European level to develop and exploit existing national and European civil and military assets …"*[26]

Rymdrådsmötet inbjuder Kommissionen och EU:s Råd att ta fram organisatoriska strukturer och en datapolicy så att medlemsstaterna kan bidra med sina respektive nationella kapaciteter, och inbjuder alla europeiska "institutionella aktörer" att delta i utvecklingen:

> *"INVITES all European institutional actors to explore appropriate measures which would*
> *a. build on defined civil and military user requirements*
> *b. make use of relevant assets in accordance with applicable security requirements*
> *c. take into account the early developments from the ESA SSA preparatory programme;"*

Med andra ord så inbegriper nu den "strukturella dialogen" om rymd och säkerhet även utvecklingen av SSA, och arbetet med att forma det konkreta SSA-systemet i Europa fortsätter med oförminskad kraft. Några svenska institutionella aktörer inom såväl forskning som försvarsmaktsmyndigheterna har anammat Rymdrådsmötets inbjudan och uttryckt ett intresse till Rymdstyrelsen att delta i utvecklingsarbetet.[27]

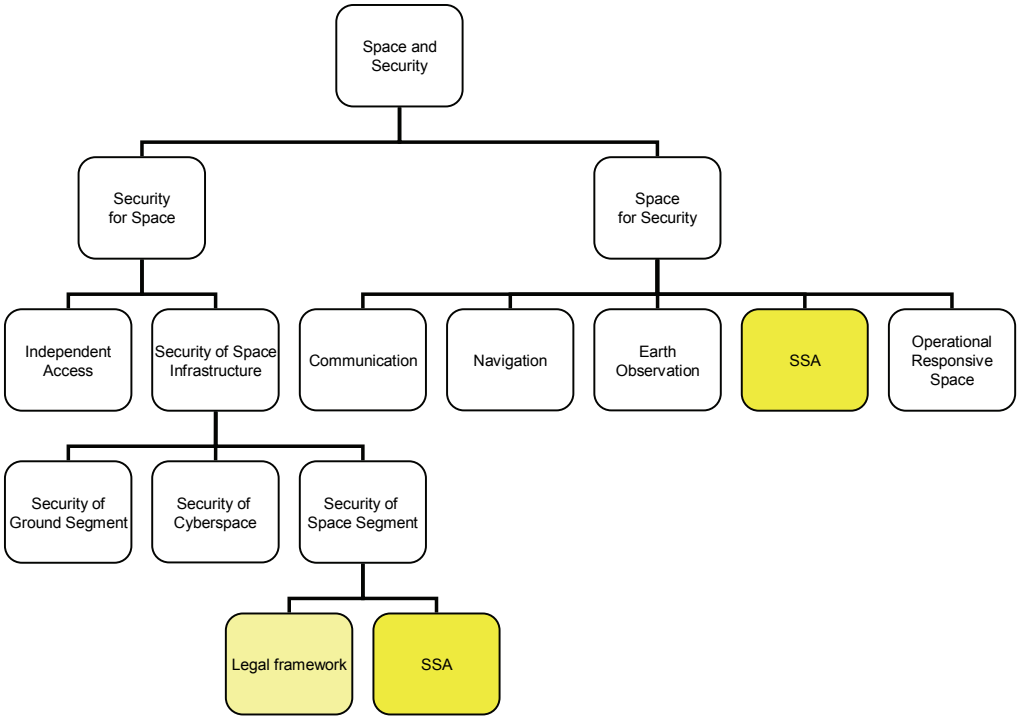
3.2 Beskrivning av SSA

3.2.1 SSA och dess sammanhang

I denna rapport har vi anammat den något bredare beskrivningen av rymdlägesbilden som EU använder, och som innebär att även icke-militära hot bevakas och att internationella organ är användare av SSA-informationen. I detta fall skulle SSA kunna beskrivas enligt nedanstående kontextuella struktur i figur 6. Notera att behovet av en aktuell SSA-information finns i båda grenarna av rymd och säkerhet ofta benämnda *Security for Space* och *Space for Security*. SSA ger oss med andra ord värdefull information både för att skydda rymdinfrastrukturer mot exempelvis rymdskrot, men också för att hitta sårbarheter och få ett informationsöverläge över en motståndares rymdförmåga. Det första användningsområdet visas nedan i den vänstra gula boxen, och det andra användningsområdet i den högra övre gula boxen. I de studier och det förberedande arbete som påbörjats i

[25] Personlig kommunikation med EU tjänsteman.
[26] 7th Space Council resolution: "*Global challenges: taking full benefit of European space systems*", Brussels, 25 november 2010.
[27] Bland annat i ett mail till Rymdstyrelsen från en av författarna 100407.

Europa hanteras SSA under *Security for Space* av ESA (civil del), medan den högra gula boxen med de första gemensamma specifikationerna ligger under EDA (militär del).



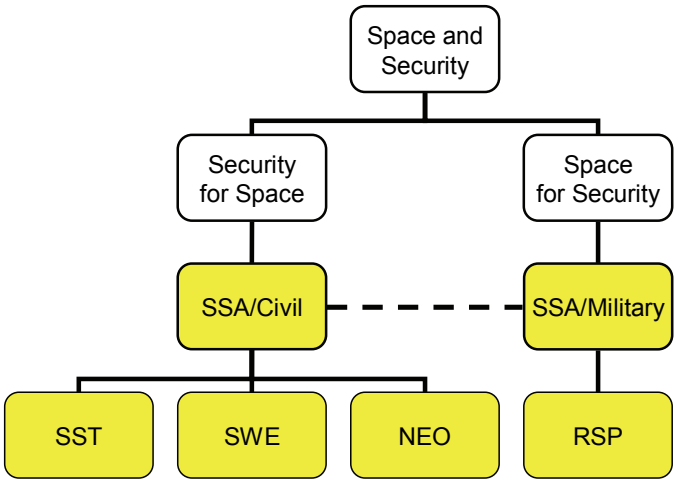
Figur 6: Rymdlägesbild eller SSA insatt i sitt kontextuella sammanhang så som det ofta beskrivs i den europeiska debatten.

3.2.2 Fyra förmågor

Det SSA som ESA ser framför sig består av tre delar och beskrivs schematiskt i figur 7 nedan. De tre delarna är *Space Surveillance and Trackning* (SST), *Space Weather* (SWE)[28] och *Near Earth Object* (NEO). Med *Space Surveillance and Trackning* avses en lägesbild för alla objekt i omloppsbanor kring jorden. Inom SST ingår upptäckt och spårning av dessa objekt, samt förvarning för kollisioner. Objekten i fråga kan vara allt från aktiva satelliter till artificiellt eller naturligt rymdskrot. Med *Space Weather* avses här framför allt de förhållanden i solvinden, magnetosfären och jonosfären som kan påverka satelliter och andra plattformar i jordens närhet och till exempel elnät på jordytan. Inom SWE avses också förmågan att förvarna operatörer med rymdverksamhet för den livshotande strålning som kan skada astronauter och satelliter. *Near Earth Object* omfattar upptäckt och spårning av kometer eller asteroider som har en sådan bana att de kan komma att passera i jordens närhet eller i värsta fall krocka.

Utöver själva bevakningen av objekten ingår i SSA även ytterligare bearbetning av data för att generera en aktuell lägesbild för den nära rymden. Lägesbilden skapar därmed ett underlag för preventiva åtgärder för att skydda hotade rymdsegment och andra mänskliga aktiviteter. Dessutom finns möjligheten med en aktuell och noggrann rymdlägesbild att, till exempel inom ramen för internationella avtal, fastställa brott mot gemensamt överenskomna regler och riktlinjer.

[28] Se även FOI rapport: Sandra Lindström, Mattias Waldenvik. ”*Rymdväder – effekter på militära och civila system*”, Stockholm, FOI, december 2004, FOI-R--1464--SE.



Figur 7: Schematisk struktur på de fyra förmågor som ingår i SSA. För enkelhetens skull har vissa nivåer på den civila sidan komprimerats. Fokus i denna rapport ligger på SST och RSP.

Inom ramen för den specifikt militära delen av SSA och förtydligat i en *Common Staff Target* (CST)[29] har EDA fastslagit att ett europeiskt SSA också borde etablera en militärt specificerad rymdlägesbild - en så kallad *Recognised Space Picture* (RSP). RSP-funktionen ska leverera information om rymdobjekt ungefär som för den civila delen, och därtill även ha en förmåga som benämns *Imaging*. Denna del fokuserar framför allt på karakterisering och identifiering av rymdobjekten, och avses ligga helt innanför en militär del av ett europeiskt SSA på grund av sekretesskäl. Fastän SSA kontextuellt sett är separerad i en civil respektive en militär del, enligt figur 7 ovan, kommer sannolikt inmätningar och väsentliga delar av bearbetning och analys trots detta att utföras av samma sensorer och samma serviceanläggningar. Därav den streckade linjen i figur 7. I detta sammanhang bör det noteras att även i USA är sensornätverket för SSA sammanställt av en kombination av olika militära och civila sensorer.

I de tillämpningsfall som är beskrivna i slutet av denna rapport fokuserar två fall på militära scenarier (ubåtsjakt, underrättelseinhämtning) med inriktning mot hur en svensk RSP skulle kunna användas. Det civila tillämpningsfallet inriktas mot användningen av ett SST (svensk satellitkollision).

3.2.3 Sensorer och bearbetning

Samtliga fyra förmågor hos SSA hämtar sina data från sensorer av olika slag. Några sensorer är markbaserade optiska teleskop, andra är radaranläggningar för inmätning av banparametrar, och några är satelliter eller rymdfarkoster för övervakning av solen och solvinden. Det är de tillgängliga sensorerna som i slutändan sätter gränsen för kapaciteten och förmågan hos ett SSA-systemet. För ett framtida europeiskt SSA skulle befintliga nationella sensorer kunna integreras, se figur 8 nedan, men nya sensorer kan troligen också komma att behöva tillföras. Att komplettera egeninhämtade data med information från andra nationers sensorer är också ett sannolikt scenario. En fördel med att dela data med andra aktörer, utan att för den skull försätta sig i en beroendeställning, är att fler sensorer ger ökad kvalitet och snabbare uppdateringar av banparametrarna. En naturlig partner är i detta sammanhang *United States Strategic Command* (U.S. STRATCOM) som är ansvarig för USA:s sensorer i dess rymdövervakningsnät *Space Surveillance Network* (SSN). USA är dessutom idag den enda nation som har en operativ och satellitbaserad kapacitet för

[29] ”*CST Space Situational Awareness – SSA*” godkändes av EDA:s Styrelse den 25 mars 2010.

rymdövervakning, i och med att den första satelliten i serien *Space-Based Surveillance System* (SBSS) är uppskjuten.

Figur 8: Två exempel på nationella radarsensorer som är föreslagna att ingå i det europeiska nätverket av SSA-anläggningar. De två vänstra delbilderna visar den franska bi-statiska övervakningsradarn GRAVES. Den högra delbilden visar den tyska spårningsradarn Tira (bilden är manipulerad). Källa: ESA.

Förutom avancerade sensorer kommer ett europeiskt SSA också att kräva uppbyggnaden av en omfattande datahantering där en databas/katalog med rymdobjekt är kärnan och slutresultatet i arbetet. Ett mycket stort antal objekt och händelser kommer att registreras av sensorerna, och därefter kommer dessa mätningar att kontrolleras, jämföras, och analyseras för att förutsäga eventuella kollisioner med aktiva satelliter. Denna information ska därefter delges relevanta satellitoperatörer. På samma sätt kommer prognoser om förändringar i rymdväder att snabbt behöva spridas till ett antal intressenter såsom satellit- och energinätsoperatörer, men också till berörda myndigheter (såsom MSB). Omfattningen av denna datahantering kan kanske förstås om man beaktar att det lär finnas mer än 600 000 objekt i omloppsbana runt jorden som är större än 1 cm. Därför ingår det i planerna för ESA:s SSA-projekt att också studera hur ett antal datacenter, management center, och servicecenter ska utformas, och inte minst var de ska placeras.

3.2.4 Användare och användning

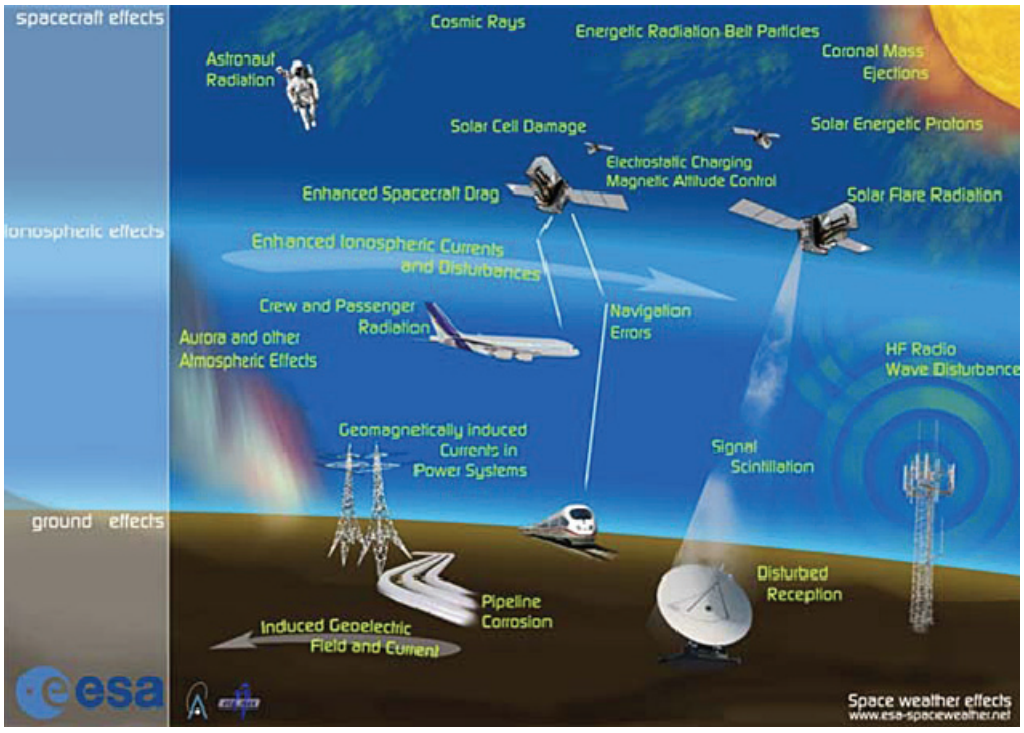
Generellt sett är både behoven och ambitionerna höga vad gäller delgivningen av SSA-informationen. Enligt ESA[30] kommer de servicecenter som byggs upp att leverera SSA-informationen till en rad olika användare, intressenter eller kunder:

- europeiska regeringsorgan
- europeiska rymdstyrelser
- satellitoperatörer
- forskningsinstitut
- rymdindustri
- försäkringsbolag
- kraftindustrin
- operatörer av energi- och telekomnät
- luftfartsmyndigheter

[30] ESA SSA FAQ: ” *FAQ - Frequently asked questions*”, 14 maj 2010, http://www.esa.int/SPECIALS/SSA/SEM4ILRJR4G_0.html#q14 (Kontrollerad 101120).

- operatörer av positioneringsnät
- räddningsverk
- försvars- och säkerhetsmyndigheter
- FN och andra internationella organ.

Figur 9 nedan ger en liten uppfattning av hur omfattande det potentiella nätverket av användare är enbart för rymdvädertjänsten (SWE).



Figur 9: Exempel på olika störningsfenomen och användare av SSA-information från Space Weather tjänster (SWE). Källa: ESA.

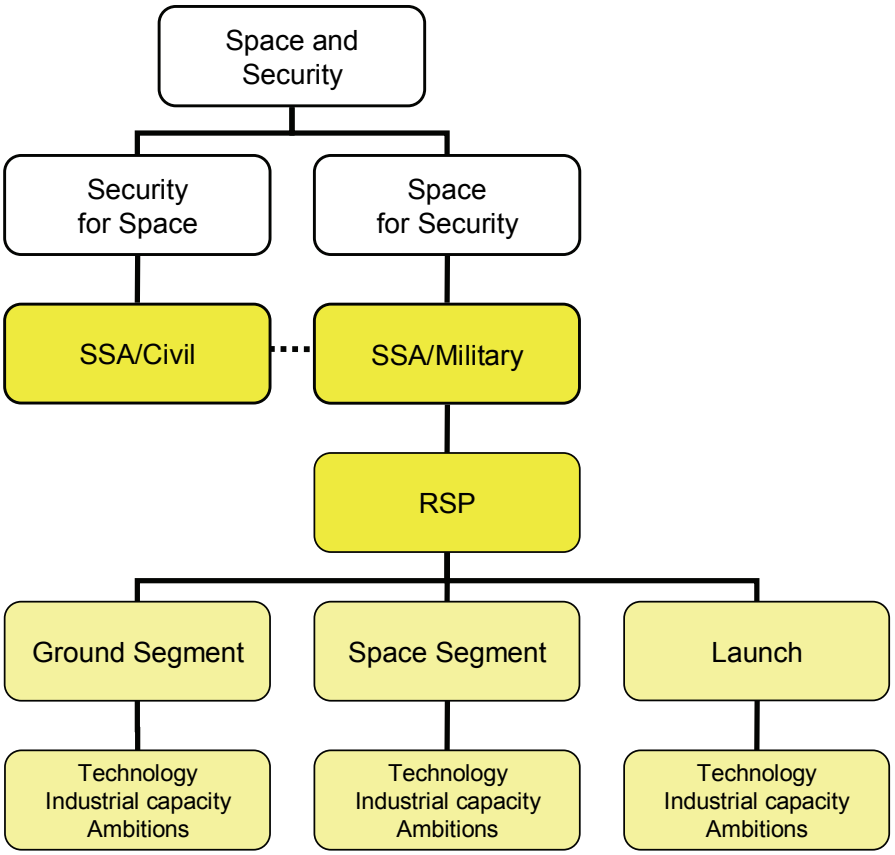
Försvarsmyndigheter och satellitoperatörer

Som vi sett ovan kan SSA tjäna flera syften, beroende på perspektiv och vem som är mottagare av den sammanställda informationen. I figur 10 nedan är SSA och *Recognised Space Picture* (RSP) utbyggt och en del av en större omvärldsanalys. Omvärldsanalysen omfattar i detta fall fler egenskaper än satellit- och banparametrar för analysen av verksamheter i rymden. Här har den fjärde förmågan i SSA, RSP eller karakteriseringen av satelliter, utökats med ett bredare säkerhets- och underrättelseperspektiv. Omvärldsanalysen kan i detta fall spänna över ett flertal områden så som det visas i bilden. Med industriell kapacitet och ambition avses här den tekniskt/organisatoriska förmågan och den politiska viljan att tillverka, eller skjuta upp, en satellit exempelvis i syfte att skapa en spaningsförmåga.

Denna del av SSA kommer troligen att bli strikt nationell och även ligga utanför EDA:s del i projektet. På samma sätt kan modeller för banomlopp och beräkningar för predikteringar också tänkas ligga under nationell kontroll för att åstadkomma en oberoende analysförmåga. I detta fall skulle det nationella RSP:et ta emot obearbetade data från ett internationellt SSA.

Ur ett militärt sammanhang kan en aktörs förmåga att exempelvis tillverka optiska spaningssatelliter med hög upplösning vara en relevant uppgift. Men för att den framtagna

plattformen skall vara ett rymdobjekt, och utgöra en hotbild, behöver den skjutas upp i en för syftet lämplig omloppsbana. Kapacitet, förmåga och förutsättningar för uppskjutning avser inte bara förmågan att tillverka och hantera raketer med adekvat kapacitet, utan även de geografiska förutsättningarna för att skjuta upp plattformen i en relevant bana. För uppskjutning i en geostationär bana är det till exempel mer gynnsamt att göra det i östlig riktning från ett område nära ekvatorn. Geografiska förutsättningar påverkar även marksegmentet och därmed förutsättningarna för den datamängd som kan hanteras, och i vilken utsträckning justeringar eller andra instruktioner kan länkas upp till rymdsegmentet. Härvidlag är till exempel höga latituder att föredra för en markstation som tjänar plattformar i polära banor, som är fallet för exempelvis Esrange i Kiruna.



Figur 10: Schematiskt kontextuell bild av kopplingen mellan SSA och *Recognised Space Picture* (RSP) inklusive en bredare omvärldsanalys. De ljusare gula nedre boxarna som beskriver olika omvärldsområden av intresse kommer troligen att vara en nationell analys- och underrättelsefunktion och ligga utanför EDA:s specificerade del i SSA.

I figur 10 sammanstrålar SSA med en bred omvärldsanalys till en militärt relevant lägesbild (RSP) för en konsument hos någon försvarsmaktsmyndighet. För en civil operatör av satellitsystem kan dock exakt samma SSA-sensorer lika gärna bistå personalen för att ge en tidig förvarning om förhållanden som på något vis kan hota rymdsegmentet. En sådan varning kan leda till att aktiva åtgärder i form av banjusteringar för att undvika en kollision med rymdskrot (SST), eller för att stänga av kritiska system inför ett befarat utbrott på solen med högenergetiska protoner (SWE). Det är denna egenskap hos informationen från SSA som gör systemet till ett i grunden integrerat civil-militärt-system.

Helt utanför figur 10, och troligen också utanför ramen för diskussionen om ett europeiskt SSA i EDA, finns andra former av aktiva och antagonistiska hot mot rymdsegmenten.[31] Det kan röra sig om markrobotar med förmågan att förstöra plattformar i omloppsbana, förmågor som både USA och Kina demonstrerat. Andra exempel är störsignaler för transpondrar och sensorer samt parasitiskt utnyttjande av bandbredd i transpondrar. Antagonistiska hot är trots allt inte bara en fråga för den militära konsumenten av SSA, något som kan illustreras av den stora mängd rymdskrot som blev resultatet när Kina demonstrerade sin förmåga att förstöra satelliter, utan något som i allra högsta grad påverkar även civil rymdverksamhet.

Så vitt författarna förstår har svenska försvarsmyndigheter inte utvecklat en egen oberoende nationell RSP-förmåga. Författarna har heller inte uppfattat några indikationer på att dessa myndigheter avser att delta i det framtida utvecklingsarbete för ett SSA-system som nu utreds i Europa. En egen oberoende nationell RSP-förmåga skulle framförallt bidra till att öka vår kunskap om vilka rymdsystem, och därmed vilka aktörer, som har möjlighet att övervaka svensk trupp i exempelvis utlandsmissioner och vid utprovningen av ny materiel i fält.

[31] I EDA:s CST dokument har man inte behandlat hot från missilattacker, cyberattacker mot markanläggningar, samt effekter av kärnexplosioner i rymden.

4 Säkerhetspolitisk spelplan

4.1 SSA ett gemensamt ansvar

Det är framför allt två samverkande faktorer som har gjort att behovet av en gemensam och aktuell rymdlägesbild har kommit att bli en politiskt angelägen fråga internationellt. För det första har antalet satelliter och mängden rymdskrot i omlopp ökat på ett dramatiskt sätt det senaste årtiondet. Ökningen beror på att allt fler aktörer nyttjar rymden för allt fler tillämpningar, och tyvärr ibland på ett icke-hållbart sätt. För det andra har i synnerhet USA, men även andra utvecklade länder, blivit allt mer beroende av att rymdinfrastrukturen fungerar och är säker. USA:s och Europas militära och civila myndigheter såväl som dess kommersiella rymdindustri förlitar sig på en operativ användning dygnet runt av systemen. Med andra ord en ekvation med två variabler som i sin förlängning inte är helt enkel att lösa.

Dessutom är rymdfrågorna av naturen en gränsöverskridande angelägenhet. Nationella lagar och regler gäller inte i rymden, samtidigt som det internationella regelverket är ofullkomligt och respekteras inte alltid. Rymden är en gemensam tillgång som alltmer börjar betraktas som en ändlig naturresurs. Varken USA eller något annat land kan ensam lösa dessa frågor. USA har därför insett att man måste ta ansvaret för hur denna resurs ska skyddas. Och ett sätt att utveckla skyddet är att skapa en gemensam och aktuell rymdlägesbild. Det är således förmågan hos SSA kallad *Space Surveillance and Trackning* (SST) som framför allt är pådrivande på den säkerhetspolitiska agendan idag. En viktig del i detta arbete kommer att utgöras av att skapa konsensus, förtroendeskapande åtgärder och transparens – och där bidrar en aktuell och tillförlitlig rymdlägesbild med den hårda kärnan av fakta i detta arbete.

4.2 SSA hanterar ett miljöproblem

4.2.1 En hållbar rymdmiljö

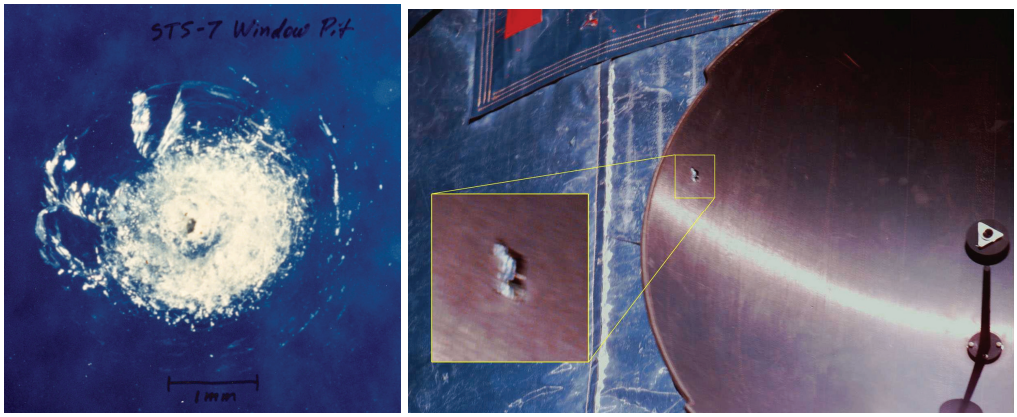
Tankarna bakom vad som kommit att kallas en *hållbar rymdmiljö*[32] bygger på insikten att vissa satellitbanor runt jorden nu börjar bli belamrade med så mycket rymdskrot att säkerheten för de aktiva satelliterna ej kan garanteras. Frågan för satellitoperatörer är idag inte längre *om* satelliterna kommer att krocka utan *när*. Franska rymdstyrelsen CNES har i en EDA-studie räknat ut att risken för att en Iridiumsatellit (telekom) ska slås ut av en kollision under dess livstid är så hög som 1,5 % (1/67). Möjligheterna för jordens länder att utnyttja de värdefulla fördelarna med rymden börjar alltså hotas av det ökande antalet rymdskrotpartiklar. Och tyvärr är problemet av den art att om inte rymdskrotet åtgärdas kommer det enbart att öka i omfattning.

Vissa delar av rymdskrotet härrör från bitar som lösgjorts vid uppskjutningarna av satelliter, andra delar från satelliter när de bryts sönder av olika anledningar (metallbitar, folier, plastdelar, vätskor, etc.). Icke fungerande satelliter, förbrukade raketdelar och andra fragment från aktiv rymdverksamhet (bultar, tappade verktyg, etc.) skräpar också ned rymden nära jorden och utgör en risk för såväl astronauter som infrastruktur. De två största bidragen till nedskräpningen utgörs av oförutsedda explosioner samt medveten förstörelse med hjälp av anti-satellitvapen. Det spekuleras till och med om att ökningen av mängden rymdskrot i värsta fall skulle kunna nå en nivå då det genererar sig själv.[33] Det vill säga

[32] Ett begrepp myntat av *Secure Word Foundation* (SWF) som är en privat oberoende i huvudsak amerikansk organisation som arbetar för säkerhetsfrågor i rymden. SWF har bl.a. observationsstatus i FN:s COPUOS, http://www.swfound.org (Kontrollerad 101221).

[33] Donald J. Kessler. "*The Kessler Syndrome*", March 8, 2009, http://webpages.charter.net/dkessler/files/KesSym.html (Kontrollerad 101204).

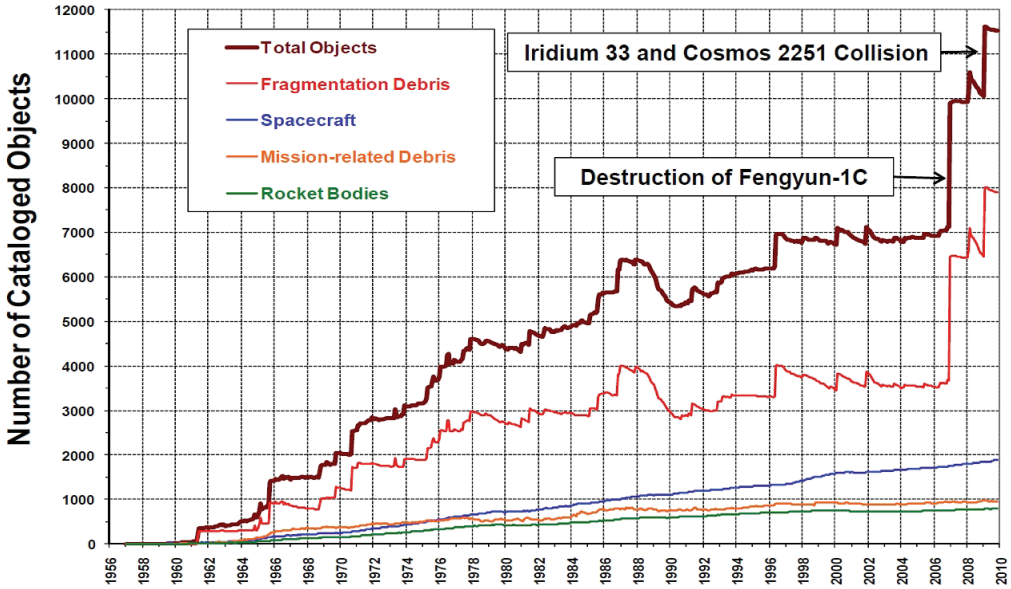
den nivån då det finns så mycket skräp att krockar mellan skräpbitar blir så frekvent att det ständigt bildas mer skräp från kollisioner än vad som faller tillbaks i återinträde till jorden. Likheten med hur den kritiska massan i ett kärnvapen uppträder är inte helt irrelevant.



Figur 11: Även mindre bitar av rymdskrot kan förstöra en satellit på grund av dess höga kinetiska energi. Vänstra delbilden visar ett ”stenskott” i en ruta på Rymdskytteln (ca 4 mm i diameter), den högra ett hål i en antenn på Hubble teleskopet. Båda skadorna är resultatet av kollisioner med mycket små bitar rymdskrot. Källa: NASA.

Speciellt oroande är ökningen av det antal rester i omlopp som är så små, se figur 11, att de är svåra att spåra från marken, samt att antalet små svårupptäckta micro- och nano-satelliter nu ökar starkt i antal. Den amerikanska objektkatalogen innehåller idag i princip objekt enbart större än 1 dm i låg bana (LEO), och större än cirka 1 m i geostationär bana (GEO). En annan oroande aspekt är att de nya rymdnationer som nu träder fram ibland saknar mycket av det informella *best practices* uppträdandet i rymden som de mer utvecklade länderna lärt sig under hand. Exempel på ”väluppfostrat” uppförande kan vara att i god tid annonsera omvärlden om uppskjutningar, informera om satelliters banparametrar, satellitmanövrer och förändringar i banan som ger nära förbipassager. Naturligtvis ingår det också att på bästa möjliga sätt minimera uppkomsten av nytt rymdskrot under rymdaktiviteterna.

Det är framför allt i två omloppsbanor som risken för kollisioner är hög; den geostationära banan (GEO), samt i solsynkrona banor (SSO) på låg höjd (LEO). Båda dessa banor är viktiga kommersiellt och säkerhetsmässigt. Ett stort antal satelliter samsas därför i dessa banor om ett begränsat utrymme, och även små misstag från satellitoperatörernas sida kan få katastrofala följder. I figur 12 nedan åskådliggörs två händelser som demonstrerar hur sårbar LEO-banan är. Diagrammet visar att enbart Kinas anti-satellittest och kollisionen mellan Iridium och COSMOS har bidragit med cirka 50 % av de nära 8000 registrerade fragmenten av rymdskräp i LEO. Fram till idag har konkurrensen om de ekonomiskt viktiga positionerna i GEO-banan hanterats på ett pragmatiskt sätt inom ramen för förhandlingar i den Internationella teleunionen (ITU) med PTS som svensk deltagande myndighet.



Figur 12: Tillväxten av katalogiserade rymdobjekt i LEO. Två händelser har på ett dramatiskt sätt förvärrat situationen: dels Kinas anti-satellit prov, dels kollisionen mellan Iridium 33 och Cosmos 2251. Källa: NASA.[34]

4.2.2 En säker rymdmiljö

Förenklat sett kan det beskrivas som att det idag finns två[35] parallella – och lika viktiga – metoder att förbättra säkerheten i rymden. Den ena metoden är att åstadkomma en komplett rymdlägesbild och prediktera eventuella kollisioner och därefter göra erforderliga undanmanövrer med satelliten för att förhindra en kollision. Den andra metoden är ett långsiktigt internationellt arbete för att under konsensus ta fram regler och rutiner för hur rymdverksamhet ska bedrivas, allt för att minimera uppkomsten av nytt rymdskrot. Ett exempel på detta är att skapa rutiner för att de mindre kortlivade satelliterna efter sin livslängd tas ur sin omloppsbana. Se även de två boxarna längst ned på figur 6 i kapitel 3. Den ena metoden utesluter inte den andra, utan de är snarare beroende av varandra. En rymdlägesbild redovisar tydligt problemet och hur det förvärras, exempelvis vid ett icke-hållbart agerande, och kan på så sätt ge underlag till det internationella arbetet. Vice versa kan det internationella arbetet förhoppningsvis underlätta framväxten av en global samverkan runt en rymdlägesbild för att få till stånd en mer komplett och noggrann objektkatalog.

Nedan redovisas tre exempel på redan existerande säkerhetsarbeten för rymden där man kombinerat de två metoderna på lite olika sätt:

FN:s exempel

Ett exempel med fokus på den internationella långsiktiga metoden är arbetet för att ta fram de frivilliga rekommendationer som finns i de så kallade *Space Debris Mitigation Guidelines* (SDMG). Riktlinjerna beslutades i en resolution från FN organet COPUOS år 2007. Här fastslås exempelvis i artikel 6 att:

[34] NASA:s Orbital Debris Quartely News, April 2010, http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/newsletter.html (Kontrollerad 101124).

[35] En tredje framtida möjlig lösning är att aktivt med hjälp av satellitbaserade system rensa omloppsbanorna från rymdskrot.

> *”Spacecraft and launch vehicle that have terminated their operational phases in orbits that pass through the LEO region should be removed from orbit in a controlled fashion.”*[36]

En rekommendation som till synes kan förefalla rimlig, men som de facto ibland innebär kostnadsökningar och att en mer komplicerad satellit måste byggas. Detta eftersom en sista slutmanöver behöver göras för att föra ned satelliten i låg omloppsbana där den förstörs vid återträdet. För små enkla satelliter utan manöverkapacitet (t.ex. TubSat) innebär riktlinjerna i realiteten att endast en låg bana kan användas, som automatiskt med atmosfärsmotståndet ger ett återinträde efter en kortare tid. Med andra ord är artikel 6 i SDMG en rekommendation som inte alltid respekteras. FN:s arbete med rymdfrågorna är mer i detalj beskrivet i kapitel 5 *Internationella fora* nedan.

Industriellt exempel

Ett annat exempel på en kombination av internationellt samarbete och förbättring av objektkatalogen är det industriledda samarbetet inom ramen för *Space Data Association* (SDA)[37]. SDA är ett samarbete mellan framför allt satellitoperatörer (bl.a. Inmarsat, Intelsat, SES) som frivilligt i förväg och regelbundet byter information avseende sina egna satelliter när bankorrigeringar eller andra förändringar inträder. Samarbetet består framför allt av telekomägare med satelliter i geostationär bana (GEO). Misstänksamheten inom industrin mot en trög FN-byråkrati, samt i och med att behovet av korrekt SSA-information blev allt mer akut gjorde att man ”tog saken i egna händer” och skapade rutiner för informationsutbytet. Dessa rutiner förs nu fram som något som nationalstaterna skulle kunna ta över och föra vidare. Ett statligt övertagande av SDA skulle till exempel kunna öka antalet objekt i katalogen, och förbättra noggrannheten i bandata, samt naturligtvis även avlasta industrin finansiellt.

Militärt exempel

Som beskrivits tidigare i kapitel 1 har USA åtagit sig att med hjälp av sin existerande SSA-förmåga förvarna även icke-amerikanska och civila satellitoperatörer om nära förestående kollisioner. Ansvariga för att genomföra detta är *Joint Space Operations Center* (JSpOC) under U.S. STRATCOM. Proceduren innebär att JSpOC använder informationen från det amerikanska sensornätet *Space Surveillance Network* (SSN) och levererar ett e-mail till satellitoperatören[38] som kort beskriver den beräknade händelsen cirka 48 timmar före den befarade kollisionen.[39] En detaljerad beskrivning av hur U.S. STRATCOM är organiserat och bedriver sitt SSA-arbetet finns i kapitel 6 *Aktörer*.

4.3 Universell lösning

De ovan beskrivna exemplen på hur dagens internationella säkerhetsarbete i rymden hanteras visar att det finns en uppenbar oro globalt för utvecklingen av rymdskrot, och att man redan idag försöker avhjälpa problemet med olika internationella och gemensamma metoder – om än ad hoc.

Samtliga tre exempel har tyvärr klara nackdelar, och dessutom utgör de inga universella lösningar utan kan snarare ses som ett lapptäcke som tar hand om olika delar av problemet.

---

[36] ”*Space Debris Mitigation Guidelines*”, COPUOS, UNGA Resolution 62/217.
[37] Presentation av SDA: http://www.space-data.org/sda/ (Kontrollerad 101128).
[38] I Prismas fall förmedlades rätt kontaktadress till Rymdbolaget av huvudförfattaren till rapporten efter ett möte med personal från STRATCOM på konferensen ”*Space Situational Awareness Work Shop*” i London månaden före Prismahändelsen. Detta illustrerar väl det okoordinerade svenska säkerhetsarbetet i rymden.
[39] För Prisma är samverkan med JSpOC beskriven på Rymdbolagets Prisma-logg: http://www.prismasatellites.se/combine-initial-operations.aspx (Kontrollerad 101125).

FN:s riktlinjer är långt ifrån ett operativt system utan ger enbart generella direktiv även om de är internationellt väl förankrade. Det industriledda samarbetet har av naturliga skäl fokus på kommersiella satelliter, och är ofinansierat för att få vidare global spridning. Slutligen är JSpOC första prioritet naturligtvis alltid skyddet av den amerikanska infrastrukturen, och informationsspridningen kan i lägen av kris misstänkas bli selektiv.

Det som krävs för att få ett globalt heltäckande och effektivt SSA är en kombination av samtliga tre varianterna inklusive fler och globalt jämnt fördelade resurser - till exempel avseende sensorerna. För att detta ska ske krävs att framför allt USA och Europa samarbetar i frågan, samt att alla rymdnationer accepterar de nya gemensamma spelreglerna.

4.3.1 Säkerhetspolitiska aspekter

Det finns klara politiska paralleller mellan problemet med rymdskrot och de internationella svårigheterna att åstadkomma konsensus och resultat i frågan om den globala klimatförändringen. Båda frågorna består av ett globalt problem som berör alla nationer, och som dessutom växer i omfattning om ingen agerar. Båda frågorna innebär att gemensamma riktlinjer och regler måste tas fram och slutligen verifieras, samt att detta innebär kostnader som ska fördelas. Båda frågorna berör i grunden aspekter om jordens miljö och att våra gemensamma men ändliga resurser måste skyddas. Båda frågorna kan i värsta fall, och i sin förlängning, utvecklas till att bli allvarliga säkerhetspolitiska konflikter. Det som skiljer ut SSA från klimatfrågan är att det i första hand blir de utvecklade länderna som drabbas av ett internationellt misslyckande och att USA är drivande i frågan.

Några av de utmaningar som absolut inte ska underskattas, och som man kan se framför sig i det kommande arbetet mot ett gemensamt SSA är följande:

- De markbundna sensorerna som idag ingår i någon form av SSA (USA:s och Europas) är ojämnt distribuerade över globen, och behöver utökas på den södra hemisfären och i Asien. Det vill säga en utplacering behöver göras i utvecklingsländer, samtidigt som systemen i Ryssland och Kina behöver integreras.
- För att SSA ska kunna utgöra en relevant hjälp vid undanmanövrer och förhindra kollisioner måste informationen levereras i nära realtid till satellitoperatörerna. Vilket i sin tur innebär att militära system som också hanterar förvarningen inför kärnvapenattacker på något sätt ska ”kopplas ihop” med andra nationers militära, civila och kommersiella system.
- Objektkatalogen måste innehålla fullständig information om rymdskräp, men också om nationella underrättelsesatelliter, vilket betyder att någon form av sekretesshantering i flera nivåer måste byggas in i SSA-systemet för att kunna handha denna känsliga information.
- Kärnan i ett gemensamt SSA är att dela väsentlig och relevant information för ”allas bästa”. Detta är något som i grunden strider mot den kultur av sekretess och icke-transparens som finns i vissa länder (Ryssland, Kina) och som generellt även finns inom den militära underrättelsesektorn.

4.3.2 Internationellt arbete

Redan idag sker ett intensivt arbete med dessa utmaningar och initiativ tas på en rad olika nivåer i flera internationella fora. Arbetet sker både i offentliga sammanhang, och i mer inofficiella fora. EU konferensen *Space and Security* i Madrid, mars 2010, är ett exempel

på ett mer officiellt sammanhang.[40] Under detta möte gick EU Kommissionen ut mycket hårt för att presentera SSA som nästa stora europeiska satsning på rymdområdet. Man poängterade speciellt systemets karaktär av *dual-use*. Spanien passade samtidigt på att lansera *European Union Satellite Centre* (EUSC)[41] och *European Space Astronomy Centre* (ESAC)[42] i Madrid som lämpliga platser att förlägga anläggningar för SSA. Som exempel på det internationella lobbyarbetet kan konferensen *Space Situational Awareness Work Shop* i London i juni 2010 nämnas. Konferensens deltagare kom från både Europa och USA, och från internationella organ, myndigheter, akademi och industri. Syftet hos flera av deltagarna var uppenbarligen att driva SSA-frågan framåt och öka samarbetet över Atlanten. På konferensen deltog exempelvis U.S. STRATCOM, EU Kommissionen, ESA, EDA och amerikanska ambassaden. *Union of Concerned Scientists* (UCS) är ett exempel på en NGO-organisation aktiv på området. I en av deras rapporter beskrivs SSA-problematiken och utgående från Obama-administrationens nya rymdstrategi pekar man på hur framförallt USA bör gå vidare.[43] Kapitel 5 och 6 ger en mer detaljerad beskrivning av några av dessa spelare och deras aktiviteter på SSA-området.

Som nämnts tidigare har Rymdstyrelsen och PTS vissa internationella kontakter i specifika frågor rörande SSA, och naturligtvis har UD en stor roll framför allt i det övergripande arbetet som berör rymd och säkerhet inom ramen för FN och EU. I och med detta FoT-uppdrag har också FOI till del ökat den svenska närvaron i olika internationella fora som berör SSA. Det finns dock idag inte en sammanhållen svensk strategi som bevakar och samordnar alla svenska intressen, exempelvis i de båda grenarna av rymd och säkerhet kallat *Security for Space* och *Space for Security*.

Inom ramen för FoT-uppdraget och via expertstödet till UD har FOI deltagit i följande möten och konferenser med beröring till SSA under år 2010:

- *Conference on Space and Security*, EU-konferens, Madrid, 10-11 mars 2010,
- *Near Space Security,* Aerospace & Defense-konferens, Amsterdam, 24-25 mars 2010,
- *Space Security*, UNIDIR-konferens, Genève, 29-30 mars 2010,
- *CODUN Space*, EU arbetsgruppsmöten för CoC, Bryssel, 4, 17 maj, 10 juni 2010,
- *Space Situational Awareness Work Shop*, Eisenhower Centre, London, 21-22 juni 2010,
- *Military Satellite*, London, 12-13 juli 2010,
- *The continuing story on Europe and Space Security*, SWF/Ifri, Bryssel, 4-5 oktober 2010,
- *A new space policy for Europe*, EU-konferens, Bryssel, 26-27 oktober 2010,
- *U.S. Strategic Command Space Symposium*, Omaha, 3 november 2010.

[40] Se FOI:s reserapport från mötet som skickades som e-post: Christer Andersson. MoM ”*Conference on Space and Security*” Madrid 10-11 mars 2010, Delgiven Fö, UD, HKV och Rymdstyrelsen 100329.
[41] Presentation av EUSC: http://www.eusc.org/ (Kontrollerad 101204).
[42] Presentation av ESAC: http://www.esa.int/esaMI/ESAC/index.html (Kontrollerad 101204).
[43] ”*Securing the Skies*” Union of Concerned Scientist, november 2010, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/space_weapons/policy_issues/securing-the-skies.html (Kontrollerad 101221).

5 Internationella fora

5.1 Rymdfrågorna i FN-organisationen

Rymdfrågor har sedan 50-talet diskuterats i FN, och har där behandlas på ett flertal nivåer inom organisationen. Under senare tid, i och med den nya amerikanska inriktningen på rymdområdet, har betydelsen av FN-organen ökat och vi kan sannolikt förvänta oss flera SSA-liknande utspel på denna arena. Följande beskrivning ger en överblick av de viktigaste organen, och de sammanhang där SSA diskuteras.

FN:s generalförsamling *United Nations General Assembly (UNGA*) etablerades 1945 och är det centrala huvudorganet inom FN med alla medlemsländer representerade. Bland de sex utskott som stödjer generalförsamlingens arbete i globala frågor är det särskilt två som behandlar rymdfrågor - det första utskottet för nedrustningsfrågor och det fjärde utskottet för politiska frågor. Generalförsamlingen har antagit resolutioner om rymden sedan 1958, inklusive de fem rymdkonventionerna, och återkommer årligen med följande teman; internationellt samarbete i rymden, förhindrandet av en kapprustning i rymden och förtroendeskapande åtgärder i rymden.

5.1.1 Kommittéer och institut

Förenta Nationernas nedrustningskonferens i Genève, *Conference of Disarmament* (förkortat CD), bildades 1979 som ett multilateralt forum i vilket frågor rörande nedrustning och rustningskontroll behandlas.[44] CD är därför det organ som ansvarar för frågor gällande vapen i rymden. Rustningskontroll i rymden eller *Prevention of an Arms Race in Outer Space* (PAROS) är en stående punkt på agendan i CD. Agendan diskuteras årligen i samband med de tre sessionerna i vilka CD-medlemmarna möts. Resultaten och slutsatserna av årets möten rapporteras via det första utskottet till generalförsamlingen.

UN Institute for DIsarmament Research (UNIDIR)[45] är ett fristående institut i Genève vilket bedriver forskning inom nedrustning och säkerhet i syfte att bidra med underlag till förhandlingar och beslutsfattande inom området. Som en del av ansträngningarna i CD gällande PAROS har UNIDIR hållit årliga konferenser inom ämnet rymdsäkerhet sedan 2002.

Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) etablerades 1959 av generalförsamlingen med ansvaret för att bereda rymdfrågor och ta fram rymdpolicys för FNs räkning. COPUOS tjänar som ett internationellt forum för behandling av frågor om reglering av fredligt nyttjande av rymden. Efter överläggningar i kommittén om specifika frågor, överlämnas årligen en rapport, och eventuellt en resolution, via det fjärde utskottet till generalförsamlingen för godkännande. *United Nations Office of Outer Space Affairs* (UNOOSA) [46] är en del av FN-sekretariatet, det huvudorgan som assisterar de övriga beslutande organen inom FN. UNOOSA agerar som sekretariatet för COPOUS och verkställer dess policys och de resolutioner som antas av generalförsamlingen. Det är i kommittén för fredligt nyttjande av rymden som de fem stora rymdkonventionerna har tagits fram. Se figur 13 nedan för en schematisk bild över dessa organ.

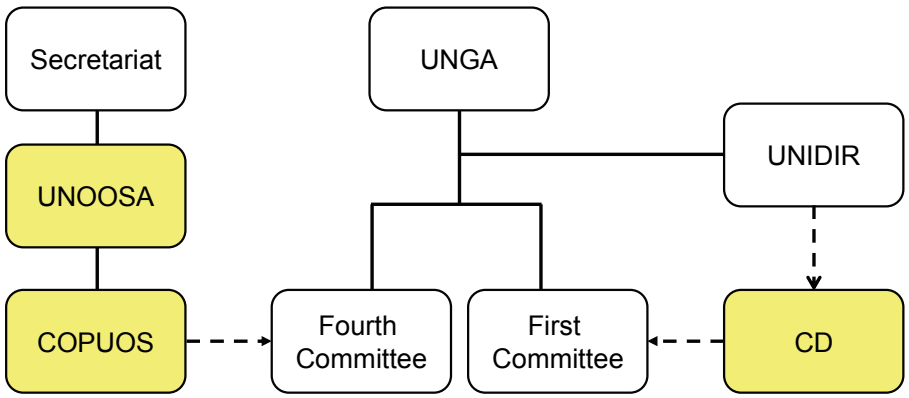
5.1.2 Konventioner och resolutioner

Till skillnad från resolutioner antagna i generalförsamlingen, vilka inte är bindande för medlemsstaterna, är de konventioner som antas i generalförsamlingen bindande för de stater som undertecknat och ratificerat dem. Följande lista beskriver kort FN:s regelverk

[44] Presentation av UNOG: www.unog.ch (Kontrollerad 110124).
[45] Presentation av UNIDIR: www.unidir.org (Kontrollerad 110124).
[46] Presentation av UNOOSA: www.unoosa.org (Kontrollerad 110124).

som har en direkt koppling till ett operativt SSA. Exempelvis skulle ett försäkringsbolag kanske kunna begära ersättningskrav från de skador som en oaktsam satellitoperatör bifogat en annan satellit med hjälp av information från händelsen av ett SSA och med *Liability Convention* som juridiskt stöd.

- **Outer Space Treaty;** Denna konvention, förkortad OST, från 1967 utgör grunden för det legala ramverket för gällande internationell rymdlag på vilka de fyra övriga konventionerna vilar. Huvudprincipen är att yttre rymden, inklusive månen och andra himlakroppar, fritt skall få nyttjas och utforskas av alla stater och att rymden inte får vara föremål för tillskansning i någon form. Vidare förbinder sig fördragsslutande parter att inte placera massförstörelsevapen i rymden och att visa ansvarstagande vid utförandet av rymdaktiviteter.
- **Rescue Agreement;** Avtalet från 1968 är en utveckling av artiklarna 5 och 8 i OST och reglerar förfarandet när man bistår rymdfarare i nöd samt hanteringen av rymdföremål från andra nationer.
- **Liability Convention;** Denna konvention från 1972 reglerar ersättningsskyldighet vid skada som orsakas av rymdföremål.
- **Registration Convention;** Konventionen om registrering från 1976 anger skyldigheten för en nation att föra register över de föremål som sänds upp i omloppsbana och att delge detta till FNs generalsekreterare.
- **Moon Agreement;** Månavtalet från 1984 fastställer och vidareutvecklar bestämmelserna i OST gällande månen och andra himlakroppar.
- **Space Debris Mitigation Guidelines (SDMG);** Generalförsamlingen antog 2007 en resolution om riktlinjer för minskningen av rymdskrot, vilken lades fram av kommittén för fredligt nyttjande av rymden. Riktlinjerna, som godkändes av COPUOS, togs fram av *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC).



Figur 13: Schematiskt kontextuell bild av vilka organ i FN-systemet som arbetar med SSA och liknande rymdfrågor. Riktlinjer mot rymdskrot utarbetas framför allt i de gula boxarna.

5.1.3 PAROS/PPWT

I mars 1984 presenterade Sovjetunionen ett förslag på ett bindande rymdvapenavtal[47] vid nedrustningskonferensen vilket innebar startskottet för PAROS-diskussionerna. Tillsammans med bland andra Kina presenterade Ryssland 2002 en modifierad version av förslaget.[48] Några år senare, 2008, lades ytterligare ett förslag på avtal officiellt fram under benämningen *Prevention of Placement of Weapons in Space* (PPWT) [49], en titel som fokuserar på utplaceringen av vapen i rymden snarare än användningen. Ändringen i titeln berodde på att man ansåg att uttrycket kapprustning (*arms race*) sågs som omodernt och inte riktigt beskrev vad man ville uppnå. Förutom ändringen i titeln innehåller PPWT-utkastet en rad definitioner som helt saknas i PAROS-utkastet, till exempel definitionen av rymdrummet och rymdobjekt.

Vad både PAROS och PPWT i huvudsak innebär är ett åtagande att inte placera eller använda vapen i rymden. Definitionen av *use of force* i PPWT-utkastet innebär inte ett förbud mot test av vapen mot mål i rymden. Detta betyder i praktiken att anti-satellitvapen på marken kan testas mot mål i rymden och man därmed missar effektmålet att minska skrot i rymden. Dödläget i CD gällande agendapunkten PAROS (men sannolikt inte för avtalsförslaget PPWT) kan vara på väg att brytas i och med USA:s nya rymdpolicy som öppnar dörren för förhandlingar - om än försiktigt.[50]

5.1.4 Relevansen av SSA i ett FN-sammanhang

Ett allmänt accepterat och effektivt SSA vore ett kraftfullt verktyg i upprätthållandet av ett fredligt och hållbart nyttjande av rymden. Med hjälp av SSA möjliggör man exempelvis detektering och identifiering av incidenter i rymden som bryter mot de riktlinjer som fastlagts i FN:s resolution för rymdskrot *Space Debris Mitigation Guidelines* **(**SDMG). Samtidigt skulle man också kunna tilldela den oaktsamme aktören ansvaret för sådana händelser.

Transparens och förtroendeskapande åtgärder i FN-regi bidrar till att bygga upp ett förtroendekapital som stimulerar icke-aggression och tillit på den internationella arenan. Genom att dela med sig av information om egna aktiviteter i rymden, till exempel via meddelanden om uppskjutningar och satellitmanövrar, förhindras misstolkningar av händelser och minskas risken för kollisioner. Dessutom vore tillgången till en gemensam rymdlägesbild inom ramen för FN-systemet i sig en form av ett avskräckande medel vilket skulle kunna förhindra konflikter i rymden.

Vidare är de förmågor som krävs för att ha en rymdlägesbild även användbara för att verifiera olika avtal och överenskommelser såsom ett framtida rymdvapenavtal. Detta kan ske inom mandatet för en specifik överenskommelse där varje nation åläggs att använda sina SSA-resurser för att verifiera att exempelvis ett rymdvapenavtal följs. Ett mindre sannolikt alternativ är att inom FN-systemet etablera en central organisation som i sin tur delger SSA-informationen till avtalsparterna.

5.2 USA:s nya rymdpolicy

Som poängterades redan i rapportens inledning anser USA att de senaste årens aktiviteter på anti-satellitområdet samt kollisionen mellan satelliter utgör ett eskalerande hot mot rymdmiljön och naturligtvis mot den amerikanska rymdinfrastrukturen. Detta hot avspeglas också tydligt i USA:s nya rymdpolicy *National Space Policy* (NSP) som

[47] CD/476 *Treaty on the prohibition of the use of force in outer space and from space against the earth.*
[48] CD/1679 *Possible elements for a future international agreement on the prevention of the deployment of weapons in outer space, the threat or use of force against outer space objects.*
[49] CD/1839 *Treaty on prevention of the placement of weapons in outer space and of the threat or use of force against outer space objects.*
[50] Dock är CD i sin helhet för närvarande blockerad av Pakistan över frågan om fissilt material.

fastställdes juni 2010 av Obama-administrationen.[51] I den nya rymdpolicyn understryks dock i högre grad än tidigare internationellt samarbete, bland annat inom SSA, samtidigt betonas ökad öppenhet genom att utveckla system och regler för förtroendeskapande åtgärder. Där den tidigare Bush-administrationens rymdpolicy[52] i första hand framhöll SSA som ett verktyg för den egna nationella säkerheten, fokuserar nu den nya rymdpolicyn på ett ansvarsfullt och hållbart globalt nyttjande av rymden. Obama-administrationen tycks således delvis ha anammat, eller influerat, de tankegångar som beskrevs i föregående kapitel om att SSA är ett verktyg för att skydda en ändlig resurs – den nära rymden. Se tabell 1 nedan som jämför de respektive kort avsnitt som avhandlar SSA i texten från de båda amerikanska strategidokumenten.

Tabell 1: Jämförelse mellan Bush respektive Obamas policy för SSA.

Bush rymdpolicy 2006	**Obamas rymdpolicy 2010**
"Have responsibility for space situational awareness; in this capacity, the Secretary of Defense shall support the space situational awareness requirements of the Director of National Intelligence and conduct space situational awareness for: the United States Government; U.S. commercial space capabilities and services used for national and homeland security purposes; civil space capabilities and operations, particularly human space flight activities; and, *as appropriate*, commercial and foreign space entities;"	"Develop, maintain, and use space situational awareness (SSA) information from commercial, civil, and national security sources to detect, identify, and attribute actions in space that are contrary to *responsible use and the long-term sustainability* of the space environment:"

Denna mer öppna policy i SSA-frågan tillkännages nu aktivt av USA i flera sammanhang och internationella fora. I ett tal av DoD vid U.S. STRATCOM:s *Space Symposium*, Nebraska november 2010 betonade Dep. Secretary of Defence William J. Lynn att USA nu har kommit till "*a historic inflection point*"[53] inte minst på grund av en allt mer belamrad rymdmiljö. Lynn menade bland annat att en hållbar och stabil rymd, såväl som fri tillgång till densamma är av ett vitalt nationellt intresse för USA. Vidare pekade Lynn på att presidentens nya rymdpolicy förespråkar bilateral och multilateral öppenhet och förtroendeskapande åtgärder, samt att detta etablerar normer och lämpligt uppträdande i rymden. Som ett konkret exempel på multilateral öppenhet nämndes speciellt EU:s initiativ på en internationell *Code of Conduct for Space Activities*. Se även nästa avsnitt 5.3 nedan.

Trots att den nya rymdpolicyn förespråkar samarbete, och det faktum att USA hittills har visat stor bredvillighet i att dela med sig av utvald information från det nationella SSA-systemet, bör man komma ihåg att denna förmåga också är ett viktigt verktyg för att skydda de egna rymdresurserna. Precis som SSA kan vara ett verktyg i rustningskontrollen kan SSA också vara användbart i en "vapenisering" av rymden. USA har genomfört stora satsningar på sina nationella rymdsystem och är starkt beroende av denna förmåga. Det finns naturligtvis därmed en stark drivkraft att försvara dessa system. Man bör därför se Obamas nya rymdpolicy på SSA-området som ett komplement till den gamla policy som fortfarande till delar är aktuell.

[51] "*NATIONAL SPACE POLICY of the UNITED STATES of AMERICA",* June 28 2010, http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf (Kontrollerad 110124).
[52] "*U.S. National Space Policy*", August 31, 2006, http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/whitehouse/ostp_space_policy06.pdf (Kontrollerad 101204).
[53] Tal av William J. Lynn: http://www.au.af.mil/au/aunews/archive/2010/0524/0524Articles/DepSecDefonSpace0524.pdf (Kontrollerad 101204).

5.3 EU:s uppförandekod

EU:s uppförandekod kallad *Code of Conduct for Outer Space Activities* (CoC) är ett EU-lett initiativ till förtroendeskapande åtgärd för rymden, som bland annat kan ses som en reaktion på avsaknaden av framgång i diskussionerna runt PAROS. Koden kan också ses som en strävan från Europa efter en gyllene, och snabbare, medelväg för ökad säkerhet i rymden. Koden är en sammanställning av kvalitativa riktlinjer och saknar både förbud och förslag på verifikationsmetoder. Då initiativet ligger utanför FN-systemet innehåller dessutom koden en rad administrativa riktlinjer. Till skillnad från rymdkonventionerna innebär inte koden ett legalt åtagande av de aktörer som väljer att ansluta sig till den, däremot är den politiskt bindande. I EU:s uppförandekod uppmuntras avtalsmedlemmarna att dela med sig av informationen från respektive nationell rymdlägesbild och dessutom inkludera bedömningar om kollisioner (*forecasts*):

> *"The Subscribing States may also consider providing timely information on space environmental conditions and forecasts to the governmental agencies and the relevant non-governmental entities of all space faring nations, collected through their space situational awareness capabilities"*[54]

Ett europeiskt SSA som bidrag till ett globalt SSA-system skulle fungera väl i det ramverk som uppförandekoden anger. Därtill skulle det ge EU och EU:s medlemsstater en oberoende förmåga för att kunna verifiera internationella avtal och konventioner. Inom ramen för arbetet med CoC har länder utanför EU konsulterats för att få till stånd en text som är så attraktiv som möjligt för alla inblandade. Som nämnts ovan har bland andra USA visat positivt intresse för att ansluta sig till något som liknar den europeiska uppförandekoden.

5.4 Sveriges ståndpunkt

Frågan om en internationell gemensam och allmänt accepterad rymdlägesförmåga är således i högsta grad en relevant och aktuell fråga inom utrikespolitiken. Sverige har därför deltagit aktivt i utformningen av bland annat EU:s uppförandekod via UD med FOI som experthjälp. Sverige kommer sannolikt att ansluta sig till kodens slutliga utformning.

En eventuell anslutning till koden kommer att ställa specifika krav på kommunikation som idag inte finns mellan berörda myndigheter i Sverige. Därtill kommer det att krävas någon form av departementsöverskridande arbete mellan utrikes- och säkerhetspolitiken samt det rymdpolitiska området. Dessutom måste Sverige stärka den kompetens och de resurser som krävs för att kunna följa de administrativa riktlinjerna i koden. Till exempel etablera en nationell databas/katalog och ett kommunikationssystem för uppföljningen och handläggningen av rymdaktiviteterna. Naturligtvis bör Sverige även ha den vetenskapliga och tekniska kompetens som krävs för att kunna inhämta, bearbeta och analysera data från ett SSA-liknande system. En kompetens som till exempel skulle göra det möjligt att nyttja SSA-informationen som ett verktyg i UD:s arbete.

[54] "*Council conclusions concerning the revised draft Code of Conduct for Outer Space Activities"*, Council of the European Union, Bryssel, 11 oktober, 2010.

6 Aktörer som driver SSA-initiativ

Det finns många aktörer som driver diverse initiativ på SSA-området. Vi har här valt ut de tre mest intressanta aktörerna för Sverige och Försvarsmaktsmyndigheterna, samt studerat deras struktur och drivkrafter i lite större detalj. De två initiativen inom organisationerna EDA respektive ESA är naturliga att följa vid ett eventuellt engagemang från svensk sida i ett europeiska SSA. USA med den militära organisationen U.S. STRATCOM har också beskrivits mer utförligt då denna organisation redan har ett etablerat och mycket avancerat SSA-program. STRATCOM kommer sannolikt att bli drivande i utvecklingen av ett eventuellt globalt system – oavsett organisatorisk utformning i övrigt.

6.1 European Defence Agency - EDA

Den europeiska försvarsbyrån eller *European Defence Agency* (EDA) är ett organ inom Europeiska Unionen. EDA inrättades genom en så kallad gemensam åtgärd (*Joint Action*) av Ministerrådet den 12 juli 2004 med en beskrivning av dess syfte enligt följande:

> *"The mission of the Agency is to support the Council and the Member States in their effort to improve the EU's defence capabilities in the field of crisis management and to sustain the ESDP as it stands now and develops in the future."*[55]

Mandatet för EDA är således i högsta grad långsiktigt, och blickar mot framtiden, varför det också har varit naturligt för EDA som organisation att försöka införliva ett nytt europeiskt säkerhetsbaserat initiativ såsom SSA.

6.1.1 EDA:s syfte och mål

Inom det övergripande uppdraget som anges i *Joint Action* från 2004 ansvarar EDA för fyra funktioner[56] vilka omfattar:

- utvecklingen av medlemsländernas försvarsförmåga med avseende på krishantering,
- förbättrad effektivitet hos Europas forsknings- och teknikutvecklingssamarbete på försvarsområdet,
- främjandet av Europas försvarsmaterielsamarbete,
- skapa en konkurrenskraftig europeisk marknad för försvarsmateriel samt att stärka Europas tekniska och industriella bas på försvarsområdet.

Alla dessa funktioner syftar till att förbättra EU:s försvarsverksamhet genom att främja samordningen i Europa. Ett mer integrerat tillvägagångssätt för kapacitetsutveckling anses bidra till bättre definierade framtida krav på såväl FoU, vapen som på det operativa området. Ett effektivare samarbete kommer enligt EDA i sin tur att möjliggöra en industriell omstrukturering och utvecklingen mot en europeisk försvarsmarknad.

Mot bakgrund av att utvecklingen av en fullödig europeisk SSA-funktion kommer att kräva en stor samordnad forsknings- och utvecklingsinsats av flera europeiska länder, och att huvudsyftet med SSA är att skapa en förmåga för att värna europeisk infrastruktur samt medborgarnas säkerhet, passar projektet väl in i både EDA:s syfte och mål.

[55] COUNCIL JOINT ACTION 2004/551/CFSP, 12 juli 2004, Article 2.1.
[56] EDA:s Hemsida under fliken Background: http://www.eda.europa.eu (Kontrollerad 110124).

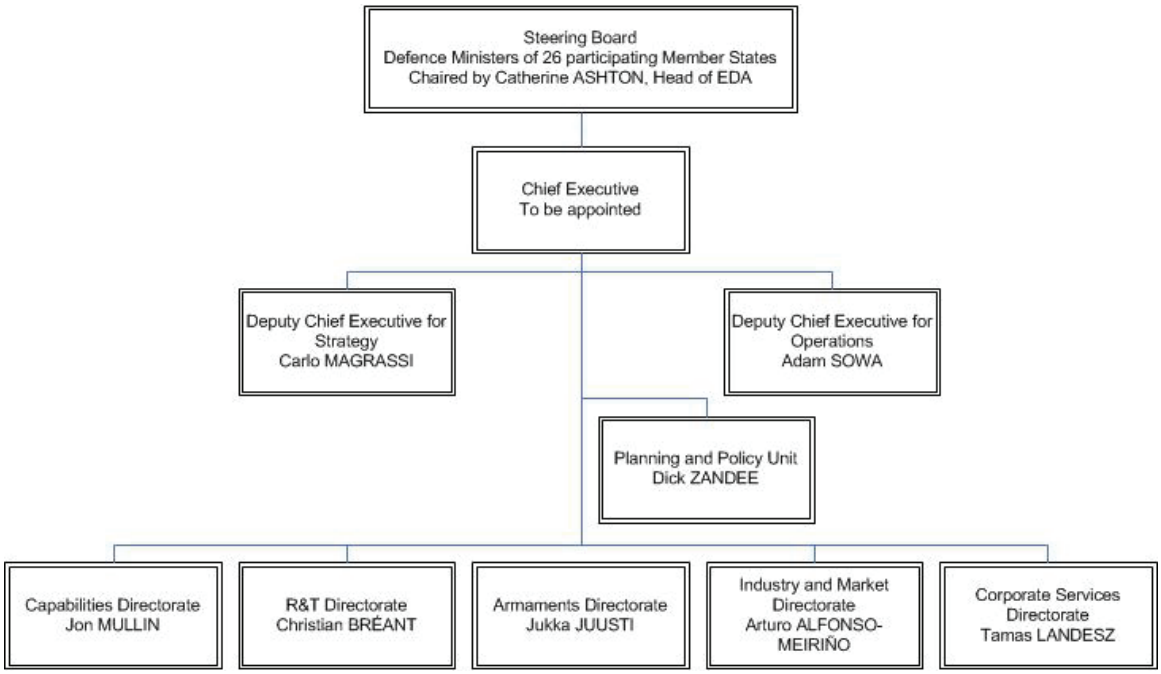
6.1.2 EDA:s organisationsstruktur

EDA är ett organ inom EU och sorterar organisatoriskt under Ministerrådets ledning som i sin tur utfärdar riktlinjer till byrån, och får rapporter från byrån, via representanten för utrikesfrågor och säkerhetspolitik Catherine Ashton. Den detaljerade kontrollen och vägledningen av försvarsbyrån är dock en uppgift för dess styrelse.

EDA:s styrning

Catherine Ashton är ordförande i EDA:s styrelse, det viktigaste beslutsfattande organet inom försvarsbyrån. Styrelsen består av försvarsministrarna från 26 deltagande medlemsstater (alla EU-medlemmar utom Danmark) och en ledamot av Europeiska kommissionen. Utöver ministermöten som sker minst två gånger om året, sammanträder styrelsen också på nivån för de nationella försvarsdirektörerna. Representanter för Sverige vid dessa möten är bland annat generaldirektörerna för FMV och FOI. för EDA:s exekutiv chef bildar tillsammans med sin ställföreträdare och övriga direktörer försvarsbyråns *Management Board*. Tidigare var Alexander Weis exekutiv chef, men nu är denna tjänst vakant.

EDA är organiserat i ett antal direktorat enligt figur 14 nedan. Frågan om de militära kraven och behoven runt SSA har inom EDA hamnat på *Capability Directorate*, Förmåge-direktoratet. Inom detta direktorat ligger arbetet med SSA inom *Integrated Development Team Inform* och genomförs för närvarande av *Project Team SSA* (PT SSA). Ansvarig projektledare för SSA är Rodolphe Paris EDA/Cap. Fram till våren 2010 har sex länder aktivt drivit frågan i PT SSA - Storbritannien, Tyskland, Frankrike, Italien, Belgien och Spanien.



Figur 14: EDA:s direktorat. Copyright EDA.[57]

[57] Källa: http://www.eda.europa.eu/genericitem.aspx?area=Organisation&id=119 (Kontrollerad 110124).

6.1.3 EDA:s drivkrafter

Som berörts ovan pekar många faktorer på att EDA har en tydlig ambition på SSA-området, och man kommer troligen därför att bidra till en fortsatt utveckling. Ett omfattande stöd för projektet bland de stora rymdnationerna talar också för att EDA kommer att få någon typ av roll i uppbyggnaden av den militära delen av ett europeiskt SSA. Därtill kommer att SSA är ett nytt förslag som inte redan uttryckligen är ”inbokat” av något annat EU-organ, vilket gör det lättare för EDA som fortfarande söker sin roll i EU att ta ett initiativ.

EDA betonar i detta sammanhang specifikt de militära intressena i SSA.[58] Exempel på detta är skyddet av rymdinfrastrukturen (militära satelliter är av vital vikt); skyddet av nationella och europeiska säkerhetsintressen (CSDP, nationella militära operationer); samt stödet till de länder som har uppskjutningskapacitet (vilka bland annat ansvarar för säkra omloppsbanor).

Initiativ med en SSA-komponent

Den 8 juli 2008 enades EDA:s styrelse om nya initiativ inom ramen för sin *Capability Development Plan* (CDP). Bland ett av de viktigaste resultaten från detta möte var att medlemsstaterna enades om att uthålliga underrättelsesystem krävs för att stödja kunskapsbaserade militära operationer. Inte minst krävs förmåga att övervaka stora områden, kapacitet för fullspektrumregistrering och robust kapacitet för tidig varning. Speciellt noterades att:

> *A “Space Situational Awareness” capability, among other ones, should be developed and is essential to achieve these future Intelligence Surveillance and Reconnaissance capabilities.”* [59]

Ett projekt team (PT SSA) etablerades därför den 19 mars 2009 bland annat för att ta fram en gemensam militär kravbild för SSA – *Common Staff Target Space Situational Awareness (CST SSA)*. I detta arbete har EDA och sex aktiva medlemsstater under vintern och våren 2009/2010 fokuserat mot att definiera och ta fram krav på följande områden:

- övervakningen av objekt samt skadliga partiklar i rymden,
- metodiken för karakterisering (klassificering och identifikation) av rymdobjekt,
- utbytet av information från andra källor med en liknande övervakning och rekognoscering, inkluderande de restriktioner som tillämpas av medlemsstaterna, EU eller tredje parter.

Resultatet från arbetet och dokumentet CST SSA godkändes av EDA:s styrelse den 25 mars 2010. Arbetet går nu vidare i PT SSA bland annat avseende samordningsfrågor med ESA.

6.1.4 EDA:s nuvarande ståndpunkter på SSA-området

CST-dokumentet beskriver de allmänna egenskaperna, målen och de grundläggande kraven på ett europeiskt SSA-system. Systemet ska göra det möjligt att upptäcka, klassificera och identifiera hot i form av rymdobjekt mot europeisk rymdinfrastruktur, inklusive de hot som kommer från rymdens miljö, samt möjliggöra insamlingen av data om rymdrelaterade system som används av tredje land och organisationer av intresse.

[58] ”*CST Space Situational Awareness – SSA*” godkändes av EDA:s Styrelse den 25 mars 2010.
[59] Annex 2 of EDA NSB No 2008/24.

Det allt övergripande politiska målet med SSA enligt EDA är att bidra till en ökad europeisk autonomi i rymden.[60] De tre allmänna och säkerhetsmässiga målen för SSA, som de är beskrivna i CST SSA, är att:

- bidra till skyddet av den egna rymdinfrastrukturen samt ge autonomi avseende tillgången till rymden,
- bidra till att skydda europeiska och nationella säkerhetsintressen (såsom CSDP, militära operationer, medborgarna),
- stödja det ansvar som åvilar medlemsländer med uppskjutningskapacitet.

CST-dokumentet definierar således de gemensamma militära kraven för en framtida europeisk SSA-förmåga som avses användas för försvar och säkerhet - men också för civila tillämpningar. Med andra ord ett *dual-use* system som därför måste kompletteras med de kravspecifikationer som tas fram inom ESA (se nästa avsnitt 6.2). Det bör dock noteras att så kallade *Near Earth Objects* (NEO), missilförsvar, och nukleära explosioner i rymden inte behandlades av PT SSA.

6.1.5 EDA:s generella krav och metodik avseende SSA

Utvecklingen av SSA-systemet är enligt EDA en reaktion på en gemensam förståelse för behovet att främja en större europeisk autonomi i rymden. Detta ska ske genom den förmåga SSA-systemet ger Europa att upprätthålla en aktuell och detaljerad rymdlägesbild – *Recognised Space Picture* (RSP). Se den tidigare beskrivningen av RSP i kapitel 3. Arbetet med rymdlägesbilden kan med fördel ske i samarbete och upprättas med andra partnerländer och organisationer som har denna kapacitet.

EDA har i CST SSA framfört tre generella krav på ett SSA-system för att det ska vara militärt användbart, och för att det ska ge samtliga deltagande användare en ökad autonomi i rymden. Specifikt ska SSA-systemet ge en rymdlägesbild som möjliggör:

- identifiering av hoten mot europeiska rymdsystem inklusive rymdväder,
- inblick i användningen av rymden vad gäller andra nationer eller organisationer,
- delgivning och sekretesshantering av information från SSA-systemet.

Det bör noteras att tidiga krav från PT SSA på att systemet ska drivas av rent militära organ, och att rymdlägesbilden ska tas fram av militär personal, har tonats ner under arbetets gång. Nu fokuseras den militära kontrollen i CST framför allt till IT-säkerhetsområdet.

6.1.6 EDA:s nyckelkrav avseende SSA-systemet

Förutom de generella kraven på ett SSA-system har PT SSA även angett några nyckelkrav på ett militärt användbart SSA-system.

Etablerad rymdlägesbild; Först och främst finns ett krav på att SSA-systemet ska etablera en militärt specificerad rymdlägesbild (*Recognised Space Picture* – RSP). Den ska leverera produkter och tjänster i form av en databas (katalog) med uppgifter om rymdobjekt och annan relevant information, kunna varna för farliga händelser och ge förutsägelser avseende rymdväder. Systemet ska ha kapacitet för att dela informationen på ett säkert sätt.

[60] Presentation av Rodolphe Paris PO SSA EDA, vid konferensen ”*Space and Security”*, Madrid 10-11 mars 2010.

SSA-systemet förutsätts inom ramen för RSP ha fem komponenter som är ytterligare specificerade:

1. *space surveillance*
2. *space objects tracking*
3. *space objects characterisation*
4. *space weather observation and forecast*
5. *data fusion, processing and dissemination*

IT- och datasäkerhetskrav; Datasäkerheten betonas starkt i CST SSA, och det förutsätts att dessa aspekter ingår som en viktig komponent från början i utvecklingen av systemet. EDA poängterar att data från SSA-systemet kan utgöra en betydande risk för EU, medlemsstaterna och allierade nationer. EDA föreslår därför att projektet från början får genomgå en riskanalys och att robusta säkerhetsåtgärder ansätts. *EU Confidential* förutsätts vara den sekretessnivå som gäller i enlighet med Rådets säkerhetsregler (EUCI).

***Imaging is 100 % military mission*;** Detta något luddiga krav återkommer i flera presentationer[6], men är betydligt svårare att utläsa från CST SSA dokumentet. Sannolikt hänförs denna rubrik till att ESA har brutit ner arkitekturen för SSA i 4 segment varav *Imaging* är en, och att det är specifikt uttalat att detta segment inte ingår i ESA:s *Preparatory Programme*. Konkret innebär *Imaging* att militärt relevant information för att karakterisera satelliter inhämtas med optiska eller radarsensorer.

Militärt deltagande och styrning; EDA förutsätter att medlemsstaterna ska vara representerade på försvarsministernivå när det gäller SSA-systemets styrning (*governance*), organisation och strategiska utveckling. Styrningen av systemet ska vidare kunna hantera *tasking* samt erbjuda mekanismer för att lösa konflikter och prioriterings-problem. Specifikt ska SSA-systemet kunna hantera dessa frågor även när delar av systemet består av nationellt kontrollerade resurser. Nödvändiga kommunikations- och informationslänkar måste etableras mellan nationella militära myndigheter och SSA-systemet.

Reducera risken för kollisioner; Inom PT SSA har man även gjort vissa försök till kvantitativa uppskattningar av risken för krockar mellan rymdskräp och satelliter i LEO. En statistisk studie av CNES[61] har visar att risken för kollisioner generellt sett är ungefär en på tusen per år och satellit. Utgående från detta faktum säger PT SSA att ett rimligt krav på ett effektivt SSA-system då borde bli att reducera denna risk avsevärt. EDA sätter därmed kravet på SSA-systemet till att ha en kapacitet för att reducera risken för kollisioner med rymdinfrastruktur med 90 % för satelliter i LEO.

6.1.7 EDA:s framtida SSA-verksamhet

Den omedelbara roll som EDA åtar sig i det fortsatta arbetet med SSA har delvis redan utmejslats. I brev mellan DG för EDA och ESA har ett antal möten innan sommaren 2010 fastlagts att de militära kraven från CST SSA ska integreras med de civila specifikationerna från ESA inom ramen för SSA *Preparatory Programme*.

Förutom denna verksamhet fortsätter troligen PT SSA att arbeta med att förfina de militära kraven kanske i form av *Common Staff Requirement* (CSR). Möjligen kommer EDA också att vidareutveckla arbetet med hjälp av utlagda studier. Däremot kommer EDA högst troligt inte att få någon operativ roll i SSA-sammanhang, utan huvuddelen av den operativa verksamheten kommer att ske på nationell bas. Däremot finns starka ambitioner hos andra EU organ såsom *EU Satellite Centre* (EUSC) i Madrid att ta en operativ roll.

[61] *Centre National d'Etudes Spatiales* (Franska rymdstyrelsen).

EUSC pekar på sina tidigare erfarenheter av att hantera *dual-use*-data såväl som olika typer av kunder, samt rutiner för att handha sekretessbelagd information.

6.2 European Space Agency – ESA

European Space Agency (ESA) bildades 1975 som en mellanstatlig organisation och har nu 18 i huvudsak europeiska medlemsländer.[62] ESA:s uppgift är att planera och genomföra europeiska rymdprogram, samt utveckla satellitbaserad teknik och främja europeisk industri.[63]

ESA är inte ett EU organ vilket framgår av medlemslistan där exempelvis Norge och Schweiz är medlemmar i ESA men inte EU. Däremot har ESA ingått ett ramavtal med EU, och har därför en nära anknytning till unionen. EU och ESA driver idag en gemensam europeisk rymdpolitik, och har även en gemensam europeisk rymdstrategi. Det finns även konkreta samarbetsinitiativ inom ramen för navigationssystemet Galileo och jordobservationssystemet GMES.

6.2.1 ESA:s syfte och mål med SSA

Till skillnad från EDA som fokuserar specifikt på de militära intressena inom SSA så är ESA:s huvudsyfte att identifiera de civila användarnas behov av SSA. De tre delarna inom ESA:s civila SSA-program som beskrivits i kapitel 3 ovan (SST, SWE, NEO) kommer att bidra till att skydda europeiska rymdsystem mot potentiella krockar eller riskabla banförändringar från satelliter och rymdskrot. Dessutom avser ESA:s SSA-program att Europas infrastruktur både i rymden och på marken ska skyddas mot kritiskt rymdväder, och att Europas innevånare ska skyddas mot potentiella kollisioner med kometer eller asteroider. Att ha en tillräcklig kapacitet för en säker drift av den europeiska rymdinfrastrukturen är nödvändigt för ett oberoende europeiskt nyttjande av rymden. ESA:s SSA program ska bidra till att garantera en sådan kapacitet genom att tillhandahålla aktuell och tillförlitlig information om både den naturliga och den artificiella rymdmiljön.

ESA:s SSA-program är även ett led i att realisera de strategiska besluten i den av ESA och EU gemensamma rymdpolitiken som grundar sig på en fredlig användning av yttre rymden för alla stater. Dessutom bidrar SSA-programmet till Lissabonfördragets näringspolitik genom att stödja utvecklingen av nya rymdtillämpningar, samt nya arbets- och marknadsmöjligheter inom rymdsektorn. SSA kan enligt ESA också ses som en grundpelare för att kunna garantera ett europeiskt tillträde till rymden.

6.2.2 ESA:s organisationsstruktur

ESA:s styrande organ är Rådet med representanter från varje medlemsland med varsin röst oavsett landets storlek eller ekonomiska bidrag till ESA. Sveriges representation består idag av personal från Näringsdepartementet och Rymdstyrelsen (RS). Sverige bidrar med 2,64 % till ESA:s totala budget. Var fjärde år väljer rådet en generaldirektör, där nuvarande generaldirektör är fransmannen Jean-Jacques Dordain.

ESA:s huvudkontor ligger i Paris och har följande specialiserade center:

- ESTEC (Noordwijk, Nederländerna), ESA:s center för design och utveckling av rymdfarkoster och rymdteknik
- ESOC (Darmstadt, Tyskland), kontroll av ESA-satelliter i omloppsbana

[62] Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Grekland, Irland, Italien, Luxemburg, Nederländerna, Norge, Portugal, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjeckien, Tyskland och Österrike. Kanada och Ungern deltar dessutom i vissa projekt enligt särskilda samarbetsavtal.
[63] ESA:s hemsida under "*Welcome to ESA*" www.esa.int (Kontrollerad 101221).

- ESRIN (Frascati, Italien), ESA:s center för jordobservationer. Samlar in, bevarar och förmedlar data till ESA:s samarbetspartners.
- EAC (Köln, Tyskland), ESA:s astronautträningscenter
- ESAC (Villanueva de la Cañada, Spanien), ESA:s vetenskapliga center för astronomi och planetära projekt samt dataarkiven för dessa

ESA har även samarbetskontor i Belgien, USA och Ryssland, en uppskjutningsbas i Franska Guyana, samt mark- och kontrollstationer i olika delar av världen.

6.2.3 ESA:s SSA-historik

Under åren 2006-2008 genomförde ESA en mängd industriella studier[64] på SSA-området. Det ledde bland annat till att en utvald grupp av representanter för potentiella användare av SSA, den så kallade *Users Representatives Group* (URG), sammanställde en lista för framtida användarbehov av rymdlägesinformation. URG har även en fortsatt viktig roll genom att fungera som ett kontinuerligt användarstöd till ESA inom SSA. Gruppen består av representanter från *EU Military Staff* (EUMS), ESA, EU Kommissionen, Försvarsdepartementen för Italien, Frankrike, Storbritannien, Spanien, Tyskland, Belgien och Nederländerna, nationella rymdorganisationer för Italien, Frankrike, Storbritannien, Spanien, Tyskland, Belgien, Nederländerna samt Schweiz, UN-WMO, kommersiella satellitoperatörer, samt försäkringsbolag. Därtill resulterade ESA:s inledande studier i att användarnas behov överfördes till tekniska kravspecifikationer och att grundläggande arkitektoniska val, inklusive att teknologiska luckor identifierades.

SSA-initiativet mottogs väl av ESA:s råd i december 2007 vilket medförde att ESA erhöll ett mandat för att förebereda ett fortsatt programförslag. Det nu föreslagna SSA-programmet spänner över tidsperioden 2009-2019, där den första fasen mellan 2009 och 2011 innefattar det så kallade *SSA Prepatory Programme* (SSA-PP). I den första fasen ska generella frågor behandlas som rör SSA-systemets styrning, datapolicy, datasäkerhet, och arkitektur. Dessutom ska en demonstrationstjänst (*precursor service*) utvecklas för SSA, förutom att flera datacenter ska initieras. Under fas två mellan 2012 och 2019 ska ett fullt operationellt SSA-system realiseras. Detta förslag presenterades i november 2008 för ESA:s ministerråd där den första fasen *SSA Prepatory Programme* godkändes. Den andra fasen kommer att förberedas under 2011, med hänsyn taget till resultaten från fas ett, och kommer att överlämnas för godkännande till ESA:s medlemsländer på ministerrådet 2011.

Det ska nämnas att förutom de tre redan identifierade domänerna inom det europeiska SSA-systemet, SST, SWE och NEO så kommer den fjärde domän *Imaging* (motsvarande EDA:s RSP) troligen att behandlas först i ett eventuellt senare skede under fas två av programmet när frågor rörande styrning, datapolicy och datasäkerhet har besvarats.

6.2.4 ESA:s nuvarande SSA-aktiviteter

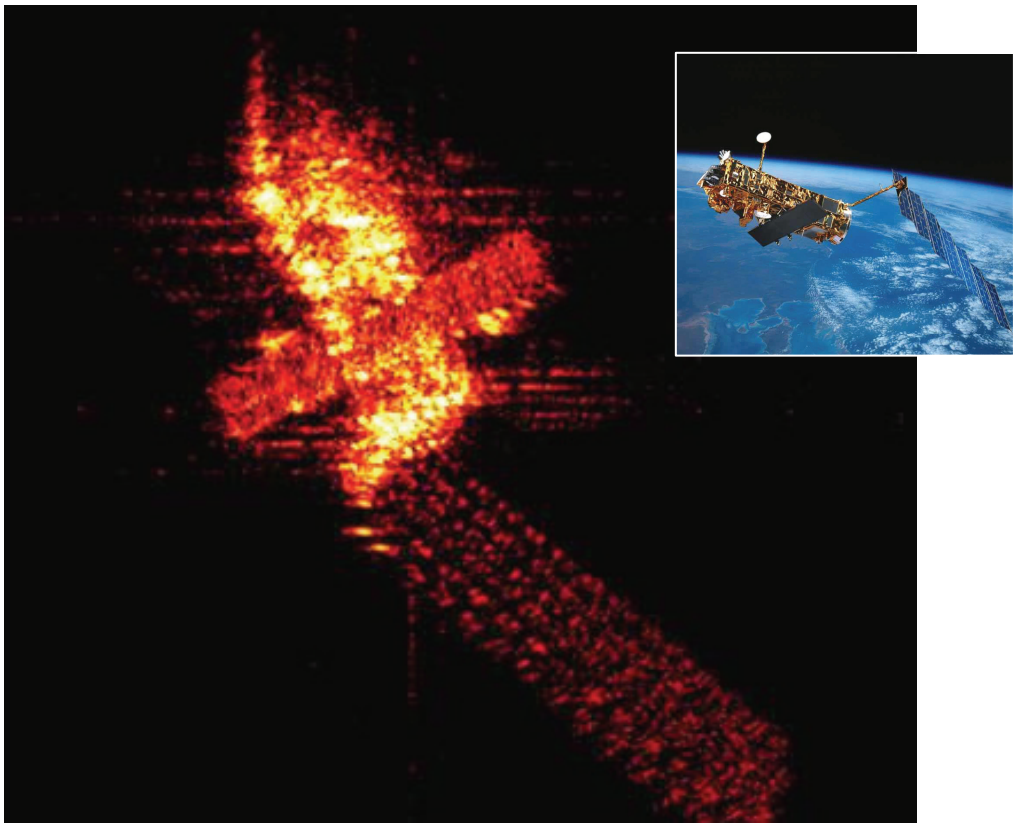
Elva av ESA:s medlemsländer har hittills gått med i SSA-programmet; Belgien, Finland, Frankrike, Grekland, Luxemburg, Italien, Norge, Portugal, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Tyskland och Österrike. Ett land kan gå med i ESA:s SSA-program in ramen för fyra olika delprogram bestående av följande element:

1. *Core element* (styrning, datapolicy, datasäkerhet, arkitektur, utveckling av en demonstrationstjänst för rymdövervakning)
2. *Space weather element* (här inkluderas också *NEO)*
3. *Radar element* - möjliggör del 1

[64] Presentation av N. Bobrinsky, ESA SSA Programme, OPS-G Forum, 5 dec 2008, ESOC, Darmstadt http://esamultimedia.esa.int/multimedia/esoc/opsg/opsg_forum_ssa_05122008.ppt (Kontrollerad 110124).

4. *Pilot data centres element* (gemensam datainfrastruktur, prototyper av datacenter) - möjliggör del 2 och 3

Varje medverkande medlemsland måste minst vara med i det första elementet, därefter kan varje land själv välja vilka element man ytterligare är intresserad av. Nedan följer en kort sammanställning över ESA:s nuvarande aktiviteter i de tre olika SSA domänerna SST, SWE och NEO.



Figur 15: Radarbild av den europeiska radarsatelliten Envisat. Bilden är producerad av det tyska forskningsinstitutet Frauenhofer.[65] Bildtillstånd: Frauenhofer FHR 2010. Den lilla inlagda bilden visar en konstnärs bild av Envisat som referens. Källa: ESA.

Space Surveillance & Trackning - SST

Inom *Space Surveillance & Trackning* fokuserar ESA nu på att definiera och utveckla Europas framtida kapacitet på området. En viktig del i arbetet är uppbygganden av en oberoende katalog över objekts banor i rymden. ESA:s anläggning ESAC i Spanien har en viktig roll inom det här området då man driver ett *Space Surveillance Test & Validation Centre* (SSTC). ESAC kommer sannolikt att stödja integrationen och den inledande driften av SST- domänen ESA:s SSA.

Det har även påbörjats en del demonstrationstjänster på området baserat på de redan existerande Europeiska sensorerna. Dessa tjänster innefattar:

- stöd till Europeiska satellitoperatörer under kritiska undanmanövrar för att undvika kollisioner,

[65] Presentation av Frauenhofer FHG och TIRA: http://www.fhr.fgan.de/fhr/fhr_en.html (Kontrollerad 101128). Källa bild: http://www.fhr.fgan.de/fhr/site/drucken_c627_f8_de.html (Kontrollerad 101221).

- återkommande analyser av potentiella kollisioner eller riskabla banförändringar samt varningar om dessa,
- positionsbestämningskampanjer, såväl återkommande som på beställning på grund av en eventuell kollisionsrisk,
- samt att förutse och varna för okontrollerade återinträden i jordens atmosfär.

De potentiella sensorerna för ESA:s SSA-system som redan existerar för radar och optiska data inkluderar Frankrikes radarskepp FS Monge, franska rymdbyråns *Télescopes à Action Rapide pour les Objets Transitoires* (TAROT), det franska systemet *Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale* (GRAVES), de tyska teleskopen *Zimmerwald Laser and Astrometric* (ZIMLAT), och *Zimmerwald Small Aperture Robotic Telescope* (ZIMSMART), den tyska radarn TIRA, brittiska RALs *Chilbolton observatory*, brittisksponsrade *Starbrook wide-field telescope* i Troodos/Cypern, ESA:s *Optical Ground Station* på Teneriffa samt den internationella radarn *European Incoherent SCATter scientific association,* EISCAT.

Under den första fasen av SSA-programmet utvecklar dessutom ESA en ny radar, och studerar förutsättningarna för framtida optiska och rymdbaserade sensorer. Syftet är att Europa ska kunna utveckla en oberoende övervakning av rymden i ett framtida europeiskt SSA-system.

Space Weather - SWE

Inom rymdväderdelen har ESA inrättat ett första centrum för demonstrationstjänster och datalagring vid Redustationen i Belgien. Redustationen är en del av ESA:s nätverk *European Space Tracking* (ESTRACK) som drivs av ESOC. Nuvarande aktiviteter fokuserar på insamling av Europas existerande expertis inom området, utveckling av inledande tjänster samt identifikation och utvärdering av de nödvändiga rymdbaserade instrument som krävs för dessa tjänster. En viktig resurs som redan används för flera demonstrationstjänster för effekterna av rymdvädret är det av ESA utvecklade *Space Weather European Network* (SWENET). SWENET innehåller en mängd olika verktyg, dataprodukter, modeller och tillämpningar inom området rymdväder. Andra potentiella Europeiska tillgångar innefattar observatorier och resurser från:

- Tyskland (*Space Weather Applications Center-Ionosphere* SWACI),
- Österrike (solobservatoriet Kanzelhöhe),
- Schweiz (Bleien observatoriet och *Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos-World Radiation Center*, PMOD-WRC),
- Belgien (t.ex. *Solar Influences Data Analysis Center*, SIDC),
- Frankrike (*Geosynchronous Environment for Identification of Satellite Hit Anomalies*, GEISHA och *Solar Forecast Centre*),
- Grekland (*European Digital Upper Atmosphere Server*, DIAS),
- Italien (*Radio Surveillance of the Solar Corona for Communication Service Providers,* TSRS),
- Spanien (*Geomagnetic Indices Forecasting and Ionospheric Nowcasting Tools*, GIFINT, och *Solar Particle Engineering Code*, SOLPENCO) och
- Norge (raketbasen Andøya).

Near Earth Objects - NEO

Den främsta aktiviteten inom NEO-området består av att utveckla en varningstjänst för potentiella kollisioner med jorden. ESA utvecklar en SSA-NEO *Service Desk* och datacenter i Italien vid ESRIN parallellt med nyutvecklade länkar till europeiska och internationella NEO teleskop. Vidare utvecklar man och integrerar den redan existerande italienska och spanska tjänsten som tillhandahåller information om NEO:s, den så kallade

Near Earth Objects Dynamic Site (NEODys), den tyska *European Asteroid Research Node*, och ESA:s *Spaceguard Central Node* (SCN) och *Planetary Database*. För utvecklingen av demonstrationstjänsterna samarbetar ESA även med *Minor Planet Center* i USA. Flera länder har tillgångar i form av teleskop och radar som kan komma att vara aktuella inom SSA-NEO (Schweiz, Spanien, Italien, Tyskland, Storbritannien, Norge, Frankrike, Belgien).

6.2.5 EU:s support

Samtidigt som ESA utvecklar de tekniska delarna av SSA-programmet under den första fasen, så samverkar man med EU och dess organ för att definiera en lämplig operativ organisation för driften av det utvecklade SSA-systemet. En viktig aspekt i sammanhanget är också att ESA:s SSA program kompletteras av ESA:s *General Support Technology Program* (GSTP) samt EU:s *Framework Programme* 7 (FP7) *Cooperation Theme Space.*[66] Inom GSTP programmet löper två parallella studier om *Proof of concept för Enabling Technologies for Space Surveillance* av franska ONERA och EADS Astrium samt en radarstudie *(Definition of Ground Segment Requirements for a UHF Radar for the European Space Situational Awareness System, ESSAS*) av spanska INDRA och ONERA. Utöver dessa tre studier så finns en hel del planerade aktiviteter relaterat till mark- och rymdbaserade optiska sensorer samt utveckling av rymdvädersinstrument. Inom EU:s FP7 program är cirka 18 miljoner Euro avsatta till SSA aktiviteter med fokus på framförallt att minska sårbarheten av rymdtillgångar med hänsyn till rymdväder samt kollisioner med andra rymdobjekt. Tonvikten ligger dock på att FP7 aktiviteterna ska komplettera ESA:s övriga SSA aktiviteter.

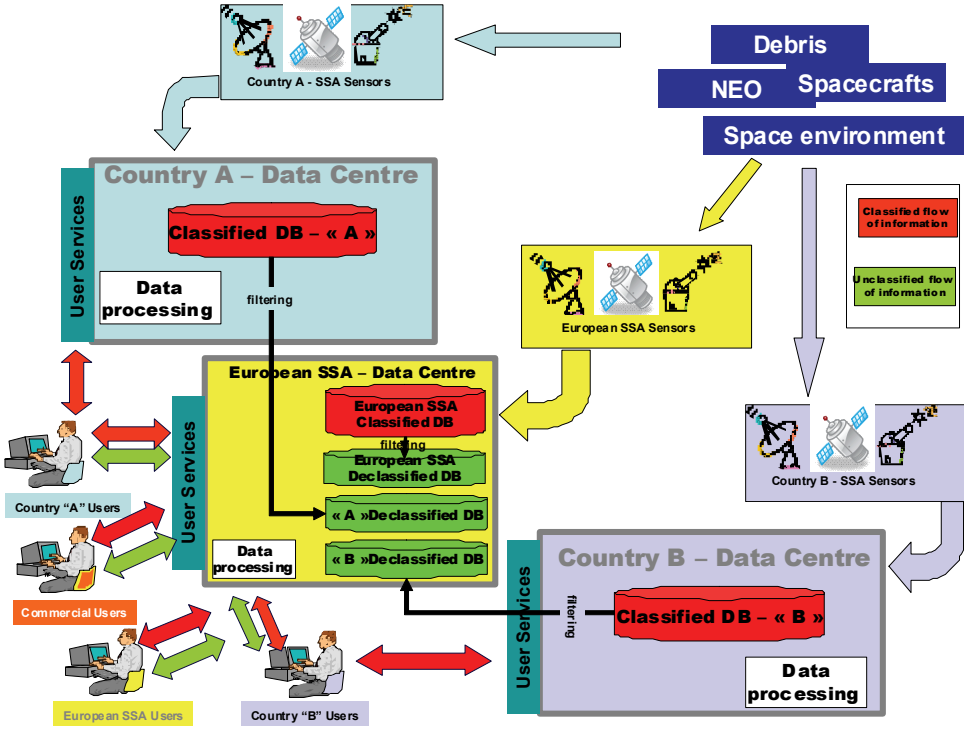
6.2.6 ESA:s framtida SSA-verksamhet

Under fas två av ESA:s SSA-program kommer sannolikt de aktiviteter som påbörjats i de olika delområdena av SSA att fortsätta och implementeras. Störst fokus kommer att läggas på integreringen av den markbaserade infrastrukturen, och utplaceringen av eventuella rymdbaserade infrastrukturer. Försöken med de olika servicetjänsterna för SSA föreslås utvecklas till ett fullt operationellt system. Figur 16 nedan är en illustration av hur ett framtida europeiskt SSA system kan komma att se ut och hur dataflödet mellan gemensamma center och de olika medlemsländernas resurser kan komma att utformas.

ESA har också för avsikt att utveckla och skjuta upp rymdbaserad infrastruktur inom ramen för SSA. Det skulle till exempel kunna innefatta utplacering av satelliter med instrument ämnade för övervakning och positionsbestämning av rymdobjekt i olika banor runt jorden. Dessutom finns det ett potentiellt behov av att placera en ny rymdfarkost längre in i solsystemet närmare solen[67] för att tidigt möta och mäta solvindens egenskaper som är avgörande för rymdvädersprognoser. I nuläget tillhandahålls den informationen av amerikanska satelliter, men det finns ännu ingen planerad fortsättning för en ny generation av dessa i USA.

[66] "*Consolidated activity plan for SS*A", GSTP, and FP7, FP7 3rd Space call, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/research/esa_pb_ssa_consolidated_activity_plan_for_fp7_en.pdf (Kontrollerad 100510).

[67] Vid den så kallade vid Lagrange 1 punkten, som är en stationär punkt mellan solen och jorden.



Figur 16: Illustration av ett tänkt dataflödesschema som beskriver distributionen av information mellan ett gemensamt europeiskt SSA och dess medlemsländer. Notera de kombinerade öppna och sekretessklassade databaserna i ESA:s datacenter. Källa: ESA. [68]

6.3 United States Strategic Command – U.S. STRATCOM

De tongivande aktörerna i världen avseende SSA finns sedan årtionden tillbaka i USA, oavsett om detta gäller myndigheter, forskning eller kommersiellt exempelvis i form av analyssystem för hantering av SSA-data. Oberoende av hur ett globalt SSA utformas i framtiden, och oavsett hur höga ambitioner om autonomi som Europa har, så kommer sannolikt USA att bli en del i Europas beslut framöver - helt enkelt i makt av sin kapacitet och kunskap på området.

SSA är på ett helt annat sätt än i Europa en integrerad del i det amerikanska försvaret. En aktuell och tillförlitlig rymdlägesbild är fullständigt avgörande för USA till exempel för att vidmakthålla sin globala strategiska förmåga till kärnvapenavskräckning eller för sitt UAV-stöd vid operationer i Afghanistan. Funktioner för, och stöd med hjälp av, SSA finns således på alla nivåer och är brett allokerat i det amerikanska försvaret. Det viktigaste centrala militära organet i USA i fråga om SSA är *United States Strategic Command*.

USA:s strategiska kommando (U.S. STRATCOM) är ett av tio kommandon (*Unified Combatant Commands*) under det amerikanska Försvarsdepartementet (DoD). Kommandot ansvarar för rymdoperationer, informationsoperationer, missilförsvar, global ledning och kontroll (C4ISR), den globala strategiska kärnvapenavskräckningen, samt kampen mot massförstörelsevapen. STRATCOM:s nuvarande struktur skapades ganska nyligen, i oktober 2002, under President Bush, då kommandot sammanfördes med dåvarande U.S.SPACECOM[69]. Det nya kommandot innebär med sin blandning av olika funktionsroller, ansvar och förmågor ett nytänkande i USA:s försvar.

[68] Figur från presentation av N. Bobrinsky, ESA SSA Programme, OPS-G Forum, 5 dec 2008, ESOC, Darmstadt http://esamultimedia.esa.int/multimedia/esoc/opsg/opsg_forum_ssa_05122008.ppt (Kontrollerad 110124).

[69] http://en.wikipedia.org/wiki/US_Space_Command#History (Kontrollerad 110124).

6.3.1 STRATCOM:s syfte och mål

Ledningsstrukturen i STRATCOM är avsedd att ge presidenten, försvarsministern, samt regionala befälhavare i USA en enhetlig resurs för förbättrad uppfattning av globala och specifika hot, samt förmåga att bemöta dessa hot så snabbt som möjligt. STRATCOM är ett i huvudsak funktionellt organiserat kommando med globalt ansvar för bland annat SSA - till skillnad från exempelvis det geografiskt organiserade U.S. CENTCOM.

STRATCOM syftar till att tillförsäkra USA global säkerhet i enlighet med följande policyförklaring:

> *"The missions of U.S. Strategic Command are: to deter attacks on U.S. vital interests, to ensure U.S. freedom of action in space and cyberspace, to deliver integrated kinetic and non-kinetic effects to include nuclear and information operations in support of U.S. Joint Force Commander operations, to synchronize global missile defense plans and operations, to synchronize regional combating of weapons of mass destruction plans, to provide integrated surveillance and reconnaissance allocation recommendations to the SECDEF, and to advocate for capabilities as assigned."* [70]

Det bör observeras att STRATCOM strävar mot att ge USA en garanterad handlingsfrihet i rymden (*freedom of action in space*). Detta sker bland annat med hjälp av förmågan att upprätthålla en aktuell rymdlägesbild som i sin tur ger USA möjligheten att skydda sina egna resurser i rymden genom avskräckning eller alternativt via direkta försvarsåtgärder. Samtidigt avser denna förmåga att ge USA möjligheten att förneka sina motståndare samma handlingsfrihet i rymden. Denna ambition till ”dubbelsidig” kapacitet, om än inte helt tydligt uttalad för rymddomänen, skiljer sig från motsvarande och de nuvarande europeiska SSA-planerna som, åtminstone öppet, fokuserar helt på skyddet av europeisk rymdinfrastruktur.[71]

6.3.2 STRATCOM:s organisationsstruktur för SSA

STRATCOM utövar befälet över ett antal gemensamma och funktionella kommandon, även kända som *Joint Functional Component Commands* (JFCC). Dessa kommandon är ansvariga för den dagliga planeringen och för genomförande av STRATCOM:s primära uppdragsområden - exempelvis den globala strategiska kärnvapenavskräckningen (JFCC Global Strike), missilförsvaret (JFCC Integrated Missile Defense) samt för rymdoperationerna (JFCC Space).

JFCC SPACE samordnar, planerar, integrerar, styr och kontrollerar USA:s militära rymdverksamhet för att tillhandahålla skräddarsydda, snabba, lokala så väl som globala rymdtjänster enligt nationella, STRATCOM:s eller andra militära befälhavares målsättningar. JFCC SPACE skall också på beställning kunna förneka fienden samma eller motsvarande förmågor.[72]

JFCC SPACE etablerades i juli 2006 och har för närvarande befälhavaren för 14th Air Force (Air Forces Strategic) vid Vandenberg Air Force Base i Kalifornien Lieutenant General Larry D. James som chef.

---

[70] ”*USSTRATCOM Mission Statement*”, http://www.stratcom.mil (Kontrollerad 100519).

[71] Den ”dubbelsidiga” förmågan är tydligare uttryckt av Maj. Gen. Shelton 14th Air Force Commander *"Our prime mission directive in JFCC SPACE is to ensure our freedom of action in space, while preventing adversary use of space against us"*, http://www.vandenberg.af.mil/news/story.asp?storyID=123028342 (Kontrollerad 110124).

[72] “*Mission JFCC Space*”; http://www.stratcom.mil/factsheets/space/ (Kontrollerad 100519).

Nuvarande verksamhet[73] i JFCC Space omfattar följande delar:

- Space Situational Awareness (SSA)
- Space force enhancement
- Space support
- Space control

Därtill kommer att utvärdera och rapportera beredskapen vad gäller verksamheten. De fyra huvuduppgifterna i JFCC SPACE verksamhet symboliseras i kommandots emblem av fyra färgade bårder runt i emblemets stiliserade jordklot.

Joint Space Operations Center (JSpOC) är en ledningsstruktur (C2) med ansvaret att planera och genomföra JFCC SPACE uppdrag. Syftet med JSpOC är att tillhandahålla en fokalpunkt för de operativa striderna med USA:s globala rymdvapen, samt för att ge befälhavaren för JFCC SPACE den kapacitet som krävs för att samordna USA:s rymdvapen inför globala militära operationer. JSpOC är baserat vid Vandenberg Air Force Base i Kalifornien, som sägs ha personal stationerad från Australien, Kanada och Storbritannien.

6.3.3 STRATCOM:s ansvar avseende rymdkontroll

STRATCOM:s ansvar för att ge USA en dominerande ställning i rymden består således av tre huvuddelar. Dels att övervaka rymden (*space surveillance*) för att skapa en aktuell rymdlägesbild, vilket i sin tur är ett krav för att kunna skydda rymdsystemen, samt dels att förhindra en motståndare från att använda sin rymdförmåga i fientliga avsikter mot USA:s nationella säkerhetsintressen. Slutligen ska STRATCOM ge ett direkt stöd vid väpnad strid, stödja lednings- och kommunikationsförmågan, samt stötta underrättelseoperationer.[74]

Det bör noteras att det i STRATCOM:s uttalade ansvarsområde ingår att skydda såväl amerikanska som vänligt sinnade nationers rymdsystem (*friendly space systems*). Detta ansvar vidareutvecklas än tydligare, speciellt avseende SSA, redan i ett nyhetsbrev den 1 april 2010 från STRATCOM Public Affairs.[75] I nyhetsbrevet poängteras behovet av aktuella SSA-data, samt analyser av dessa data, för att främja säker rymdfart för satelliter och människor. Som ett exempel på existerande faror nämns kollisionen mellan satelliterna Iridium 33 och COSMOS 2251. Websiten Space-Track nämns som den portal som kan användas av exempelvis satellitoperatörer för att hämta hem SSA-information. STRATCOM utlovar också en fortsatt utveckling av USA:s SSA-produkter och tjänster för att gynna en säker rymdfart. Nyhetsbrevet var en tidig indikation till den omsvängning på SSA-området som senare har skett i och med USA:s nya rymdpolicy.

6.3.4 Rymdkontroll och rymdövervakning

Joint Space Operations Center (JSpOC) är den enhet som försöker upptäcka, spåra och identifiera alla konstgjorda föremål i omloppsbana runt jorden. Centrets personal arbetar dygnet runt med att kontinuerligt observera dessa objekt. Till sitt förfogande för uppgiften har centret sensornätverket *Space Surveillance Network* (SSN). SSN är ett världsomspännande nätverk av cirka 25 sensorer för rymdövervakning bestående av både militära och civila radarstationer samt optiska teleskop. Personalen på JSpOC bearbetar och korrelerar sensorernas observationer för att uppdatera data om omloppsbanor, inklusive annan information, för var och en av de registrerade objekt som kretsar runt jorden. Dessa uppdateringar utgör den så kallade *Space Catalog*, som är en aktuell och

[73] "*Current Operations*": http://www.stratcom.mil/factsheets/space/JFCC_-_SPACE/ (Kontrollerad 100521).
[74] Dokument från STRATCOM: http://www.stratcom.mil/files/STRATCOM_Space_and_Control_Fact_Sheet-25_Feb_08.doc (Kontrollerad 110124).
[75] http://www.stratcom.mil/news/article/137/commercial__foreign_entities_pilot_program_transitions_to_u.s._strategic_comman (Kontrollerad 100511).

mycket omfattande förteckning över det antal, typer och banor som objekten har i rymden. De övervakade objekten omfattar aktiva eller inaktiva satelliter, använda och förbrukade raketdelar, samt ett stort antal större eller mindre fragment från människans rymdverksamhet.

JSpOC:s rymdövervakning utför följande funktioner:

- analyserar nya uppskjutningar och utvärderar objektens omloppsbanor,
- identifierar nya konstgjorda objekt i rymden,
- redovisar objektens nuvarande läge och förutsäger deras förväntade omloppsbanor,
- producerar och underhåller information om omloppsbanorna för rymdobjekten i *Space Catalog,*
- informerar NASA och andra myndigheter om objekt som kan störa rymdfärjans, den internationella rymdstationens, och andra operativa satelliters banor,
- förutser när och var ett sönderfallande rymdobjekt kommer in i jordens atmosfär,
- förhindrar att ett inkommande objekt utlöser ett falsklarm om en förestående missil-attack hos sensorer i USA och andra länder,
- avgör vilket land som äger ett objekt som återinträder i atmosfären,
- förutsäger den yta på jorden som kommer att påverkas av inkommande föremål från rymden och meddelar *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) samt räddningstjänsten i Kanada om detta.

Som synes innehåller arbetet vid JSpOC både militära strategiska komponenter och civila säkerhetskomponenter. Arbetet är idag på samma sätt som beskrivits för det europeiska initiativet i högsta grad *dual-use* betonat men har trots detta en hög sekretessklass.

6.3.5 Space Catalog

Den enheten under JSpOC som ansvarar för SSA (*SSA Operation Cell*) upprätthåller en aktuell och datoriserad katalog (*Space Catalog*) över alla konstgjorda objekt i omlopp, karterar deras nuvarande position, beräknar de framtida omloppsbanorna, samt förutser tid och plats i stort för återinträdet i jordens atmosfär av större konstgjorda objekt. Sedan uppskjutningen av Sputnik 1957 har över 30 000 konstgjorda föremål blivit katalogiserade. Många av dessa har senare återinträtt i atmosfären. För närvarande följer JSpOC omloppsbanorna av mer än 19 000 objekt runt jorden som är 10 centimeter eller större. Omkring 10 procent av de objekt som följs har fungerande nyttolaster eller är aktiva satelliter, 15 procent är gamla raketdelar, och ungefär 75 procent består av fragment och inaktiva satelliter.

7 Teknik och sensoranläggningar

7.1 Sensorsystem

Under 1960-talet byggdes ett omfattande övervakningssystem för rymdobjekt upp i såväl USA som i dåvarande Sovjetunionen. En orsak till detta var att när antalet satelliter i omloppsbana tilltog skapades ett behov av att kunna särskilja satellituppskjutningar och återinträden i atmosfären av uttjänta satellitdelar från inkommande ballistiska kärnvapenrobotar.

De viktigaste sensorerna i övervakningssystemen har sedan starten varit just de radaranläggningar som primärt används för varning mot inkommande kärnvapen. I detta avseende skiljer sig, som beskrivits tidigare i kapitel 3, den historiska utvecklingen av SSA i Europa från den i USA och Ryssland. Av den anledningen har det inte heller tidigare funnits ett behov av ett samlat europeiskt rymdövervakningssystem. Idag är det enbart Frankrike av de europeiska länderna som har ett helt oberoende inmätningssystem av rymdobjekt som delvis liknar USA:s SSA-system. Flera existerande och planerade anläggningar runt om i Europa skulle dock kunna ingå i ett framtida gemensamt europeiskt rymdövervakningssystem.

Sensorerna i ett SSA-system kan delas upp i dels radarsystem och dels elektrooptiska teleskop. De optiska instrumenten har generellt sett längre räckvidd än radarsystemen och används därför företrädesvis till observation av objekt runt den geostationära banan (GEO), det vill säga på en höjd av 35 800 km. På grund av den långa räckvidden är det framförallt de optiska systemen som används i arbetet med att upptäcka och spåra *Near Earth Objects* (NEO). Förutom de markbaserade radaranläggningarna och de optiska teleskopen används idag även rymdbaserade sensorer, som nu senast med uppskjutningen av en amerikanska optisk satellit med sensorer avsedda att användas som en del i SSN.

7.1.1 Radarsystem

Inmätning av objekt i rymden med radar har flera fördelar jämfört med optiska system. En radar kan exempelvis göra observationer dygnet runt och i alla ljusförhållanden, även när det är molnigt väder eller fullmåne. De faktorer som definierar upplösningsförmågan hos ett radarsystem är avståndet till målet, målets storlek (*radar cross-section*), den utsända effekten och frekvens samt storleken på sändarantennen. Figur 15 i det tidigare kapitel 6 visar resultatet från en avbildande radarsensor som återgett satelliten Envisat. Radarns kortare räckvidd jämfört med de optiska metoderna gör emellertid att radarsystemen framförallt används i ett SSA-system för observationer i låga banor (LEO), det vill säga i banor lägre än cirka 2000 km.[76]

I princip finns tre olika typer av radarsensorer i ett SSA-system:

Fastpekande bi-statiska antennsystem eller så kallade radarstaket (*radar fence*). Denna radartyp består av separat placerade sändar- och mottagarelement som kontinuerligt sänder ut radarenergi i en fast riktning. Alla objekt som passerar radarstrålen detekteras baserat på interferometriteknik.

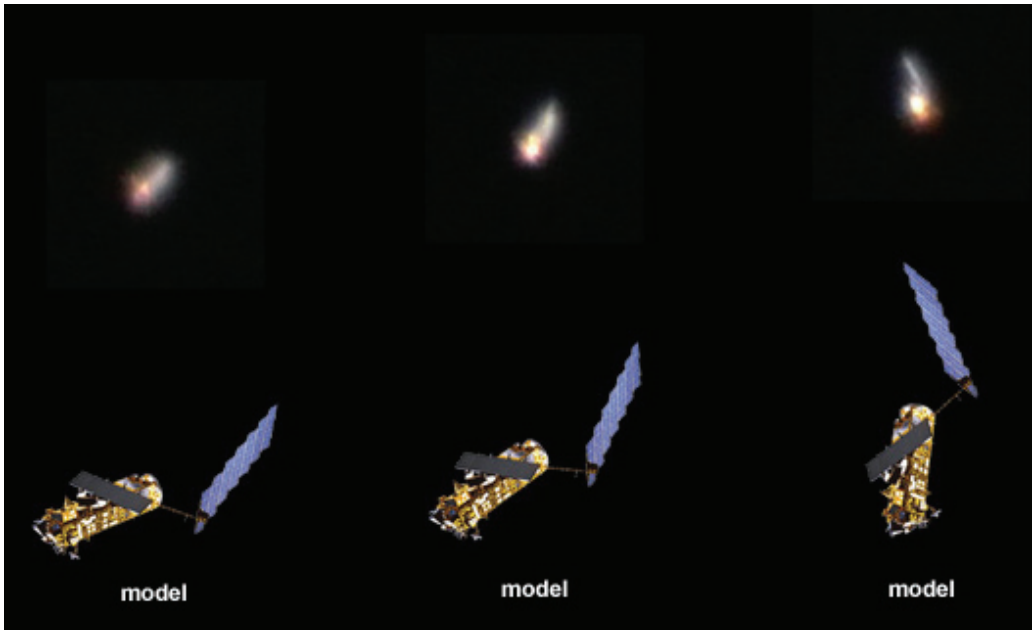
Konventionella radarsystem använder mekaniskt rörliga antenner för att spåra rymdobjekten. Antennen består vanligen av en parabolantenn som både sänder ut och tar emot radarsignalen (mono-statisk radar). Parabolen kan både roteras och eleveras och sitter ofta monterad inne i en dom för väderskydd. En relativt smal radarstråle krävs för att med tillräcklig hög noggrannhet beräkna position och för att följa satellitens rörelse.

[76] Vid tillräcklig mängd utsänd energi kan även konventionella monostatiska radaranläggningar spåra objekt i GEO.

***Phased-array* radar** som kan mäta in banspåren på flera satelliter samtidigt och skanna av stora områden av rymden på bråkdelar av en sekund. Denna radartyp har inga rörliga mekaniska delar som begränsar hastigheten på radarsvepen utan radarns energi styrs istället elektroniskt genom att variera fasinformationen hos de individuella sändarelementen. Den primära uppgiften för en *phased-array* radar är vanligen att vara en del i ett förvarningssystem för inkommande ballistiska kärnvapen.

7.1.2 Optiska system

För att kunna upptäcka satelliter är de allra flesta optiska instrument som används för SSA beroende av reflekterat solljus, alternativt utsänd infraröd strålning. Ett fåtal anläggningar kompletterar de passiva optiska mätningarna med aktiv laser för att belysa målet. Laser utökar observationstiden för stationen över dygnet, möjliggör direkt avståndsmätning och ger bättre spatial upplösning när det gäller att bestämma hur satelliten är uppbyggd avseende storleken på solpaneler, antenner, sensorer, etc.



Figur 17: Exempel på bilder från ett tyskt optiskt teleskop (apertur 80 cm) som riktats mot den europeiska satelliten Envisat i olika positioner. För att underlätta tolkningen har en modell av satelliten i samma position placerats nedanför bilden. Copyright: J Huber, T Lindenmann, K Nagel, Tracking-Station.[77]

Hur små objekt som ett optiskt teleskop kan upptäcka bestäms primärt av teleskopets apertur. Se ett exempel i figur 17 ovan från ett tyskt teleskop med 80 centimeters apertur. Modernare system kan också kombinera flera speglar för att skapa en större ”virtuell” apertur, samtidigt som detta möjliggör bildbearbetning för att ytterligare förbättra bildkvalitén.

Turbulens i jordens atmosfär har en starkt begränsande inverkan på prestanda hos markbaserade optiska system. Effekterna av turbulensen kan dock minskas genom att placera teleskopen på hög höjd och i ett gynnsamt torrt klimat, såsom placeringen av det ryska Okno-systemet beskrivet senare i detta kapitel. En annan teknik för att förbättra upplösningen är att utnyttja så kallad adaptiv optik för att kompensera för turbulensen. Genom att använda korta slutartider i kameran, kortare än de hundradelar eller tusendelar av en sekund som kännetecknar luftoron, och därefter kombinera ett antal sådana bilder

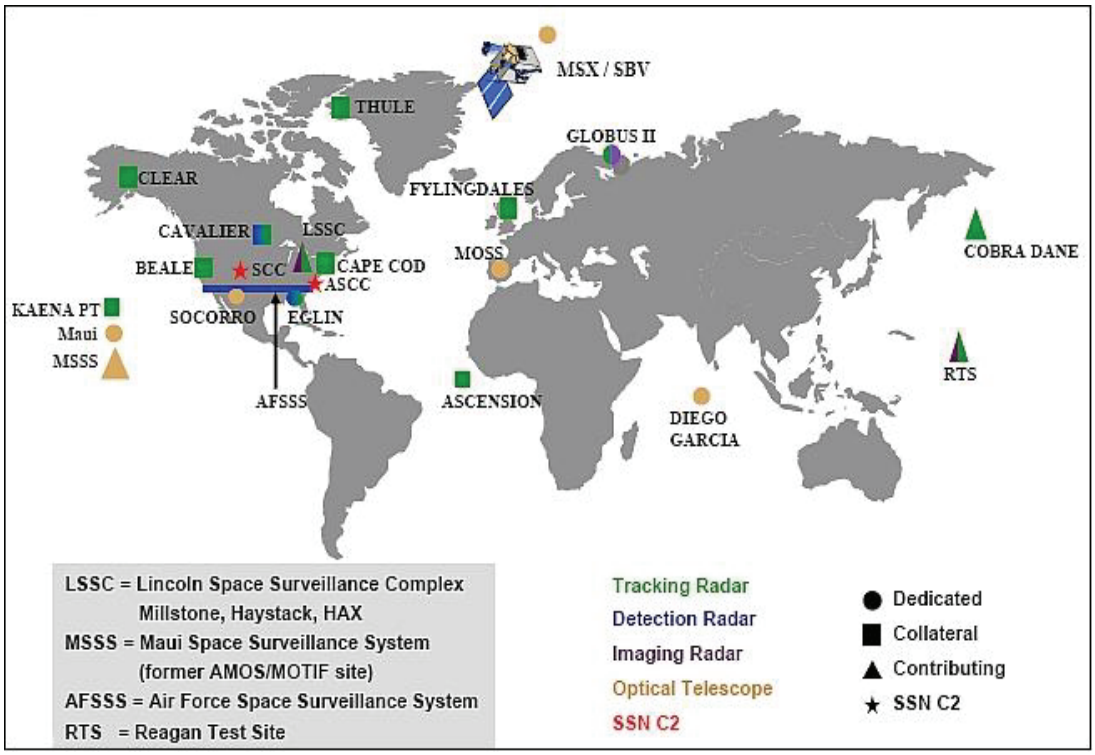
[77] Presentation och mer utmärkta bilder: http://www.tracking-station.de/team/team.html (Kontrollerad 110124).

kan teleskopets upplösning blir så bra som det optiska systemets faktiska prestanda medger.

7.2 Några anläggningar i USA

USA:s *Space Surveillance Network* (SSN) består av flera olika radaranläggningar och optiska sensorer fördelade på cirka 25 platser runt om i världen. Enligt STRATCOM har sensornätverket upptäckt, identifierat och följer nu mer än 19 000 objekt. Den princip som SSN sägs använda för att övervaka rymdobjekten är en så kallad prognostiserande teknik. Tekniken bygger på stickprovsinmätningar från sensorer och därpå följande beräkningar för att med en viss sannolikhet uppskatta objektens framtida banor. Den prognostiserande tekniken används istället för kontinuerlig spårning av banorna, som är svår att använda på grund av de begränsningar som finns hos SSN-systemet i antal sensorer, deras geografiska spridning, kapacitet och tillgänglighet. Tillsammans gör sensorerna i SSN mellan 300 000 till 400 000 observationer varje dag.

En karta över de anläggningar som ingår i SSN och den globala fördelningen av dessa sensorer finns i figur 18 nedan. Notera att spridningen av mätstationer inte är jämnt fördelad, då flertalet anläggningar befinner sig i den västra hemisfären. SSN-stationerna i kartan kategoriseras som antingen *Dedicated*, med huvuduppgift att utföra rymdövervakning, eller som *Collateral* eller *Contributing* vilka primärt har en annan uppgift än rymdövervakning. Den senare typen drivs inte av STRATCOM själv.



Figur 18: Skiss av den globala fördelningen av sensorer och anläggningar som ingår i det amerikanska sensornätverket SSN. Källa AFSPC.[78]

[78] Presentation av Lt Col Glen Shepard, Air Force Space Command, *"U.S. Space Surveillance System"*, vid konferensen "Improving Our Vision", Colorado Spring 2006.http://www.cdi.org/pdfs/ssa2shepherd.pdf (Kontrollerad 110124).

7.2.1 Radaranläggningar

Radarsensorer av typen *phased-array* kan mäta in banparametrar från flera satelliter samtidigt och skanna av stora områden av rymden. Fylingdales i Storbritannien är en representant för denna typ av radarsensor. Ett exempel på ett konventionellt radarssystem som ingår i SSN är Haystack i Millstone Hill som är en del av *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Denna radar är markerad som *contributing* (triangel) och *tracking/imaging* (grönviolett) i figur 18 ovan.

7.2.2 Optiska anläggningar

Det främsta amerikanska optiska systemet, *Ground Based Electro-Optical Deep Space Surveillance* (GEODSS) finns på tre platser: Socorro i New Mexico, Maui på Hawaii och på Diego Garcia i Indiska oceanen. Se de gula cirklarna i figur 18 ovan. Det finns även en mobil kompletterande anläggning i Morón i Spanien. GEODSS kan observera området från 4800 km ut till, och förbi, den geostationära banan. Som alla optiska system behöver GEODSS klart väder och mörka förhållanden för sina observationer. Varje GEODSS-anläggning har tre teleskop med drygt en meters apertur vardera. Se figur 19 nedan.

Figur 19: Detta amerikanska optiska system kallat *Ground Based Electro-Optical Deep Space Surveillance* (GEODSS) är en del i sensornätverket SSN. Courtesy NASA/JPL-Caltech.

7.2.3 Rymdbaserade sensorer

Satelliten *Midcourse Space Experiment* (MSX**)** var en experimentell satellit placerad i låg omloppsbana (LEO) med en nyttolast av en mängd olika sensorer, allt ifrån UV till mycket långvågig IR. MSX var ursprungligen avsedd för att upptäcka inkommande ballistiska kärnvapen robotar men flyttades till sensornätverket SSN 1998. MSX togs ur drift 2008.

Figur 20: Illustration av satelliten *Space Based Space Surveillance* (SBSS). SBSS är USA:s nya satellitbaserade optiska sensor integrerad i SSN. Photo credit: Ball Aerospace & Technologies Corp.

Den 25 september år 2010 sändes en operativ ersättare till MSX upp, den så kallade *Space Based Space Surveillance* (SBSS).[79] Huvudsensorn ombord på SBSS är ett 30 centimeters teleskop monterad i en rörlig gimbal på satelliten, se figur 20 ovan. Satelliten ligger i en solsynkron omloppsbana på 630 km:s höjd, för att alltid befinna sig i ett för optiska observationer gynnsamt läge i förhållande till solen. En annan fördel med en optisk sensor i omloppsbana är naturligtvis också avsaknaden av turbulent atmosfär och moln.

7.3 Några anläggningar i Ryssland

Ryssland är det enda landet förutom USA som har ett särskilt utvecklat rymdövervakningssystem.[80] Det ryska systemet för inmätning av rymdobjekt *Space Surveillance System* (SSS) finns organiserat inom den 3. rymd- och robotförsvarsarmén som är en del av de ryska rymdtrupperna. Det ryska SSS består av ett 10-tal radaranläggningar och mer än 20 optiska och elektrooptiska system på 14 platser runt om i Ryssland samt i några angränsande stater med vilka man har bilaterala överenskommelser. De olika systemen bedöms dock inte sammantaget ge en global täckning. Det ryska systemet anses genomföra 50 000 observationer per dag och underhåller en objektkatalog på cirka 5000 objekt i framför allt LEO. Ryssland har ingen formell struktur för att delge informationen från sitt SSA till andra länder.[81]

Rymdtrupperna är ett självständigt truppslag direkt underställt den ryska generalstaben och den 3. rymd- och robotförsvarsarmén omfattar förutom rymdövervakning även kärnvapenförvarning, robotförsvar och anti-satellitsystem. Utöver uppgiften att komplettera systemet för förvarning av inkommande kärnvapenrobotar ska SSS säkerställa

[79] Justin Ray. "*Space surveillance project successfully blasts off*", Spaceflight Now, 26 september 2010, http://www.spaceflightnow.com/minotaur/sbss/ (Kontrollerad 101221).
[80] Det antas att även Kina har radarsystem speciellt utplacerade för SSA, men detta är inte officiellt erkänt.
[81] *"Space Security 2008"*, Augusti 2008, http://spacesecurity.org (Kontrollerad 110124).

att inte främmande spaningssatelliter följer rörelser av de vägmobila kärnvapnen, samt kunna ge indata till antisatellitvapnen. Högkvarteret för den ryska rymdövervakningen, Noginsk-9, ligger nordost om Moskva.

7.3.1 Radaranläggningar

De ryska radarsystemen har uppgraderats kontinuerligt sedan starten på 1960-talet och kommer därför att beskrivas enligt tre grupperingar nedan.

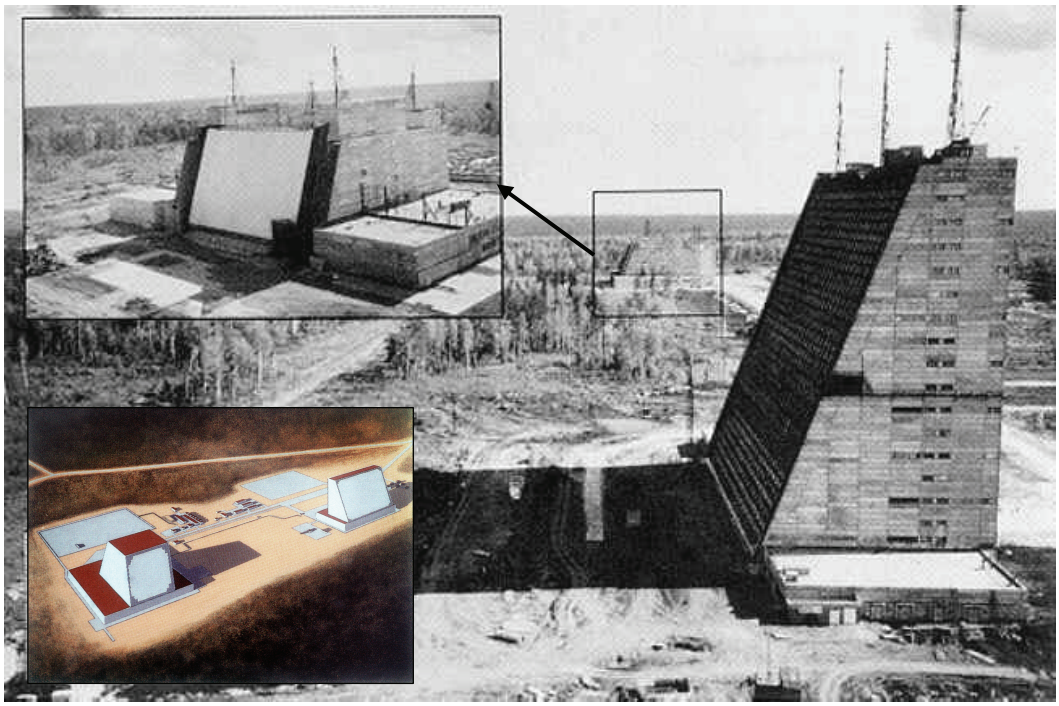
HEN HOUSE typ

Dnestr-M, *Dnepr* och *Daugava* som går under den gemensamma NATO-beteckningen HEN HOUSE. *Dnestr-M* har två långsträckta kombinerade sändar- och mottagarytor med *phased array* sändarelement och skiljer sig från tidigare *Dnestr* genom att använda sig av pulskodning för att öka upplösningen. *Dnepr* och *Daugava* är vidareutvecklingar av *Dnestr*.

Radar av HEN HOUSE typ finns i Olenogorsk på Kola-halvön, i Mishelevka Irkutsk och i Balkhash som ligger i Kazakstan, samt i Sevastopol och Mukachevo, Ukraina.

PECHORA typ

I slutet av 1970-talet utvecklades nästa radargeneration med *phased array* teknologi *Daryal* med NATO-beteckning PECHORA. Den sensorn har två separata kvadratiska radarytor för mottagning respektive sändning. Jämfört med HEN HOUSE har förmågan hos PECHORA förbättrats för att upptäcka och följa mål i höjdled. I och med introduktionen av Daryal-systemet fick Sovjetunionen tillgång till radaranläggningar i paritet med USA. Se figur 21 nedan.



Figur 21. Installation av en rysk radar av typen PECHORA. Infälld färgbild är en tolkning av hela anläggningen. Copyright: Federation of American Scientists.[82]

[82] Federation of American Scientists (FAS): http://www.fas.org/spp/starwars/program/soviet/lpar_site.htm (Kontrollerad 110124).

Daryal finns i Pechora i den norra delen av Uralbergen, samt i Gabala i Azerbaijan. När Skrunda i Lettland skrotades 1998 sattes en ny radartyp *Volga* i drift i Baranovichi i Vitryssland 2003. Det är troligt att även denna radar motsvarar *Daryal*.

PILL BOX typ

I februari 2009 avlutades samarbetet mellan Ukraina och Ryssland om de radarstationer som byggts på Ukrainsk mark i Sevastopol och Mukachevo. Dessa ersattes då med en ny radartyp *Voronezh* i Armavir. Armavir ligger i södra Ryssland 10 mil från Sochi och 70 mil från den Iranska gränsen. Ytterligare en *Voronezh*-radar har färdigställts norr om S:t Petersburg i Lekhtusi. Även den radaranläggning som används för Moskvas luftförsvar *Don-2NP* med NATO-beteckning PILL BOX i Pushkino används för rymdövervakning.

7.3.2 Optiska och elektrooptiska sensorer

Som ett komplement till radarsystemen har även Ryssland optiska och elektrooptiska anläggningar. SSS ansvarar för fem av anläggningarna, den ryska vetenskapsakademien (RAN) för två medan resterande sju anläggningar drivs gemensamt av RAN och SSS. Tidigare har RAN även drivit stationer i Bolivia, Chile, Ecuador och Egypten. Anläggningarna är utrustade med en mångfald av ryska och tyska optiska instrument med diameter mellan 45 och 100 cm.

Idag finns samtliga optiska stationer inom eller nära Rysslands gränser vilket gör det svårare att observera objekt med låg respektive hög inklination samt vissa mycket elliptiska banor. Den viktigaste optiska anläggningen är *Okno* (fönster på ryska) nära Nurek i Tadzjikistan. Okno ligger på 2200 km höjd och utför passiva optiska mätningar av objekt upp till 40 000 km höjd, det vill säga även omfattande den geostationära banan. Okno sägs vara ett helautomatiskt system. Se figur 22 nedan.

Figur 22: Rysk optisk sensoranläggning, Okno är en del i sensornätverket SSS. Infälld bild visar en detalj av sensorn med kupolen i öppet läge. Copyright: Federation of American Scientists.[83]

[83] Från FAS.org "*Sourcebook of the Okno and Krona Space Surveillance Systems*", http://www.fas.org/spp/military/program/track/okno.pdf (Kontrollerad 101220).

7.4 Några europeiska anläggningar

Det finns idag inget gemensamt europeiskt system för rymdlägesbild. Dock skulle existerande radaranläggningar och optiska system i de olika medlemsländerna kunna användas i ett sådant. Även radaranläggningarna i Fylingdales UK och GLOBUS II i norra Norge, som båda är en del i det amerikanska SSN, skulle kunna bidra även om den nuvarande överenskommelsen mellan USA och de brittiska respektive norska operatörerna inte medger att så sker. Nedan följer några exempel på andra europeiska anläggningar.

7.4.1 Radaranläggningar

Det franska radarsystemet *Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale* (GRAVES) består av fyra plana *phased-array* antenner om 15x6 meter vardera (se figur 8 i kapitel 3 ovan). GRAVES ligger i närheten av Dijon i Frankrike och är den enda europeiska anläggningen som oberoende kan bygga upp en egen katalog av rymdobjekt. Systemet är begränsat till att upptäcka objekt större än cirka 1 meter på 1000 km's höjd.

Tracking & Imaging Radar (TIRA) är en vetenskaplig radar i Wachtberg**,** 10 km söder om Bonn i Tyskland. Radarn består av en rörlig parabol med diametern 34 m. TIRA använder 1, 33 GHz och kan upptäcka objekt som är cirka 2 cm på 1000 km's höjd.

Radarsystemet ARMOR finns ombord på det franska örlogsskeppet FS Monge, vars primära uppgift är att stödja franska robottester, se figur 23 nedan. ARMOR kan följa tre mål samtidigt upp till 4000 km's höjd. ARMOR använder sig av frekvensen 5,5 GHz.

Figur 23: Det franska fartyget FS Monge med radarsystemet ARMOR. Courtesy: NetMarine.[84]

Chilbolton utanför Winchester i södra Storbritannien används primärt för forskning. Anläggningen har en parabol med diametern 25 meter och använder frekvensen 3 Ghz.

Även radarsystemet EISCAT, som ligger i norra Skandinavien (bl.a. vid Esrange) samt på Svalbard, skulle också på sikt kunna bidra till en gemensam europeisk rymdlägesbild.

[84] Fotograf G. Rueda, NetMarine, http://www.netmarine.net Källa: http://en.wikipedia.org/wiki/File:FS_Monge.jpg (Kontrollerad 110112).

7.4.2 Optiska system

Det finns många optiska teleskop i Europa som skulle kunna ingå i ett gemensamt SSA. ESA's s*pace debris telescope* på Teneriffa täcker en sektor om ca 120 grader av GEO och har en apertur på 1 meter. Teleskopet kan upptäcka geostationära objekt som är större än ca 15 cm. ZIMLAT/ZimSMART i Zimmerwald, Schweiz, har en apertur på 1 meter och täcker en sektor om cirka 100 grader av GEO. Dess huvuduppgift är astronomi och laseravståndsmätning, men under 40 % av tiden görs kompletterande mätningar till ESA's teleskop på Kanarieöarna. Det franska *Télescopes à Action Rapide pour les Objets Transitoires* (TAROT) ligger 100 km norr om Marseille och har en apertur på 25 cm. Det finns även ett identiskt TAROT-teleskop i La Silla, Chile. Båda systemen är avsedda för att observera den geostationära banan. Det brittiska teleskopet Starbrook på Cypern kan upptäcka objekt i GEO som är 1.5 meter.

7.5 Sammanställning av världens SSA kapacitet

I utgåvan av referensverket *Space Security Index* (SSI) år 2008 ägnades ett helt kapitel åt SSA och frågan om rymdskrot.[85] SSI sammanställde här världens sammanlagda kapacitet av sensorer för SSA. Denna information har vidareutvecklats och bearbetats av författarna i tabell 2 nedan.

Som synes i tabellen (nästa sida) har USA en helt dominerande kapacitet på samtliga SSA-områden. USA innehar såväl radar, optiska som satellitbaserade sensorer samt har i övrigt en heltäckande infrastruktur av datahanteringssystem för att kunna analysera och sprida informationen. Framför allt så är det enbart USA som med hjälp av sitt *Space Surveillance Network* (SSN) har den fylligaste och mest operativa objektkatalog. EU/ESA har synbarligen fått en mycket framträdande position på SSA-området enligt tabellen. I realiteten är dock EU-raden nedan en aggregering av medlemsstaternas samlade och idag okoordinerade nationella sensorer (medlemsländer under EU/ESA-raden i grått). Det bör speciellt noteras att den kapacitet som markerats som U = under utveckling enbart består av de ambitioner som EU Kommissionen, ESA, och EDA har gett uttryck för i olika sammanhang avseende ett integrerat och europeiskt SSA.

Tabell 2: Kapaciteten hos olika länder med avseende på sensorer för rymdlägesbild.
Teckenförklaring: F = Fullt operativ förmåga, D = Delvis operativ förmåga, U = Under utveckling,
* = del av ryska ISON, ** = del av amerikanska SSN.

Land	Optisk sensor	Radar-sensor	Orbital sensor	Global täckning	Centraliserad *Tasking*	Katalog	Offentliga data
Bolivia*	F						
EU/ESA	F	F	U	U	U	U	?
Frankrike	F	F					
Norge**		F					
Spanien* + **	F						
Storbritannien**	F	F					
Tyskland		F					
Georgien*	F						
Indien	F						

[85] *"Space Security 2008"*, Augusti 2008, http://spacesecurity.org (Kontrollerad 110124).

Japan	F	F					
Kina	F	F				?	
Ryssland	F	F				D	
Sydafrika	F						
Schweiz	F						
Tadzjikistan*	F						
Ukraina	F						
USA	F	F	F	D	F	F	D
Uzbekistan*	F						
Amatör-observatörer	F			D	D	D	F

Även om så inte markerats i tabellen så säger sig Kina ha en katalog på cirka 100 objekt i rymden och planerar därtill att utveckla ett eget fullödigt kinesiskt rymdövervaknings-system.[86] På samma sätt har EU/ESA:s avsikter avseende en offentlig objektkatalog ännu inte tydligt klargjorts, varför även detta markerats med ett frågetecken.

Det arbete som amatörobservatörer och enskilda forskare gör för att komplettera de existerande objektkatalogerna ligger lite utanför denna rapports ramar, men som ses i tabellens sista rad gör dessa personer en hel del insatser. Objektkatalogernas tillförlitlighet och floran av olika datatyper, såsom amatörobservatörernas dito, tas delvis upp i nästa kapitel 8 som beskriver tre tänkbara svenska tillämpningar för en nationell rymdlägesbild.

[86] B. Weeden, "*The numbers of the game*", The Space Review, http://www.thespacereview.com/article/1417/2, (Kontrollerad 110124).

8 Svenska tillämpningar av SSA

I detta kapitel demonstreras hur en svensk SSA-kapacitet skulle kunna användas i dagligt praktiskt och operativt arbete. Författarna har analyserat tre olika scenarier med hjälp av ett kommersiellt verktyg. Scenarierna fokuseras mot två militära tillämpningar i form av överflygningsanalyser av ett ubåtsuppdrag och av provområdet i Vidsel. Dessutom analyseras den tidigare beskrivna nära förestående kollisionen mellan satelliten Prisma och en bit rymdskrot. De tre exemplen illustrerar därmed tydligt hur SSA kan användas både för att förebygga hotet från rymdbaserad underrättelseinhämtning (RSP), samt för att hantera hoten mot svensk rymdinfrastruktur (SST). Exemplen belyser därmed också den inneboende *dual-use* karaktären hos SSA.

8.1 Verktyget

Det förmodligen mest etablerade kommersiella företaget som tillhandahåller SSA-mjukvara för rymd-, militär- och underrättelsetjänster är *Analytical Graphics Inc.* (AGI)[87] med deras *Satellite ToolKit* (STK). STK är ett mjukvarupaket som tillhandahåller verktyg för att modellera, analysera och utveckla simuleringar av komplex verksamhet. Tillsammans med *AGI Viewer*, ett gratis visuellt komplement till STK har produkten en såväl civil som militär tillämpning genom realtidsvisualisering av luft-, land-, hav-, och rymdarenan. Ett betydligt enklare alternativ till STK presenteras i bilaga 1, *SSA med hjälp av Google Earth*.

Varje analys eller designprojekt inom STK kallas ett scenario. Inom varje scenario kan man skapa ett valfritt antal satelliter, flygplan, mål, fartyg, kommunikationssystem eller andra objekt. För varje objekt i ett scenario kan man skapa olika rapporter och bilder såväl statiska som dynamiska. Man kan undersöka relativa parametrar, till exempel avstånd mellan ett objekt till ett annat eller tillgång till markstationer för satelliter, samt effekten av realistiska begränsningar för till exempel sensorsystem.

STK är en modulär produkt, det vill säga användaren tillåts lägga till moduler till standarversionen för att utöka vissa funktioner. Standardversionen är STK *Basic Engine* och är gratis till skillnad från utökningen i form av STK *Professional Edition* som exempelvis tillåter 3D visualisering och en mängd andra funktionaliteter. Utöver detta finns en mängd olika moduler, till exempel STK/*Terrain, Imagery and Maps module*, som innehåller globala högupplösta bilder och terrängdata samt STK/*Conjunction Analysis Tools* (CAT) som är ett verktyg för att beräkna passager mellan objekt i rymden, så kallad konjunktionsanalys.

Från ett SSA-perspektiv så innehåller STK verktyg som sträcker sig från att förutsäga och modellera omloppsbanor för rymdskrot, bestämma omloppsbanor för satelliter, utföra konjunktionsanalys och utföra överflygningsanalyser av viktiga områden eller tillgångar. Då STK är ett av de mer etablerade verktygen på området har vi valt att använda detta för att analysera de konkreta tillämpningarna av en svensk SSA-kapacitet.

8.2 Befintliga datakällor

Innan analysen av de olika scenarierna beskrivs så behöver en beskrivning göras av de befintliga data för objekts omloppsbanor som finns idag. Dessa data utgör basen för den kommande analysen i form av grundförutsättningar för modelleringen av satellitbanorna i STK.

Obevekligen så besitter den amerikanska militären den främsta tillgången av data över objekt i rymden. Med hjälp av USA:s sensornätverk SSN, beskrivet tidigare i kapitel 7,

[87] Presentation av AGI och STK: http://www.agi.com/ (Kontrollerad 101205).

upprätthåller *Joint Space Operations Center* (JSpOC) en aktuell och datoriserad katalog (*Space Catalog*) över alla konstgjorda objekt i omlopp. Delar av USA:s katalog släpps för allmänheten via websiten *Space-Track* som är den portal som används av till exempel satellitoperatörer för att hämta hem positionsdata för satelliter. Dataformatet på *Space-track* är i form av *Two-Line-Elements sets* (TLE's) som beskriver ett objekts omloppsbana. TLE's kan användas för att analytiskt eller numeriskt beräkna positionen för en satellit eller annat rymdobjekt vid en viss tidpunkt. Den databas som används i STK är JSpOC:s offentliga katalog och den kan uppdateras online inifrån STK. Det är också möjligt att uppdatera till en tidigare version av katalogen.

Men rymdövervakning är inte begränsad till regeringar eller militära organisationer. Det största optiska teleskopnätverket för rymdövervakning är *International Scientific Optical Network* (ISON) och består av 25 vetenskapliga och akademiska instrument på 18 olika platser som förvaltas av ryska vetenskapsakademin (*Russian Academy of Sciences*).

Även om JSpOC innehar den bästa katalogen, främst på grund av omfattningen av deras sensornätverk, noggrannheten och kvalitetsstandarden för deras data, samt tiden som läggs ner för att bibehålla katalogen, så finns det utrymme för förbättringar. Framför allt så har JSpOC:s offentliga katalog inte samma noggrannhet som deras egna interna katalog, utan är relativt dålig i jämförelse med vad de använder för sina egna interna analyser. Dessutom finns det åtminstone 6000 objekt som är kända av JSpOC men som inte är registrerade i *Space-Track* eftersom objekten inte kunnat kopplas till en källa (ansvarig nation).

Enbart det faktum att USA i princip är den enda nation som har en i stort sett fullständig bild av vad som finns i rymden - och dessutom är den enda nation som har en öppen delgivning av data vilket innebär att den allmänt accepterade rymdlägesbilden beror på USA:s goda vilja - är i sig ett argument för att ta initiativ till att bygga upp en egen oberoende europeisk katalog över objekt i rymden.

8.3 Ubåtsjakt med satellit

8.3.1 Satellitbaserad spaning

Ubåtar i ytläge kan enkelt upptäcktas av de sensorsystem som finns på dagens moderna spaningssatelliter. För att få detaljerad information av militära installationer, utrustning, truppers position och aktiviteter, eller annan bildunderrättelse används information från bland annat bildspaningssatelliter eller på engelska *Image Intelligence Satellites* (IMINT *Satellites*). Dessa satelliter flyger i låga, ofta polära banor och gör flera varv runt jorden per dag vilket innebär att man kan kartlägga stora områden av planetens yta. Det finns såväl optiska system som radarsystem som levererar högupplösta och/eller översiktsbilder. För spaning med radarsensorer är en effektiv avbildningsteknik det som kallas *Synthetic Aperture Radar* (SAR) där högupplösta bilder skapas genom signalbehandling av de mottagna signalernas magnituder och faser. Fördelen med radartekniken är att den inte är ljus- och väderberoende, det vill säga spaningen kan utföras även under nattetid och under molniga förhållanden. Moderna militära SAR-system har troligen en upplösning på några decimeter. För mer ingående information om hur satellitavbildning sker, både optiskt och med radar hänvisas till Ekblad, 2005[88].

Vad gäller spaning efter ubåt med satellit så kan en ubåt i ytläge naturligtvis upptäckas genom att analysera bilder från förbipasserade satelliter. Utöver de militära spanings-satelliterna så finns också ett stort antal kommersiella så kallade jordobservationssatelliter med en hög sensorprestanda som är mer än tillräcklig för att upptäcka en ubåt i ytläge. Ett exempel på kapaciteten av de kommersiella systemen ses i figur 24 nedan som sägs

[88]Ulf Ekblad. "*Elementa om rymdteknik*", Stockholm, FOI, mars 2005, FOI-R--1594--SE.

avbilda Kinas nya Jin-klass ubåt.[89] Bilden registrerades av den kommersiella satelliten *Quickbird* i mitten av 2007.

Figur 24: Ett exempel på kapaciteten hos kommersiella satelliter. Två kinesiska ubåtar enligt bedömningen i en ny ubåtsklass observerades vid Bohai-hamnen i Huludao ungefär 400 km öster om Peking. Copyright: FAS Strategic Security Blog.

En betydligt större utmaning är spaningen efter ubåtar i undervattensläge. Ända sedan 70-talet har det spekulerats om befintliga tekniker att upptäcka ubåtar under ytan med satelliter, samt att sådana system är under utveckling.[90] Det finns flera oceanografiska fjärranalystekniker för att upptäcka ubåtar i undervattensläge.[91] Därvid skiljer man på två olika metoder, direkt och indirekt upptäckt. Direkt upptäckt innebär lokalisering av själva ubåtens fartygsstruktur medan den indirekta metoden involverar registreringen av störningar i havsmiljön i samband med en ubåts framfart under ytan.

Indirekt upptäckt kan ytterligare delas upp i fysiska yteffekter, optiska effekter och termiska effekter. De fysiska yteffekterna skapas av vaken som bildas från ett rörligt fartyg. Flera vakrelaterade fenomen kan vara möjliga att upptäcka på ytan med hjälp av satellitbaserade spaningssensorer, allt från den V-formade vaken bakom ett fartyg till den karakteristiska vattenpuckeln som skapas av en ubåt som åker med hög fart under ytan (så kallad *Benoulli hump*). Många av effekterna avtar dock snabbt med ökat djup och minskad hastighet. Den mest realistiska upptäcktsmetoden tros vara detektion av yteffekterna från de interna vågorna som skapas av ubåtens framfart under ytan. Detta sker med hjälp av SAR-teknik. Förutom fysiska yteffekter finns även optiska fenomen och termiska effekter relaterade till ubåtar i undervattensläge som potentiellt ligger till grund för detekteringsmetoder.

Vare sig det handlar om spaning med satellit av ubåtar över eller under ytan, direkta eller indirekta metoder så demonstrerar ovanstående resonemang att det är viktigt att ha tillgång

[89] Upptäckten av ubåtarna gjordes av H. M. Kristensen den 5 juli 2007 med hjälp av *Google Earth,* http://www.fas.org/blog/ssp/2007/10/two_more_chinese_ssbns_spotted.php (Kontrollerad 110124).
[90] H. P. Nguyen, "*Submarine Detection from Space - A study of Russian Capabilities*", Studies in Military Science and Strategy, United States Naval Institute, Annapolis, Maryland, 1993.
[91] G. G. Wren and D. May, "*Detection of submerged vessels using remote sensing techniques"*, Australian Defence Force Journal, no. 127, nov/dec 1997.

till en aktuell rymdlägesbild när man planerar ett uppdrag med ubåt för att minimera risken att röjas av eventuella hot i form av överflygande sensorer. För att illustrera detta har vi använt verktyget STK för att bygga upp ett fiktivt ubåtsuppdrag och analysera de tids- och rumsintervall under vilka man riskerar att bli upptäckt av ett antal utvalda satelliter - en så kallad överflygningsanalys.

8.3.2 Scenario 1 - ubåtsjakt

I det fiktiva uppdraget utgår Första ubåtsflottiljen med HMS Gotland från Karlskrona för ett cirka 14 dagar långt internationellt spaningsuppdrag i Medelhavet. Medelhavet är till skillnad mot Östersjön relativt klart vilket innebär att man bör iaktta försiktighet även när man befinner sig relativt nära ytan eftersom siktdjupet kan vara upp till 10 meter. De svenska ubåtarna har dock en god uthållighet i undervattensläge vilket innebär att det förefaller relativt osannolikt att bli upptäckt i ytläge av förbipasserande satelliter. Behovet av en aktuell rymdlägesbild är icke desto mindre viktig då ubåten kan tvingas till grunda djup under en nödsituation eller för att sända meddelanden via HF-radio. Dessutom finns det andra aspekter som begränsar ubåtens djupläge, till exempel tillåter inte alltid djupet i engelska kanalen undervattensläge. Utöver detta finns även risken att bli upptäckt i undervattensläge genom detektion av ubåtens yteffekter, framförallt med högupplöst SAR-teknik.

Tabell 3: Satellitsystemen som är representerade i scenariot *Ubåtsjakt med satellit*. Synfältet anges i kilometer medan upplösningen anges i meter inom parantes.

Satellitsystem		Teknik	Synfält i km (upplösning i m)			Operatör	Ägarland
			Spotlight	*Stripmap*	*ScanSAR*		
Militära	SAR-LUPE	SAR	5.5 (0.5)[92]	8x60 (1)	-	Bundes-wehr	Tyskland
	Cosmo-SkyMED	SAR	10x10 (1)[92]	40x40 (3-15)	100x100 (30)	ASI	Italien
	Helios 2	optisk	- (~0.5[93, 94])			CNES	Frankrike
Civila	TanDEM-X	SAR	5-10x5 (1)[95]	30x50 (3)	100x150 (18)	DLR	Tyskland
	TerraSAR-X	SAR	5-10x5 (1)[95]	30x50 (3)	100x150 (18)	DLR	Tyskland
	GeoEye-1	optisk	15.2 x15.2 (0.41)[96]			GeoEye	USA

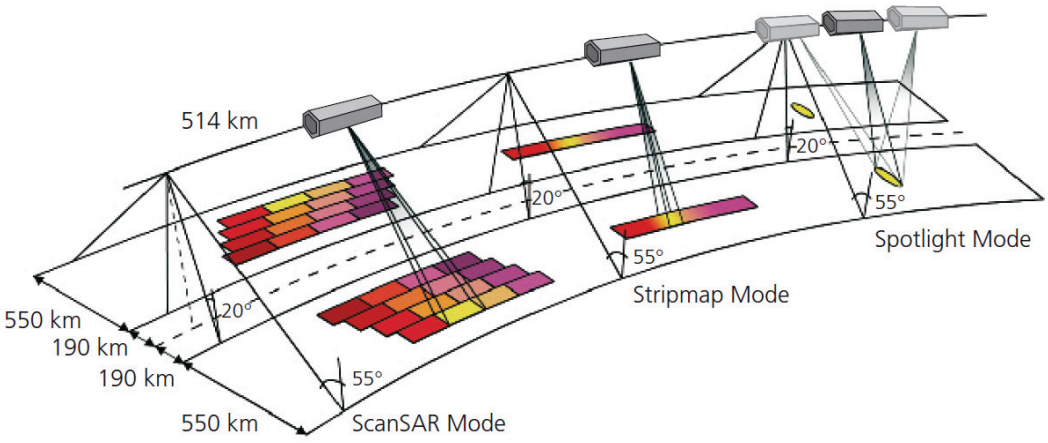
Satellitsystemen i detta scenario är utvalda för att vara representativa för en realistisk uppsättning militära spaningssatelliter under ett uppdrag. Informationen om många militära spaningssatelliter (amerikanska, ryska) är dock inte tillgänglig i JSpOC:s publika databas. Därför behandlar vi här de tillgängliga militära satelliterna kompletterat med relevanta civila system för att illustrera vilken information som kan erhållas från en överflygningsanalys. De militära systemen är i scenariot representerade av de tre nuvarande europeiska operativa militära spaningssatelliterna, det franska Heliossystemet, tyska SAR-Lupe och italienska Cosmo-SkyMED. Utöver de militära spaningssatelliterna har vi även inkluderat tre liknande civila system, tyska TerraSAR-X och TanDEM-X samt

[92] S. Lange, "*Technology-SAR-Lupe satellites launched*", http://www.swp-berlin.org/common/get_document.php?asset_id=4631 (Kontrollerad 101111).
[93] T. Hitchens, "*Military Satellites 2006-International Satellite Innovation and Cooperation*", April 18, 2006, http://www.cdi.org/pdfs/microsat%202006.pdf (Kontrollerad 110124).
[94] Upplösningen på Helios-2 systemen är hemligstämplade. Uppgiften om upplösningen är därför bedömd enligt den allmänna uppfattningen om systemet.
[95] http://www.infoterra.de/terrasar-x-satellite (Kontrollerad 110124).
[96] http://launch.geoeye.com/LaunchSite/about (Kontrollerad 110124).

amerikanska GeoEye-1. De representerade satellitsystemen i scenariot är sammanfattade i tabell 3 ovan.

Förutom en noggrann beräkning av satelliternas banor är det av stor betydelse att veta vilket synfält, eller stråkbredd, samt upplösning respektive system besitter. SAR sensorer opererar vanligen i tre olika moder enligt figur 25 nedan:

- **ScanSAR mode**, satelliten sveper över ett stort vinkelområde vilket innebär att man får stor översikt på bekostnad av upplösningen.
- **Stripmap mode,** satelliten behåller en fix riktning över jorden och avbildningen sker genom att satelliten rör sig över jordens yta. Avbildningen blir kontinuerlig på marken dit sensorn pekar.
- **Spotlight mode**, satelliten roterar för att hålla antennen mot ett specifikt mål för att förbättra upplösningen. Den här metoden gör att avbildningen på marken inte sker i ett kontinuerligt band utan kommer att vara beroende av hur man flyttar sensorn under satellitens färd.

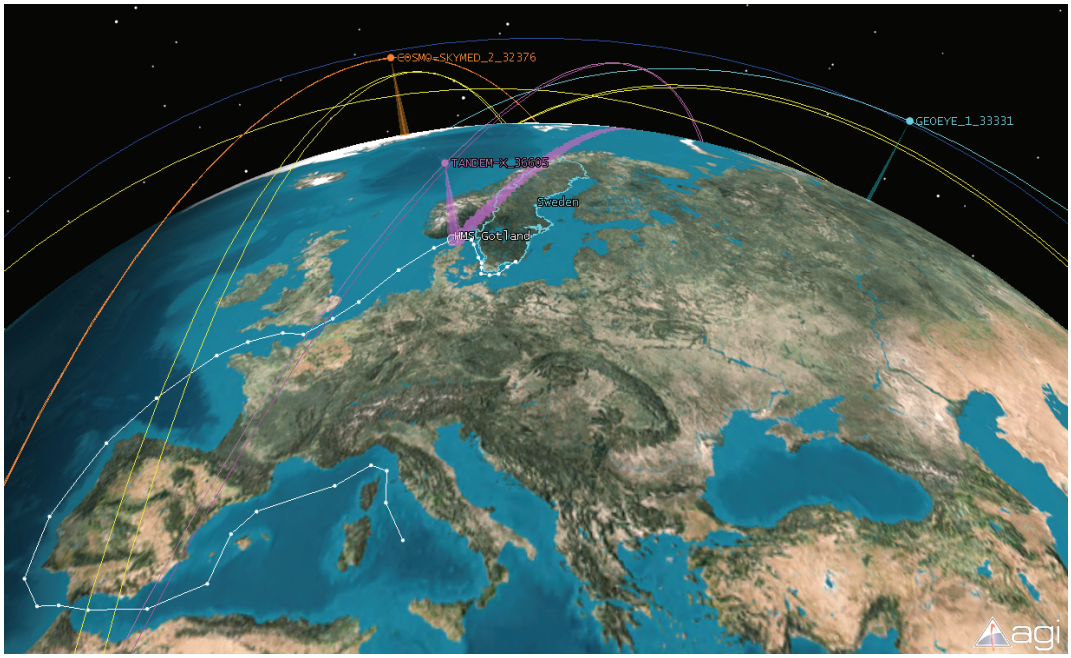


Figur 25: Illustration av olika SAR-moder för TerraSAR-X. Credit: DLR.[97]

Utöver dessa finns även en mängd andra moder vilka vi inte behandlar i den här studien. Synfältet i kilometer och upplösningen i meter för de olika moderna för SAR komponenterna är givna i tabell 3 ovan. För de optiska komponenterna ger vi synfältet och upplösningen för de mest högupplösta fotografierna.

Figur 26 nedan ger en översiktsbild av scenariot såsom det byggts upp med hjälp av STK. HMS Gotlands sträckning under uppdraget är markerat med en vit linje och vita prickar. Satellitbanorna är representerade med olika färger. För att illustrera en överflygning har vi valt en tidpunkt då ubåten befinner sig mitt i synfältet av TanDEM-X's sensor när den är programmerad att vara riktad rakt ner mor jordytan. Sensorns avbildningspår (bildstråk) längst satellitens bana är även det illustrerat med ett cerise-färgat band på jordytan.

[97] Bild från DLR: http://www.dlr.de/eo/en/DesktopDefault.aspx/tabid-6164/10082_read-16050/gallery-1/gallery_read-Image.1.8182 (Kontrollerad 101214).



Figur 26: Översiktsbild över det fiktiva ubåtsuppdraget. Den vita prickade linjen representerar ubåtens färdväg. De valda satelliternas banor är representerade med olika färger, GeoEye-1 i blått, TanDEM-X i ljusrosa, TerraSAR-X i mörkrosa, Cosmo-SkyMED konstellationen i orange samt SAR-LUPE konstellationen i gult. Tiden i simulationen är vald för en period då HMS Gotland är i TanDEM-X sensors synfält. Bilden är producerad med STK.

8.3.3 Analys

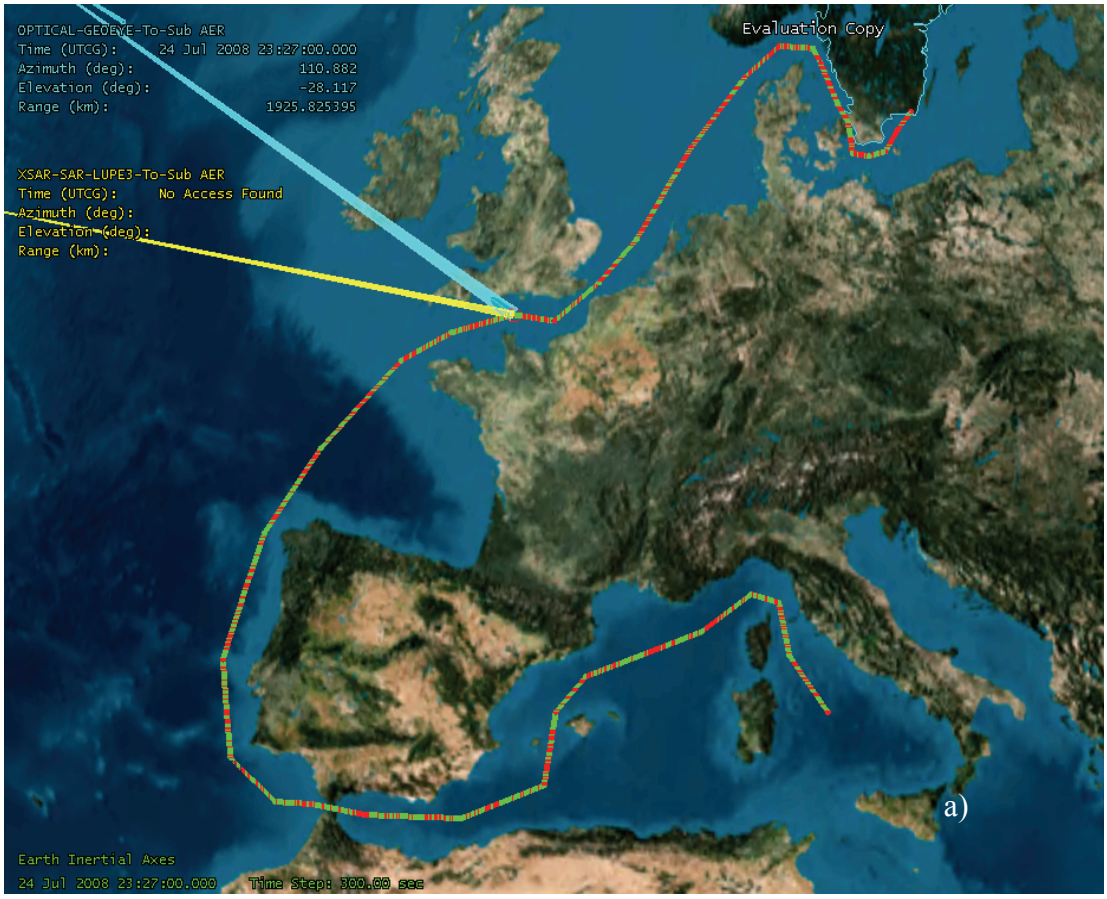
För att upptäcka och speciellt för att identifiera en ubåt från en satellit krävs det en sensor med hög upplösning, framförallt för upptäckt i undervattensläge då yteffekterna måste urskiljas i avbildningen av vattenytan. Det betyder att de SAR-sensorer vi har valt måste operera i minst *spotlight mode* för spaning av en ubåt i undervattensläge och minst *stripmap mode* för observation av ubåtar i ytläge. För att genomföra en korrekt överflygningsanalys behövs således en korrekt beskrivning av sensorernas prestanda i form av både synfält/stråkbredd och upplösning samt hur sensorns riktning är programmerad. Eftersom vi inte har någon information om sensorns pekriktningar så har vi analyserat två olika delscenarier:

a) Analys under antagandet om att motståndaren har en *a priori* kunskap om var ubåten befinner sig och kan rikta sina sensorer i *spotlight mode* mot det specifika området.

b) Analys då SAR sensorerna går i *stripmap mode* och sensorn har en fix riktning och pekar rakt ner mot jordytan.

Figur 27a och 27b nedan redovisar resultatet av överflygningsanalysen längs ubåtens sträckning för respektive scenario. Rött betyder att det finns en möjlighet att någon av satelliternas sensorer kan upptäcka ubåten vid den specifika platsen under uppdraget och grönt betyder att ingen satellit/sensor har möjlighet till avbildning när ubåten befinner sig i det området under uppdraget.

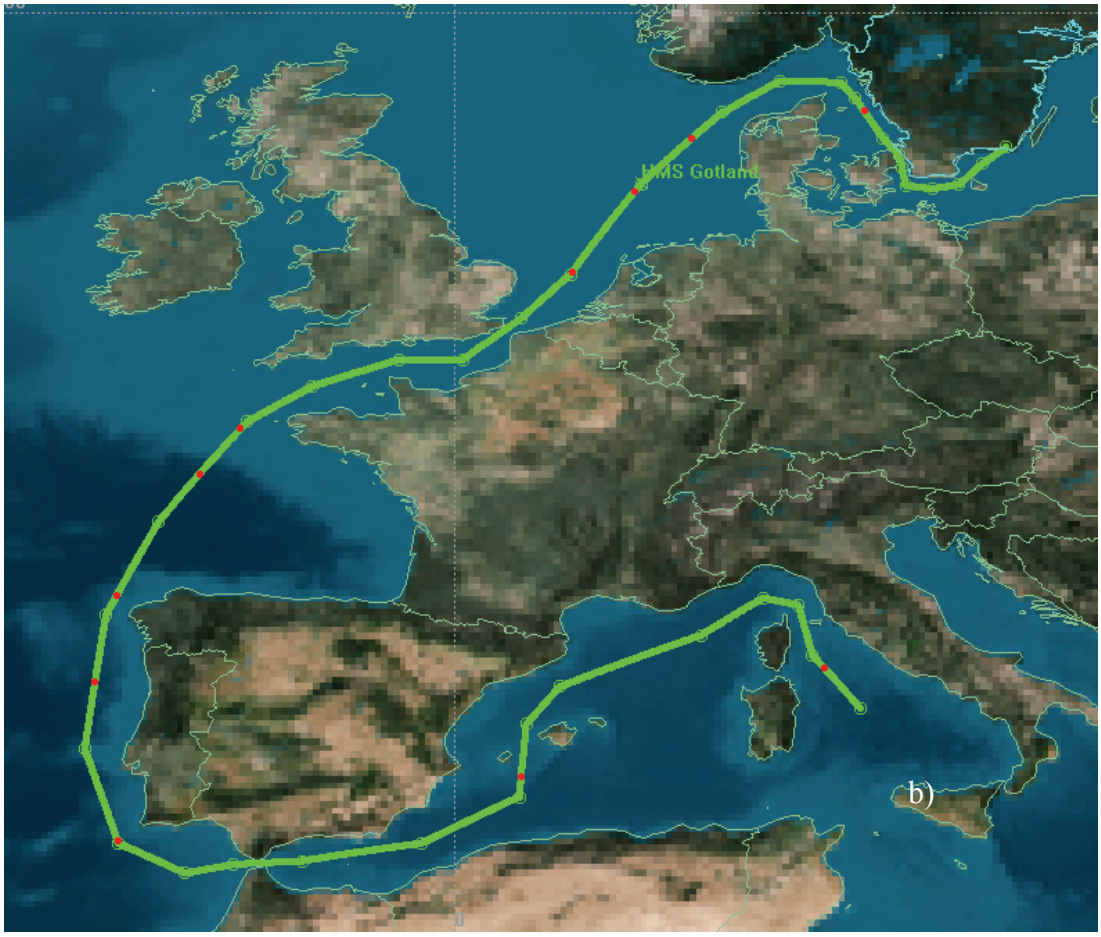
Den första bilden för scenario 1a) visar en tidpunkt nattetid (23:27 UTC) då två sensorer är riktade rakt mot ubåten, en optisk på Geoeye-1 samt en SAR-sensor på SAR-Lupe 3. Eftersom ubåten befinner sig i mörker är det bara radarsensorn som har möjlighet till avbildning vid detta tillfälle.



Figur 27a: Överflygningsanalys längs HMS Gotlands sträckning för scenario 1a) presenterat ovan. Det vill säga motståndaren har a priori kunskap om ubåtens position. Rött anger risk för upptäckt och grönt betyder att ingen risk för upptäckt finns. Bilden är producerad med STK.

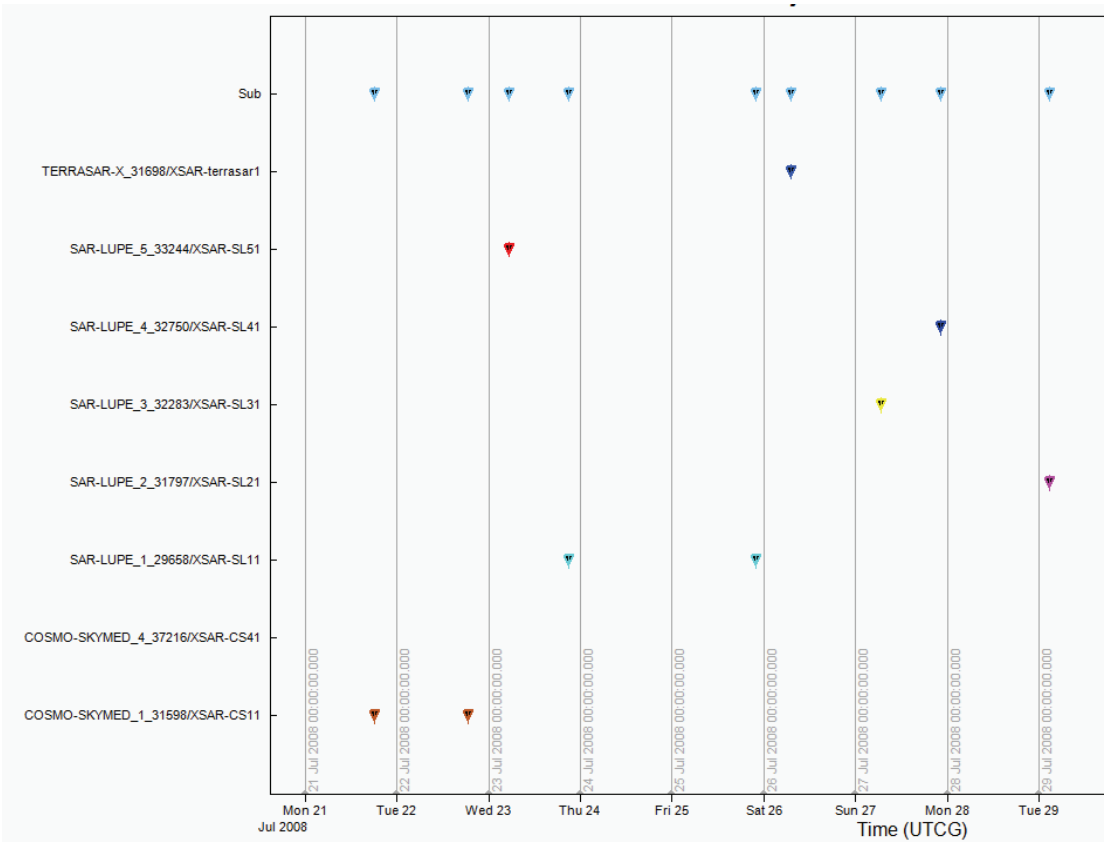
Det är tydligt att när man definierar om sina sensorer från scenario 1a) till scenario 1b) får man trots ett ökat bildstråk i *stripmap mode* en väldigt begränsad tillgång till ubåten med en fix sensorriktning. Från tillgång till avbildning i princip längs hela sträckningen i scenario 1a) reduceras det till endast 11 korta (några sekunder) tidsintervaller för scenario 1b). Exemplet demonstrerar tydligt att informationen om i vilket område målet befinner sig är avgörande när det gäller ubåtsjakt med satellit.

Den verkliga risken för upptäckt ligger förmodligen någonstans mellan scenario 1a) och scenario 1b) då man med största sannolikhet använder sig av en kombination av *stripmap* (och/eller *scanSAR mode*) och *spotlight mode*, inklusive annan tillgänglig information, för att spana efter ubåtar eller andra rörliga mål. *Stripmap mode* för att få översiktsbilder över en större area som används för att kunna programmera sensorns riktning till *spotlight mode* för att få högupplösta bilder av det intressanta målet.



Figur 27b: Överflygningsanalys längs HMS Gotlands sträckning för scenario 1b) presenterat ovan. Det vill säga motståndaren har ingen kunskap om ubåtens position och sensorerna pekar därmed rakt ner. Rött anger risk för upptäckt och grönt betyder att ingen risk för upptäckt finns. Bilden är producerad med STK.

Förutom informationen om var längs ubåtens färd det föreligger risk för upptäckt så är det också av vikt att få information om de tidsintervall under uppdraget då risk för upptäckt föreligger. Med den informationen kan man planera det kommande uppdraget på ett sådant sätt att man minimerar risken för upptäckt av överflygande satelliter, t.ex. vad gäller sträckning, hastighet eller tiden för uppdragets start. Även detta kan beräknas med STK och resultaten för de första dagarna av uppdraget enligt scenario 1b) visas i Figur 28. Förutom denna grafiska representation så kan man generera en rapport med start- och stopptider för det tidsintervall då de valda sensorerna har möjlighet till avbilning av ubåten eller dess yteffekter. I bilaga 4 *STK rapporter* redovisas dessa tidsintervall i detalj.



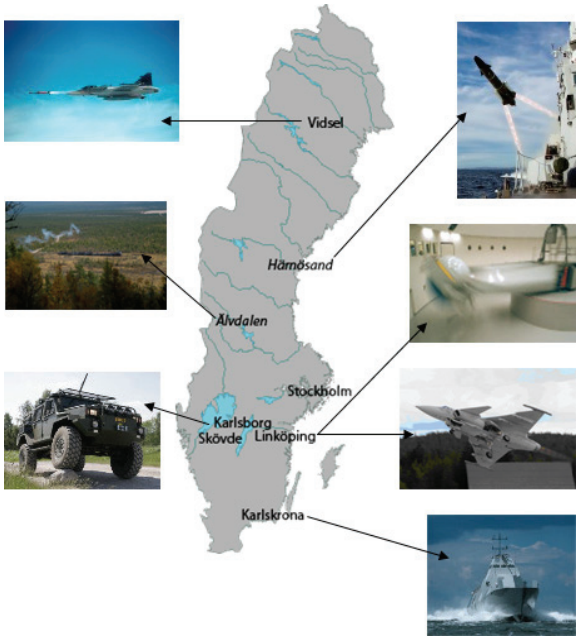
Figur 28: Tidsintervall för den sensorkonstellation som definierats i scenario 1b), det vill säga i *stripmap* mode och fix riktning av sensorerna. Prickarna visar när satelliterna hade möjlighet till avbildning av ubåten under uppdragets första dagar. Blå prickar högst upp sammanställer samtliga tidpunkter. (Tabellen är klippt i dess högerkant). Bilden är producerad med STK.

8.4 Underrättelseinhämtning vid prov och försök

8.4.1 Prov och provområden

FMV utför testning och utvärdering av tekniska system för Försvarsmakten vid sina faciliteter i Vidsel, Karlsborg, Skövde, Linköping och i Karlskrona, se figur 29. Här utvärderas och testas allt från missil och UAV system (Vidsel) till minjakter, ubåtar och fartygsburna helikoptrar (Karlskrona).

På samma sätt som för exemplet med ubåtsuppdraget är det naturligtvis av största vikt att utföra en överflygningsanalys inför testning eller utvärdering av känsliga eller hemliga system. I det här fallet är övervakningsområdet dessutom fixt positionerat vilket innebär att man enkelt kan rikta sina satellitsensorer till att spana på det valda området. I det här exemplet har vi utfört en överflygningsanalys över FMV:s testområde i Vidsel under en period av internationella tester.



Figur 29: Illustrativ karta över FMV:s test och utvärderingsfaciliteter i Sverige. Bild med tillstånd från FMV.

8.4.2 Scenario 2 - underrättelseinhämtning

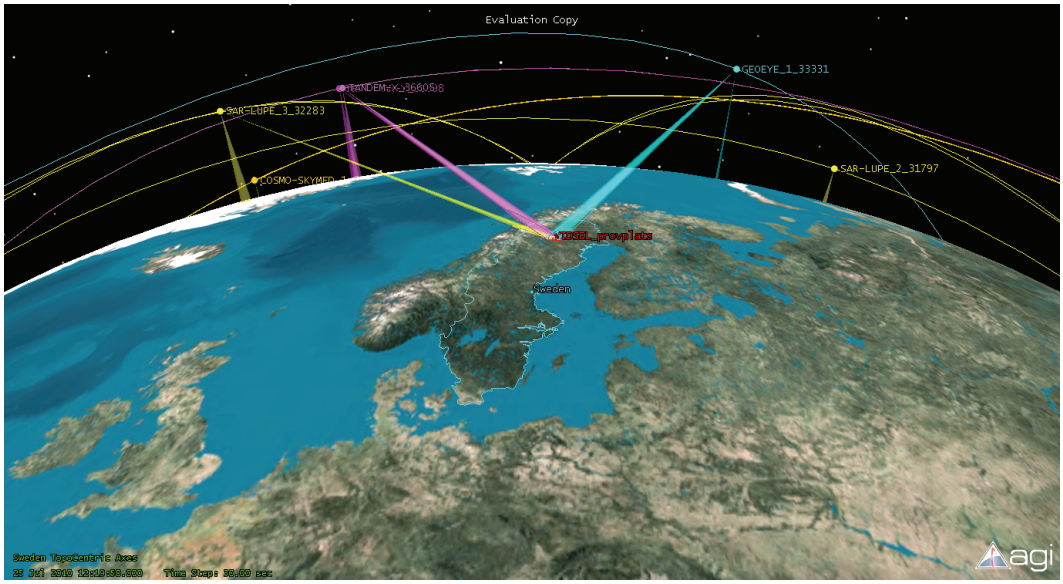
I det här scenariot har vi valt att utföra en överflygningsanalys under ett dygn under ett fiktivt internationellt test den 25 juli år 2010. Provplats Vidsel har haft en rad internationella kunder och intresset fortsätter att växa. En omdebatterad internationell övning ägde rum i månadsskiftet juli/augusti i år då över 200 utländska gäster och ett 20-tal flygplan från den europeiska delen av *US Airforce* övade bombfällning på övningsområdet i Vidsel.[98,99] Ett annat exempel på FMV:s internationella tester är provkampanjen av radarjaktroboten *Amraam* som utfördes i testområde Vidsel i augusti 2006.[100] Hela åtta nationer var inblandade under provskjutningarna samt tillverkaren *Raytheon*. Utöver Sverige deltog även Danmark, Finland och Storbritannien samt Turkiet med egna plan, personal och utrustning. Därtill provsköt Spanien luftvärnsversionen av *Amraam*, kallad *Nasams*. USA och Grekland deltog med personal från företag som tillverkade delar till *Amraam*.

Ovanstående scenario är således valt ur perspektivet att det illustrerar provplatsens intresse för utländska kunder vilket i sin tur ställer mycket höga krav på säkerhet, kvalitet och flexibilitet. En viktig aspekt är graden av sekretess som ställs under provens utförande. Vid tester av material som av någon anledning bör hemlighållas är det därför av största vikt att inför planeringen av övningen eller testerna att utföra en överflygningsanalys med de satelliter och sensorer som har möjlighet samt intresse av att avbilda provet. Med hjälp av resultatet från överflygningsanalysen kan man sedan optimera sitt försök och minimera risken för avbildning under ett känsligt skede av operationen.

I det här scenariot analyserar vi under vilka tidsintervall samma uppsättning satelliter som användes i exemplet med ubåtsuppdraget har möjlighet att avbilda testområdet Vidsel från och med 25 juli 11:00 och ett dygn framåt. Det bör tilläggas att den franska optiska spaningssatelliten Helios-2 inte längre finns med i den allmänna TLE katalogen tillhanda-

[98] http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=3839740 (Kontrollerad 110124).
[99] http://www.fmv.se/WmTemplates/page.aspx?id=5213 (Kontrollerad 110124).
[100] PROTEC, nummer 4, 2006, http://www.fmv.se/upload/Bilder%20och%20dokument/Publikationer/Informationsmaterial/PROTEC/protec04_06.pdf (Kontrollerad 110124).

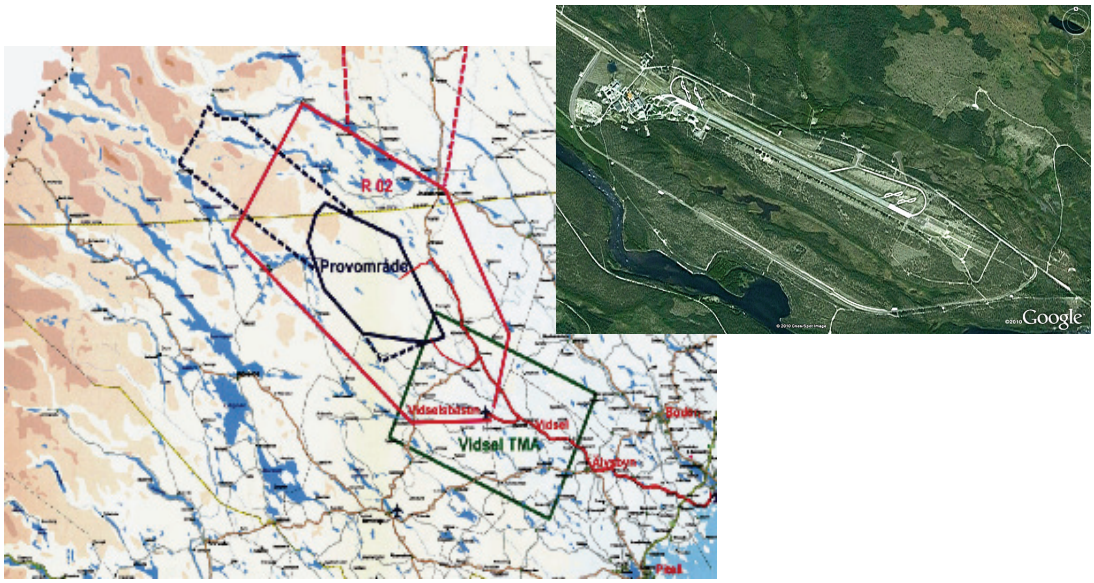
hållen av AGI vid tidpunkten. En översikt över scenariot visas i figur 30 nedan då tre av satelliternas sensorer är riktade mot området Vidsel.



Figur 30: Översiktsbild för överflygningsanalysen av Vidsel. Vidsels testområde är markerat med rött. De valda satelliternas banor är representerade med olika färger, GeoEye-1 i blått, TanDEM-X i ljusrosa, TerraSAR-X i mörkrosa, Cosmo-SkyMED konstellationen i orange samt SAR-LUPE konstellationen i gult. Tiden för simulationen är vald i en period då tre av satelliternas sensorer är riktade mot Vidsel. Bilden är producerad med STK.

8.4.3 Analys

För den här analysen har vi valt att definiera radarsensorerna enbart i *Spotlight mode* som tidigare beskrevs i samband med ubåtsexemplet, det vill säga satelliten fokuserar sin registrering mot Vidsels övningsområde för att maximera upplösningen. Vidselområdet har definierats från FMV:s karta över test- och övningsfältet, se figur 31 nedan.

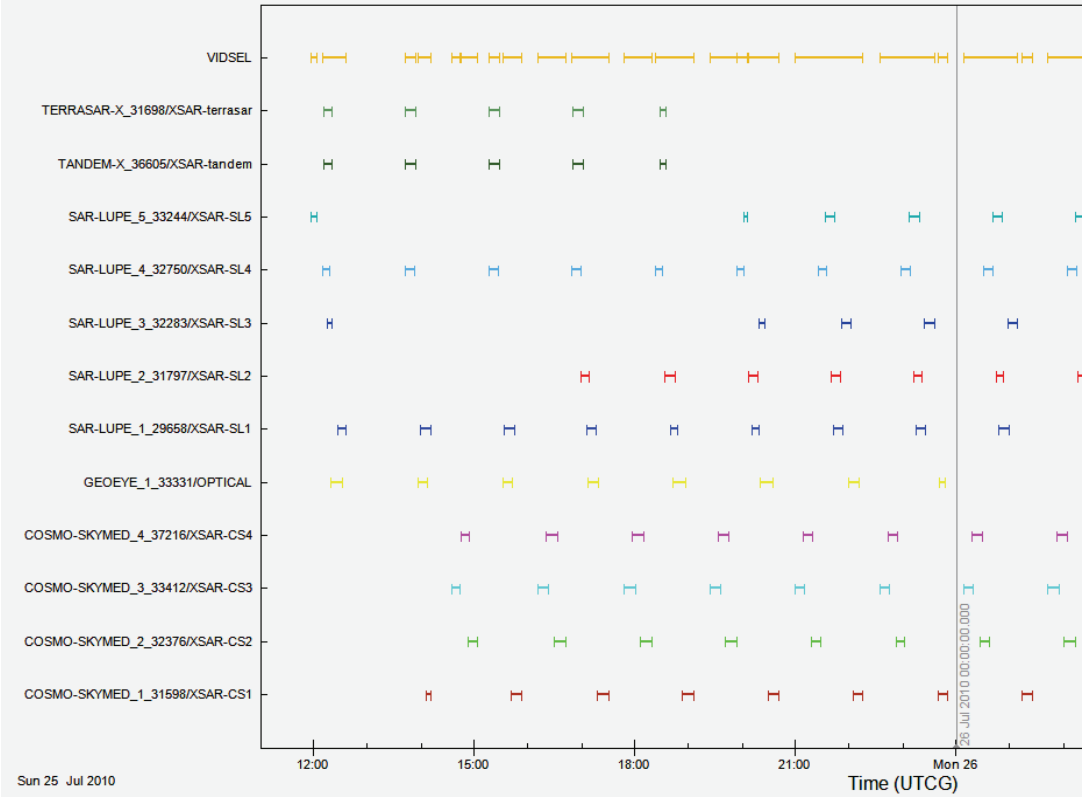


Figur 31: Karta över FMV:s provplats Vidsel, själva provområdet är markerat med blått.[101] Infälld färgbild är en satellitbild från Google Earth av Vidsels flygplats.

[101] Bild med tillstånd från FMV, erhållen 2010-11-29.

Resultatet från överflygningsanalysen visas i figur 32 nedan i form av ett diagram med tiden för provet under 25 juli på x-axeln och sensortillgång till området i form av färgade horisontella staplar för respektive sensor. Högst upp i diagrammet visas den sammanlagda tiden då någon av sensorerna i den valda konstellationen hade åtkomst till området. Diagrammet återfinns även i tabellform i bilaga 4 *STK rapporter*. Utifrån analysen som ligger till grund för diagrammet och tabellen i bilagan är det möjligt att i förväg planera vissa känsliga delar av provet under de tidsintervall då ingen av sensorerna i den valda konstellationen har tillgång till avbildning av området, t.ex. mellan 12:00 och 13:00 UTC i början av operationen.

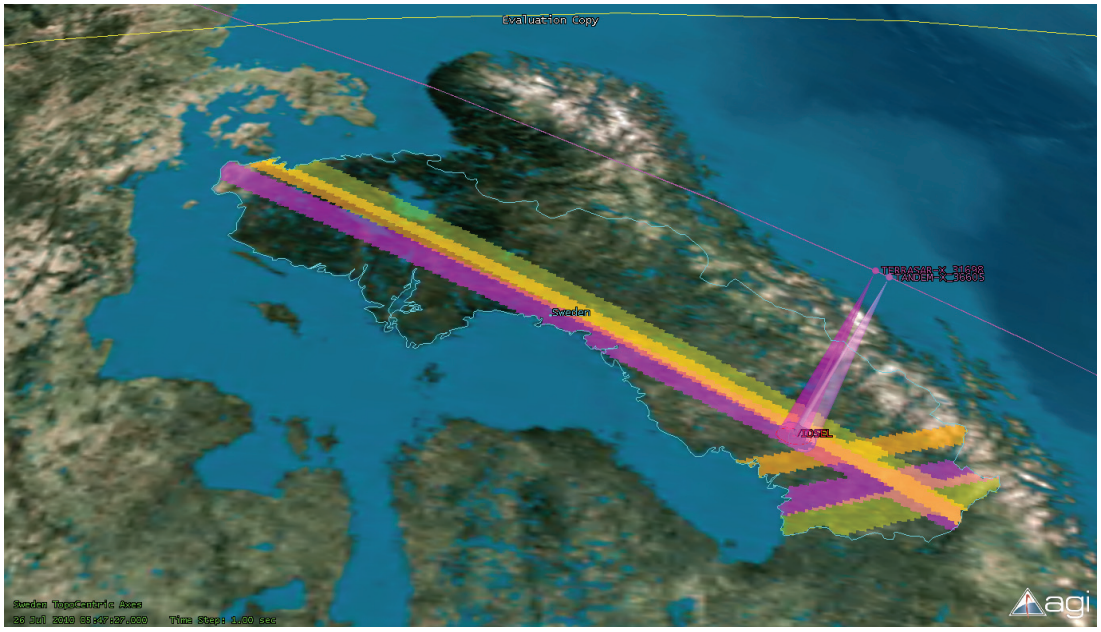
Som framgår av figur 32 så har även ett ganska litet urval av satellitsensorer tillgång till området under majoriteten av uppdragets längd. Med tanke på den uppsjö av spaningssatelliter och jordobservationssatelliter som befinner sig i bana runt jorden så illustrerar det här exemplet att man bör vara medveten om att det finns mer eller mindre konstanta övervakningsmöjligheter från de sammanlagda förmågorna i rymden. Därför kan man använda resultatet från överflygningsanalysen till att välja de mest optimala tidsintervallen för sin övning utifrån speciellt valda sensorer som anses utgöra en säkerhetsrisk under övningen, det vill säga man utgår inte från de gula staplarna för den sammanlagda tidsåtkomsten till området utan de individuella staplarna för respektive sensor.



Figur 32: Tidsintervall då den valda sensorkonstellationen hade möjlighet till avbildning av test- och övningsområdet Vidsel under ett dygn i slutet på juli 2010. Gula staplar högst upp sammanställer samtliga satelliter. (Tabellen är klippt i dess högerkant). Bilden är producerad med STK.

Figur 33 nedan illustrerar de bildstråk över Vidselområdet som sensorkonstellationen utgör i *Stripmap mode*, dvs. då sensorn har en fix riktning och bildar ett kontinuerligt bildstråk över markytan. I detta fall minskar antalet avbildningsmöjligheter kraftigt, endast fyra sensorer har bildstråk som korsar Vidselområdet under övningen, TerraSAR-X, Tandem-X (illustrerade i bilden med rosa stråk) samt Cosmo-SkyMED 3 (orange stråk)

och SAR-Lupe 3 (gult stråk). I det här fallet är det dock mer sannolikt att man riktar sina sensorer mot det fixa och kända området i det fallet att man vet att någonting av intresse pågår där. Med rörliga mål, som i ubåtsexemplet, är det en större utmaning att veta vart och hur man ska rikta sina sensorer.



Figur 33: Fasta bildstråk över test- och övningsområdet Vidsel under ett dygn för sensorerna i tabell 3 sidan 65. Bilden är producerad med STK.

8.5 Nära kollision med svensk satellit

8.5.1 Rymdskrot ett miljöproblem

Rymdskrot är ett snabbt växande problem för dagens rymdnationer. Vissa delar av rymdskrotet härrör från bitar som lösgjorts vid uppskjutningarna av satelliter, andra delar från sönderbrutna satelliter. Icke fungerande satelliter, förbrukade raketdelar och andra fragment från aktiv rymdverksamhet skräpar också ner rymden nära jorden och utgör en risk för såväl astronauter som infrastruktur. De två största bidragen till nedskräpningen utgörs av oförutsedda kollisioner och medveten förstörelse med hjälp av anti-satellitvapen.

Sedan uppskjutningen av Sputnik år 1957 har mer än 4 500 raketer sänts ut i rymden vilket har resulterat i att det idag finns cirka 600 000 objekt med en diameter på mellan en och tio centimeter i bana runt jorden.[102] Då en kollision med en bit rymdskrot på en centimeter motsvarar att träffas av ett bowlingklot i 100 kilometer i timmen utgör rymdskrot otvivelaktigt ett av de största hoten mot resurserna i rymden och nyttjandet av rymd-tjänster.

Under de senaste åren har några incidenter demonstrerat vikten av att ha en bra lägesbild av rymden för att kunna skydda värdefull rymdinfrastruktur. I februari 2009 krockade den amerikanska kommunikationssatelliten Iridium 33 och den ryska COSMOS 2251 med varandra med en hastighet av 35 000 kilometer i timmen. Medan den gamla ryska satelliten var inaktiv användes Iridiumsatelliten för fullt i företagets satellittelefoninätverk. Kollisionen fick inte bara konsekvenser i form av en drastisk ökning av rymdskrot utan innebar även stora kostnader för företaget Iridium. Förutom tillfälligt nedsatt funktionalitet

[102] http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/ (Kontrollerad 110124).

i telefoninätverket krävdes att en ersättare till den förstörda satelliten placerades ut till en kostnad av flertalet miljoner dollar.

I väntan på en effektiv metod att bli av med rymdskrot är tills vidare den enda metoden att undvika skrotet. För att garantera säkerheten för sina tillgångar i rymden krävs således en robust kunskap om vilka objekt som befinner sig i rymden med hjälp av en objektkatalog. Det inkluderar detaljerad förståelse om alla objekt, aktiva såväl som inaktiva, utbrända raketsteg och annat rymdskrot, objekt som är manövrerbara eller icke manövrerbara. När man har en fullständig objektkatalog så är det nödvändigt att regelbundet utföra en så kallad konjunktionsanalys för hela databasen, dvs. en analys som letar efter passager mellan två objekt i rymden som kommer tillräckligt nära varandra för att riskera att kollidera.

8.5.2 Scenario 3 - konjunktionsanalys

Den 6 juli 2010 kom det en varning från det amerikanska rymdövervakningcentret JSpOC till svenska Rymdbolaget att den svenska satelliten Prisma befarades kollidera med en bit rymdskrot. Enligt beräkningarna skulle Prisma passera endast 144 meter från en kvarleva från Iridium 33/COSMOS 2251-kollisionen den 7 juli klockan 00:59 lokal tid (6 juli 22:59 UTC). Varningen som kom från JSpOC såg ut enligt följande:

> *"Primary Object: PRISMA (SCC# 36599)*
> *Secondary Object: SCC# 34544*
> *Time of Closest Approach: 06 JUL 2010 22:59 UTC*
>
> *Overall miss distance: 144 meters*
> *Radial (dU) miss distance: 76 meters*
> *In-Track (dV) miss distance: -83 meters*
> *Cross-track (dW) miss distance: -91 meters*
>
> *Primary Radial Error (U): 4 meters*
> *Primary In-track Error (V): 59 meters*
> *Primary Cross-track Error (W): 2 meters*
>
> *Secondary Radial Error (U): 96 meters*
> *Secondary In-track Error (V): 833 meters*
> *Secondary Cross-track Error (W): 199 meters"*[103]

Varningen medförde att driftspersonalen för Prisma var tvungna att utföra en akut undanmanöver av Prisma varpå kommandon sändes om att starta satellitens styrraketer vid exakt rätt tidpunkt och position. Manövern knuffade Prisma ut ur riskzonen och ökade avståndet till rymdskrotet med mer än två kilometer. Se även Rymdbolagets eventlogg för Prisma.[104]

I det här scenariot analyserar vi passagen av Prisma och den bit rymdskrot som härrör från Iridium 33/COSMOS 2251-kollisionen med verktyget STK. I JSpOCs katalog går just den specifika delen rymdskrot som Prisma var nära att kollidera med under etiketten SCC# 34544 men vi väljer att fortsättningsvis benämna den med dess generella klass COSMOS 2251 DEB. Den benämningen betyder att den är klassad som en av de flera tusen bitar rymdskrot som härrör från satelliten COSMOS 2251. Analysen görs med fokus på att utvärdera STK:s förmåga för konjunktionsanalyser, vikten av en korrekt banbeskrivning för att utföra analysen samt att demonstrera hur nära 144 meter faktiskt är i

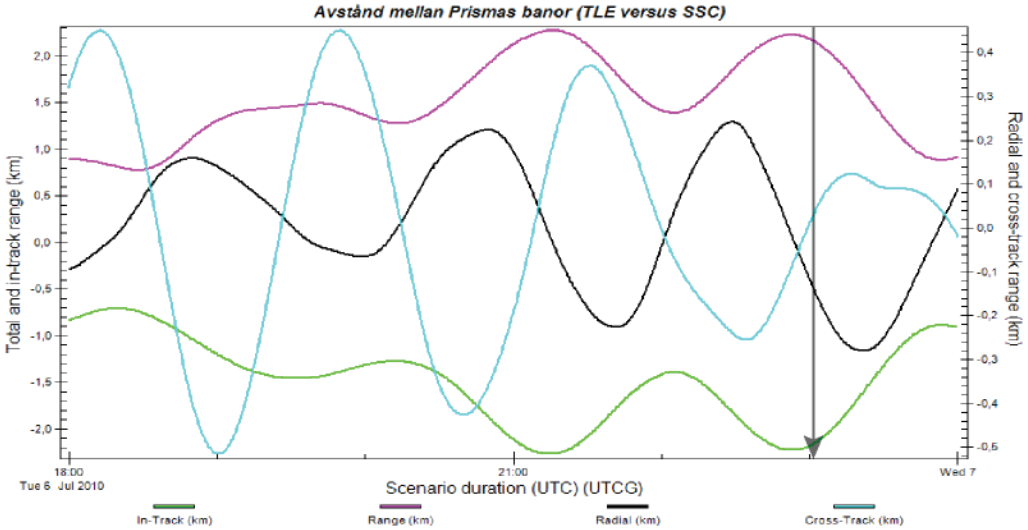
[103] E-post korrespondens mellan JSpOC och rymdbolaget, erhållen av Erik Clacey, Rymdbolaget, 2010-11-30.

[104] Rymdbolgets eventlogg *"Collision Avoidance Manoeuvre!"*: http://www.prismasatellites.se/combine-initial-operations.aspx (Kontrollerad 110124).

rymdsammanhang. Dessutom illustrerar händelsen vikten av att skapa en oberoende kapacitet för rymdlägesbild för att säkerställa Sveriges rymdtillgångar och nyttjandet av rymdtjänster i Sverige.

8.5.3 Analys av Prismas bana

Till skillnad mot överflygningsanalyser i de föregående två exemplen så ställer en konjunktionsanalys extremt höga krav på noggrannheten av positionsbestämmelserna av objekten i rymden. Databasen i verktyget STK från JSpOC uppdateras två gånger dagligen för de mest intressanta objekten. Dock så har den katalog som släpps för allmänheten av den amerikanska militären som tidigare nämnts inte samma noggrannhet som deras egna interna katalog. För att göra en utförlig analys av scenariot ovan så har vi förutom att använda de bandata för Prisma som finns i STK:s databas fått tillgång till Rymdbolagets egna uppskattade banpositioneringsdata för Prisma under den nära passagen med COSMOS 2251 DEB. Denna analys av den nära passagen innefattar då naturligtvis inte den undanmanöver av Prisma som utfördes för att undvika rymdskrotet (runt 18.50 UTC). Därför är den uppskattade banan baserad på positionbestämmelser från Prismas GPS navigationssystem mellan 13.33 och 15.12 UTC den 6 juli och därefter propagerade data fram till midnatt.



Figur 34: Avståndet mellan Prismas bana baserat på TLE's respektive Rymdbolagets egna bandata under scenariots förlopp. Violett linje representerar det totala avståndet mellan banorna, grön linje avståndet längs banan (in-track), cyan linje representerar avståndet tvärs banan (cross-track) och svart linje representerar avståndet i höjdled (radial). Notera att de olika avstånden har olika skalor, totala avståndet och *in-track* har sin skala på vänster axel medan *radial* och *cross-track* har sin skala på höger axel. Pilen markerar tiden för *Closest Approach* (CA) med COSMOS 2251 DEB. Bilden är producerad med STK.

Figur 34 visar avstånden mellan banorna av satelliten Prisma baserat på TLE-bandata (PRISMA_TLE) respektive baserat på Rymdbolagets egna bandata (PRISMA_SSC) under det analyserade tidsintervallet 6 juli 2010 18:00 till 7 juli 2010 00:00 UTC. Det totala avståndet (*range*) mellan de två Prisma banorna illustreras av den cerise linjen i bilden och det är tydligt att banorna skiljer sig åt väsentligt, från cirka 900 meter i början av scenariot till runt 2 kilometer vid tidpunkten för den befarade kollisionen. Om man delar upp avståndet mellan de två olika banorna i dess tre-axliga komponenter längs banan (*in-track range* grön linje i figuren), tvärs banan (*cross-track range* cyan linje i figuren) samt i höjdled (*radial* svart linje i figuren) så är det tydligt att den största avvikelsen mellan de två banuppskattningarna är i banans riktning, dvs. *in-track*. Det beror på att TLEs har som störst osäkerhet i banans riktning på grund av de höga hastigheter som satelliterna har. Notera att de olika avstånden har olika skalor i bild 34, totala avståndet och *in-track* har sin skala på vänster axel medan *radial* och *cross-track* har sin skala på höger axel.

Osäkerheten av banpositioneringen beror på hur lång tid som har förflutit sedan den senaste inmätningen av satellitens bana. De senaste TLEs som fanns i AGIs databas för tidsperioden var ett och ett halvt dygn gamla och osäkerheten i banbestämningen växer således under scenariots tid vilket illustreras av det växande *in-track* avståndet mellan de två banorna. Däremot är avvikelsen tvärs banan som störst 500 meter och avvikelsen i höjdled cirka 200 meter. Vid tiden för *Closest Approach* (CA) med COSMOS skrotet (markerad med en grå pil i figuren) så är avvikelsen i höjd och tvärsled endast ett tiotal meter medan avvikelsen längs banan är cirka två kilometer.

8.5.4 Analys av kollisionsrisken

För att analysera vad avvikelserna mellan de två olika banpositioneringarna för Prisma får för konsekvenser för den nära passagen mellan Prisma och COSMOS skrotet så har vi använt verktyget CAT i STK. Med CAT är det möjligt att utföra en *all-in-all* konjunktionsanalys, dvs. man letar efter nära passager för alla objekt i sin databas eller man kan välja ett primärt objekt och leta efter nära passager av det objektet med hela resterande databasen. Vi valde både PRISMA_TLE dvs. banpositionering med TLEs, och PRISMA_SSC eller Rymdbolagets mer noggranna egna banpositionering, samt utförde en konjunktionsanalys med den kompletta databasen av objekt i rymden från U.S. STRATCOM den 6 juli cirka 15.00 UT.[105]

För att utföra en konjunktionsanalys är det nödvändigt att definiera osäkerhetsellipsoider, det vill säga en uppskattning av osäkerheten i banpositioneringen både för det primära objektet samt de sekundära objekten (det vill säga resten av databasen). I STK kan man definiera den osäkerheten tangentiellt mot banan (*in-track*), tvärs banan (*cross-track*) samt i höjdled (*radial*). Sen definierar man ett tröskelvärde för det minsta tillåtna avståndet mellan osäkerhetsellipsoiderna av sina objekt. Vi valde ett tröskelvärde på 10 km.

För osäkerhetsellipsoiden för PRISMA_SSC valde vi i brist på en totalbeskrivning av kovariansmatrisen från Rymdbolaget att ta de osäkerhetsvärden rapporterade från JsPOC, dvs. 59 meters osäkerhet längs banan, 4 meter tvärs banan samt 2 meter radiellt. För PRISMA_TLE är det svårare att ha en korrekt beskrivning av osäkerhetsellipsoiden då det är känt att de allmänna TLE data har stora brister i noggrannheten men svårt att veta exakt hur stora. Därför baserar vi vår uppskattning på jämförelsen mellan Rymdbolagets bandata och TLEs i figur 34. Där är den största avvikelsen längs banan cirka 3 km, tvärs banan 500 meter och radiellt 200 meter och vi väljer alltså dessa värden för att definiera osäkerhetsellipsoiden PRISMA_TLE. För de sekundära objekten väljer vi en osäkerhet av 10 km längs banan samt 5 km tvärs och radiellt. Det är framförallt det radiella avståndet som är viktigt eftersom två objekt måste befinna sig på samma höjd för att riskera att kollidera.

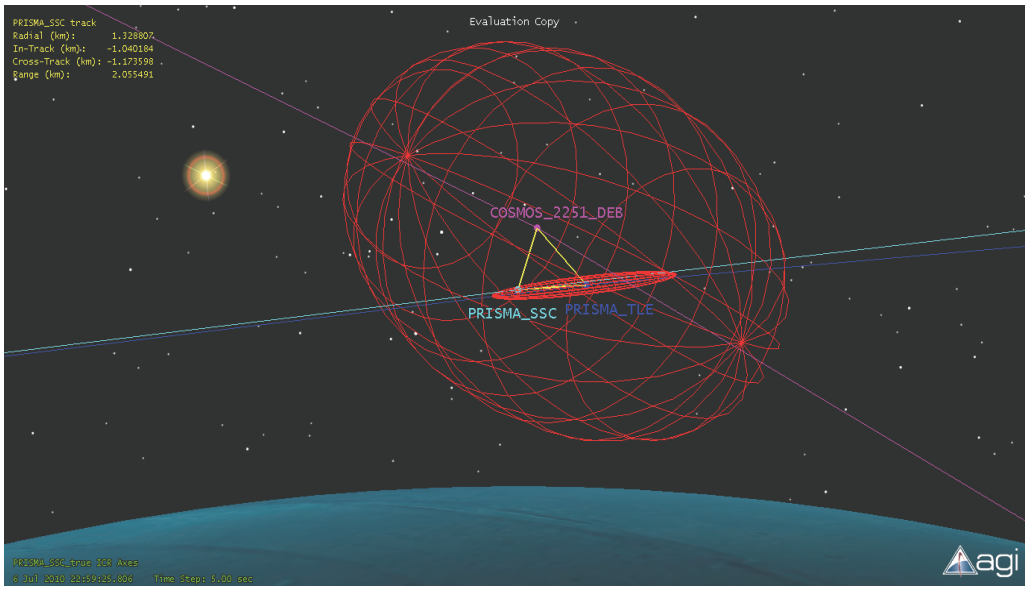
Tabell 4: Sammanfattning av konjunktionsanalys mellan Prisma och COSMOS 2251 DEB för olika bandata, JSpOCs interna bandata, offentliga TLE's, samt Rymdbolagets egna bandata. För de två analyserna i STK så baseras COSMOS 2251 DEB bana på de offentliga TLE's medan de interna har använts i JSpOC's analys.

	JSpOC	PRISMA_TLE	PRISMA_SSC
Tid för CA (UTC)	22:59	22:59:25.951	22:59:25.806
Overall distance (m)	144	1437	2055
Radial distance (m)	76	1432	1329
In-track distance (m)	-83	-87	-1040
Cross-track distance (m)	-91	-85	-1174

Resultaten av konjunktionsanalysen visas i tabellform i bilaga 4 samt sammanfattas i tabell 4 ovan tillsammans med beräkningarna som levererades från JSpOC till Rymdbolaget som

[105] Även om man använder senare uppskattade TLEs så fås motsvarande resultat för konjunktionsanalysen.

varning för den nära passagen. Resultaten är också illustrerade i figur 35 nedan för CA mellan PRISMA_SSC (ljusblå linje) och COSMOS 2251 (cerise linje). I bilden visas även Prismas läge enligt den allmänna TLE katalogen i mörkblått. Den gula texten i figuren anger avstånden radiellt, längs och tvärs banan samt det totala avståndet mellan PRISMA_SSC och COSMOS 2251 DEB som även är angett i tabell 4 ovan.

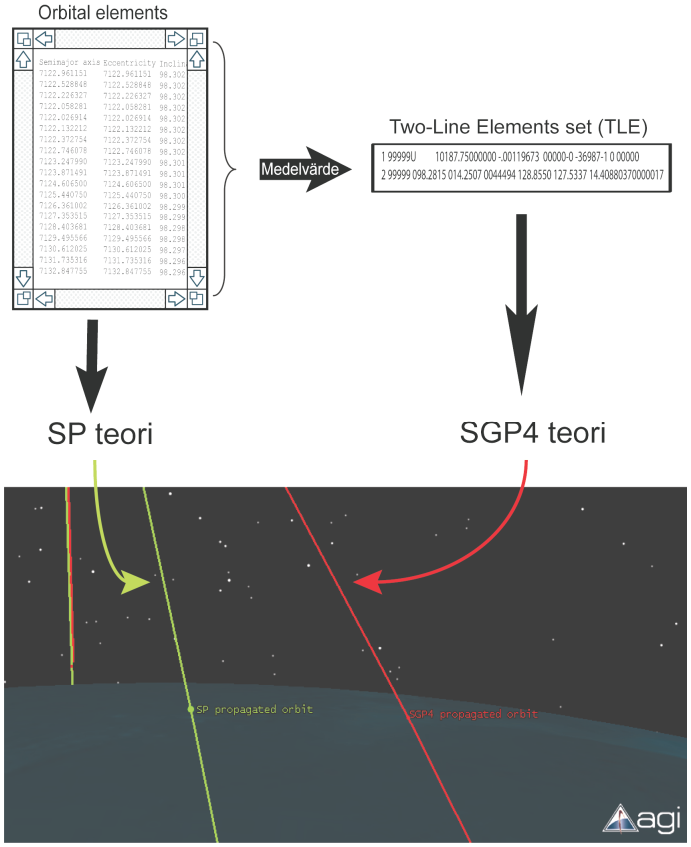


Figur 35: *Closest Approach* mellan Prisma enligt Rymdbolagets bandata (ljusblått) och COSMOS 2251 DEB baserat på den allmänna TLE katalogen. Prismas läge enligt den allmänna TLE katalogen visas i mörkblått. Den gula texten i figuren anger avstånden radiellt, längs och tvärs banan samt det totala avståndet mellan PRISMA_SSC och COSMOS 2251 DEB. Bilden är producerad med STK.

Det är tydligt att resultaten avviker kraftigt mellan de olika analyserna. Avvikelserna är en kombinerad effekt av följande tre faktorer: olika bandata för både Prisma och för COSMOS 2251 DEB, samt inte minst olika banpropageringsmetoder.

Den för allmänt tillgängliga TLE databasen ger de genomsnittliga Keplerianska banelementen vid en viss tidpunkt för varje objekt i katalogen. Banan beräknas med hjälp av teorin *Simplified General Perturbations*, version 4 (SGP4), som är associerad till TLEs. SGP4 beräknar satellitens genomsnittliga bana och är någorlunda korrekt för långa tidsperioder. Dock besitter inte SGP4 de fysikaliska och matematiska modeller som krävs för att uppnå den noggrannhet som är nödvändig för en konjunktionsanalys. JSpOC å andra sidan använder den så kallade *Special Perturbations* (SP) teorin samt de uppmätta banelementen för den tidsperiod objekten har spårats när de utför konjunktionsanalys. SP-teorin tar hänsyn till en mängd olika fysikaliska egenskaper som gör den mer exakt för konjunktionsanalys än SGP4. Skillnaden mellan de två olika metoderna är illustrerat i figur 36. Detta betyder att de tre olika analyserna i tabell 4 är baserade på:

- SP omloppsbana för Prisma och COSMOS 2251 DEB,
- SGP4 omloppsbana för Prisma och COSMOS 2251 DEB,
- Rymdbolagets omloppsbana för Prisma och SGP4 omloppsbana för COSMOS 2251 DEB.



Figur 36: Illustration av skillnaden mellan de två olika banpropageringsmetoderna, TLE och SGP4-teorin samt uppmätta banelement och SP-teorin. Bilden är delvis producerad med STK.

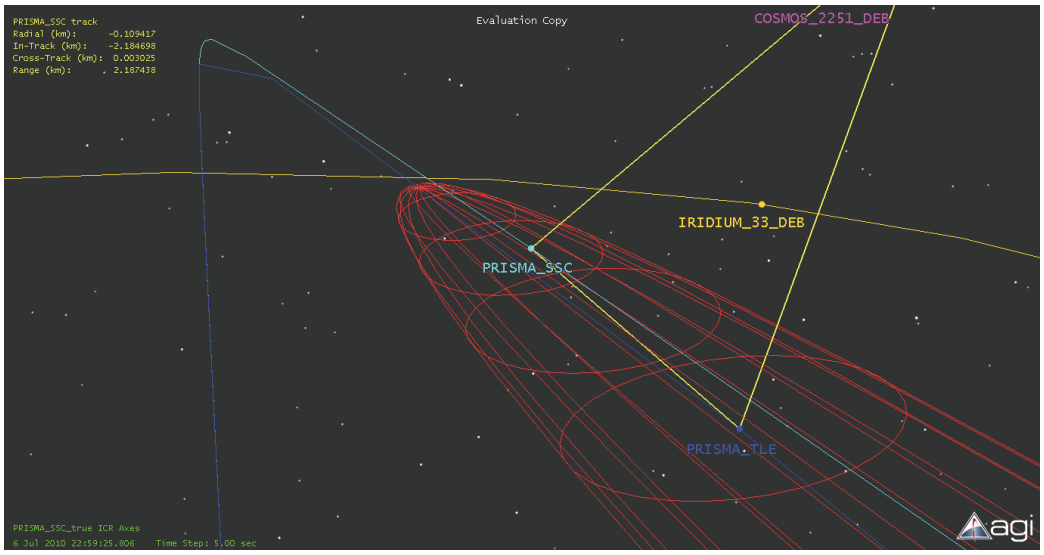
Rymdbolagets data för Prisma har visats sig överrensstämma med JSpOCs SP-data så när som på några meter[106] eftersom JSpOC utförde en analys baserat på Rymdbolagets bandata med nära identiska resultat som för deras egna SP-data. Det innebär att det största felet ligger i avvikelser mellan SGP4- och SP-data för COSMOS 2251 DEB samt osäkerheter i SGP4-data för Prisma. Detta faktum illustreras även av osäkerhetsellipsoiderna i figur 35. Även om osäkerhetsellipsoiden för COSMOS 2251 DEB är definierad ur ett generellt perspektiv i brist på annan information så ser vi att den innesluter både PRISMA_SSC och PRISMA_TLE och hela deras osäkerhetsellipsoider.

I figur 37 nedan har vi zoomat in i figur 35 för att närmare studera de två olika positioneringarna för Prisma. I figuren ser vi tydligt att den största avvikelsen mellan de två objekten är längs banan som tidigare konstaterats. Den gula texten i figuren anger nu avstånden mellan PRISMA_SSC baserat på rymdbolagets data och PRISMA_TLE baserat på allmänna TLE data. Osäkerhetsellipsoiden för PRISMA_SSC är så liten att den bara kan anas som två små röda streck i jämförelse med PRISMA_TLEs osäkerhetsellipsoid. För att göra figuren tydligare har vi valt att inte visa COSMOS 2251 DEB osäkerhetsellipsoid i den här figuren.

Ovanstående analys demonstrerar tydligt vikten av en precis katalog över alla objekt i rymden för konjunktionsanalystillämpningar. Om man inte besitter den informationen kan man i princip få vilket resultat som helst och kan tvingas utföra kostsamma och tidskrävande undanmanövrar helt i onödan eller i värsta fall riskera att förlora sina rymdtillgångar i en eventuell kollision. I nuläget levererar JSpOC förvarningar om nära förestående kollisioner som i fallet med Prisma. Om en sådan tjänst tillfälligt eller permanent skulle avslutas demonstrerar det här exemplet att det skulle vara mycket svårt

[106] Personlig kommunikation med Erik Clacey på Rymdbolaget.

för satellitoperatörer att skydda sina tillgångar i rymden utan tillgång till en oberoende exakt katalog över samtliga objekts omloppsbanor.



Figur 37: En mer detaljerad version av den ovanstående figur 35 där fokus ligger på avståndet mellan de två olika positioneringarna av Prisma. Den gula texten i figuren anger nu avståndet mellan PRISMA_SSC baserat på rymdbolagets data och PRISMA_TLE baserat på allmänna TLE data. Den totala avvikelsen är cirka 2 km. Bilden är producerad med STK.

8.6 Sammanfattning – svenska tillämpningar

Från de beräkningar och de analyser som gjorts på ovanstående tre scenarier kan man dra följande slutsatser:

- Överflygningsanalysen för ubåtsuppdraget och provområdet Vidsel demonstrerar att enbart ett litet urval av befintliga spanings- och jordobservationssatelliter kan ge fullständig geografisk täckning och samtidigt god tidsmässig uppföljning av målen.
    - En överflygningsanalys bidrar därför med väsentlig information inför planeringen av känsliga operationer för att minimera risken att röjas av satellitbaserad spaning.
    - Information om satelliternas sensorprestanda i form av upplösning och stråkbredd samt i vilka moder sensorn kan opereras, hur den riktas och hur avbildningen sker, är kritiska uppgifter för att kunna utföra en korrekt överflygningsanalys.
- För att skydda sin rymdinfrastruktur är det nödvändigt att kontinuerligt över tiden kontrollera att satelliterna inte krockar med andra rymdobjekt. Detta görs med hjälp av prediktiva banberäkningar. En konjunktionsanalys ställer dessutom mycket höga krav på noggrannheten hos omloppsbanans inmätning för samtliga objekt som behandlas.
    - Befintliga öppna datakällor har inte tillräcklig noggrannhet för detta ändamål. Avvikelsen mellan Rymdbolagets egna bandata för satelliten Prisma och den öppna baninformationen från amerikanska militären (JSpOC) var större än 2 kilometer i avstånd.

Sammantaget illustrerar dessa tre scenarier vikten av att öka kunskapen i Sverige avseende beräkningar av satelliters banomlopp och om rymdlägesbild. Detta kan exempelvis ske genom ett konkret svenskt engagemang i något av de internationella program som under senare tid har initierats på SSA-området.

9 Möjligheter och rekommendationer

9.1 En komplex fråga med många möjligheter

Frågan om Sverige behöver en rymdlägesbild har många aspekter. Ett eventuellt svenskt deltagande i det internationella arbetet med att förbättra det gemensamma förhållningssättet i rymden, och att samtidigt utveckla de organisatoriska och tekniska verktyg detta kräver i form av ett europeiskt *Space Situational Awareness* (SSA) är en komplex fråga, vilket också har visats i rapporten. En svensk rymdlägesbild berör såväl utrikes- och säkerhetspolitiken som försvarspolitiken, frågan är också i högsta grad ett forskningsärende, och innehåller dessutom känsliga spörsmål om sekretess och underrättelseförmågor. Med andra ord är SSA en relevant fråga för en rad myndigheter som alla har något olika ambitioner på rymdområdet. Kanske är det därför som svaret på frågan om Sverige behöver en rymdlägesbild saknas just nu?

Å andra sidan förtjänar inte detta ämne att hamna i ett svenskt beslutsvakuum, då SSA sannolikt kommer att bli nästa viktiga europeiska satsning på rymdområdet. Och därtill ett gemensamt internationellt samarbete som är i samklang med intentionerna hos den nya amerikanska rymdstrategin. Om svenska myndigheter skulle engagera sig i det internationella arbetet med att skapa en uthållig rymdmiljö, och om Sverige skulle bygga upp en egen nationell kapacitet på SSA-området kan detta ge oss många fördelar:

- Sverige skulle visa ett politiskt engagemang, och kunna påverka utvecklingen, i en viktig miljöfråga som blir allt mer internationellt uppmärksammad. Ett hållbart utnyttjande av den ändliga resurs som rymden nära jorden är kräver mellanstatlig samverkan och förhandlingar av en typ som Sverige har stor erfarenhet av.
- Svenska myndigheter, forskningsinstitut och företag skulle kunna ta del av det omfattande EU-arbetet runt ett europeiskt SSA som nu har startats av bland annat ESA. Svenska forskare och ingenjörer kan på ett kreativt sätt, tillsammans med en rad organisationer runt om i Europa, bidra till de vetenskapliga och tekniska utmaningar som detta arbete kommer att kräva.
- Sveriges aktiva deltagande i att upprätthålla en korrekt objektdatabas för SSA skulle minska hotet mot vår rymdinfrastruktur och annan känslig infrastruktur samt ge försvarsmaktsmyndigheterna ett informationsöverläge mot satellitbaserad informationsinhämtning. Att bygga upp en grundläggande kompetens och kapacitet på SSA-området är i längden ekonomiskt lönsamt och stärker samtidigt säkerheten för både våra medborgare och svensk utlandsstationerad trupp.

Om Sverige i motsats till de flesta andra EU-länder inte skulle engagera sig i arbetet med att utveckla ett gemensamma europeiskt SSA, så är det inte helt orimligt att jämföra detta beslut med att Sverige inte skulle delta i de internationella förhandlingarna om åtgärder mot de globala klimatförändringarna och att Sverige samtidigt skulle avstå från att ansluta sig till det europeiska samarbetet kring flygets trafikledning.

9.2 Förslag på fortsatta satsningar och aktiviteter

De aktiviteter som Sverige till dags dato har genomfört avseende rymdlägesbild och SSA är få och splittrade. Samtidigt har inte heller någon myndighet tagit tydlig ställning eller angett någon inriktning i frågan. De fortsatta satsningar för Sverige som författarna föreslår är därför fokuserat mot tre generella områden:

1. ökad information och höjd kunskapsnivå för att lyfta medvetenheten om både de risker och de möjligheter som rymdmiljön innebär för samhället i stort samt för enskilda individer och organisationer,

2. ökad samverkan mellan relevanta myndigheter för att inventera svenska styrkor och möjligheter samt för att prioritera ambitionerna inför ett eventuellt engagemang i den gemensamma europeiska rymdlägesbilden,
3. fortsatt omvärldsanalys och kunskapsuppbyggnad inom vissa fokusområden för att följa den internationella utvecklingen på SSA-området, och samtidigt starta arbetet med att skapa en minimal men grundläggande svensk SSA-kapacitet som senare skulle kunna utvecklas och anpassas till det europeiska SSA-arbetet.

Frågan om en svensk rymdlägesbild har många aspekter. De civila och företagsmässiga behoven och synpunkterna på tjänsterna från ett SSA, de militära förmågekraven och sekretessbehoven på en svensk rymdlägesbild, eller frågan om ett eventuellt svenskt politiskt deltagande i det internationella arbetet med att utveckla ett gemensamt förhållningssätt i rymden har dock alla en gemensam aspekt. Nämligen det grundläggande behovet av kunskap om rymdobjekts och rymdvädrets uppträdande i rymden, samt behovet av att kunna bearbeta och analysera information om dessa fenomen. Oavsett vilken inriktning Sverige tar avseende en svensk rymdlägesbild krävs det därför att denna grundläggande kunskap byggs upp på nationell nivå.

Författarna föreslår därför följande konkreta aktiviteter inom ramen för satsningsområde 3 ovan, och med fokus på *Space Surveillance and Tracking* (SST) samt *Recognised Space Picture* (RSP):

- Fortsätt och intensifiera det internationella deltagandet på FN- och EU-nivå genom att bistå Regeringskansliet och relevanta myndigheter med information och expertstöd.
    - Exempelvis skulle FOI kunna stödja Rymdstyrelsen och PTS med en studie om vad de framtida kraven på en internationell CoC kan innebära för svensk rymdlagstiftning.
- Utöka de svenska myndigheternas kontaktnät inom det internationella SSA-arbetet på SST- och RSP-området.
    - Exempelvis borde Försvarsmaktsmyndigheterna delta i EDA:s diskussioner om SSA, och i den ”strukturerade dialogen” inom ESA:s *Users Representatives Group* (URG).
- Ge relevanta myndigheter mandat att undersöka hur, och i vilken form, Sverige skulle kunna få tillgång till SSA-information av högre kvalitet än den öppet tillgängliga.
    - Exempelvis borde Sverige starta bi- eller multilaterala förhandlingar med USA och EDA/ESA för att försäkra sig om bästa tänkbara kvalité på SSA-informationen i framtiden. Naturligtvis skulle ett svenskt deltagande i ESA:s *Core element Program* underlätta dessa diskussioner.
- Starta arbetet med att bygga upp kunskap och praktiska färdigheter för att kunna operera en minimal men grundläggande SSA-kapacitet i Sverige. Initiera samtidigt en strategi för att lägga fast ambitionen att Sverige måste utveckla en oberoende analyskapacitet för SSA.
    - Exempelvis skulle FOI kunna fortsätta det initiala arbete som redan utförts med analyser av rymdobjekt och som startats i och med denna rapport.
- Inventera vilka nationella resurser som redan idag finns i Sverige i form av existerande anläggningar, kunskapscentra och SSA-liknande utvecklingsprogram.
    - Exempelvis borde denna grupp av villiga ”SSA-entusiaster” kunna samverka med myndigheterna för att utarbeta prioriteringar och uppslag inför internationella förhandlingar. Den svenska delen av EISCAT skulle exempelvis kunna utgöra en del i dessa diskussioner.

Referenser

N. Bobrinsky, “ESA SSA Programme”, OPS-G Forum, December 5, 2008, ESOC, Darmstadt, http://esamultimedia.esa.int/multimedia/esoc/opsg/opsg_forum_ssa_05122008.ppt (Kontrollerad 110124).

T. Brinton, “International Cooperation Emphasis of Forthcoming U.S. Space Policy“, Space News, May 21, 2010, http://www.spacenews.com/policy/100521-international-cooperation-emphasis.html (Kontrollerad 101221).

C. Chasset, “Collision Avoidance Manoeuvre!”, Prisma Mission Events, http://www.prismasatellites.se/combine-initial-operations.aspx (Kontrollerad 101221).

C. Covault, “Chinese Test Anti-Satellite Weapon”, Aviation Week, January 17, 2007, http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=awst&id=news/CHI01177.xml (Kontrollerad 101221).

U. Ekblad, ”Elementa om rymdteknik”, Stockholm, FOI, mars, 2005, FOI-R--1594--SE.

T. Hitchens, “International Satellite Innovation and Cooperation”, Military Satellites, April 18, 2006, http://www.cdi.org/pdfs/microsat%202006.pdf (Kontrollerad 110124).

D. J. Kessler, “The Kessler Syndrome”, March 8, 2009, http://webpages.charter.net/dkessler/files/KesSym.html (Kontrollerad 101204).

S. Lange, “Technology-SAR-Lupe satellites launched”, http://www.swp-berlin.org/common/get_document.php?asset_id=4631 (Kontrollerad 101111).

S. Lindström, M. Waldenvik, ”Rymdväder – effekter på militära och civila system”, Stockholm, FOI, december, 2004, FOI-R--1464--SE.

W. J. Lynn, Speech at Space Symposium, Dep. of Def., November 2010, http://www.au.af.mil/au/aunews/archive/2010/0524/0524Articles/DepSecDefonSpace0524.pdf (Kontrollerad 101204).

H. P. Nguyen, “Submarine Detection from Space - A study of Russian Capabilities”, Studies in Military Science and Strategy, United States Naval Institute, Annapolis, Maryland, 1993.

J. Ray, “Space surveillance project successfully blasts off”, Spaceflight Now, September 26, 2010, http://www.spaceflightnow.com/minotaur/sbss/ (Kontrollerad 101221).

G. Shepard, “U.S. Space Surveillance System”, Air Force Space Command, Conference ”Improving Our Vision”, Colorado Spring 2006, http://www.cdi.org/pdfs/ssa2shepherd.pdf (Kontrollerad 110124).

B. Weeden, “The numbers of the game”, The Space Review, July 13, 2009, http://www.thespacereview.com/article/1417/2 (Kontrollerad 110124).

G. G. Wren, D. May, “Detection of submerged vessels using remote sensing techniques”, Australian Defence Force Journal, no. 127, Nov/Dec 1997.

“Consolidated activity plan for SSA”, GSTP, and FP7, FP7 3rd Space call, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/research/esa_pb_ssa_consolidated_activity_plan_for_fp7_en.pdf (Kontrollerad 100510).

“Council conclusions concerning the revised draft Code of Conduct for Outer Space Activities”, Council of the European Union, Bryssel, 11 oktober, 2010.

”CST Space Situational Awareness – SSA”, EDA Common Staff Target, March 25, 2010.

NASA:s Orbital Debris Quartely News, April, 2010, http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/newsletter.html (Kontrollerad 101124).

"National Space Policy of the United States of America, June 28, 2010, http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf (Kontrollerad 101204).

"Possible Elements for a Future International Legal Agreement on the Prevention of the Deployment of Weapons in Outer Space, the Threat or Use of Force Against Outer space Objects", Conference on Disarmament, CD/1679, Genève, June 28, 2002.

"Resolution on the European Space Policy", Council of the European union, 10037/07, Brussels, May 25, 2007.

"Sammanfattande beskrivningar av resolutioner och program på ESA:s rådsmöte på ministernivå 2008", Rymdstyrelsen, 5 november, 2008, http://www.snsb.se/Global/Om%20Rymdstyrelsen/Strategier%20och%20Policy/sammanfattande_programbeskrivningar_CM08.pdf (Kontrollerad 101221).

"Securing the Skies" Union of Concerned Scientist, November, 2010, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/space_weapons/policy_issues/securing-the-skies.html (Kontrollerad 101221).

"Sourcebook of the Okno and Krona Space Surveillance Sites", Version 2008-12-30 Federation of American Scientist, http://www.fas.org/spp/military/program/track/okno.pdf (Kontrollerad 101220).

"Space Debris Mitigation Guidelines", COPUOS, UNGA Resolution 62/217.

"Space Security 2008", August, 2008, http://spacesecurity.org (Kontrollerad 110124).

"Treaty on the Prevention of the Placement of Weapons in Outer Space and the Threat or Use of Force Against Outer Space Objects", Conference on Disarmament, CD/1839, Genève, February 29, 2008.

"Treaty on the prohibition of the use of force in outer space and from space against the earth", Conference on Disarmament, CD/476, Genève, March 20, 1984.

"U.S. National Space Policy", August 31, 2006, http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/whitehouse/ostp_space_policy06.pdf (Kontrollerad 101204).

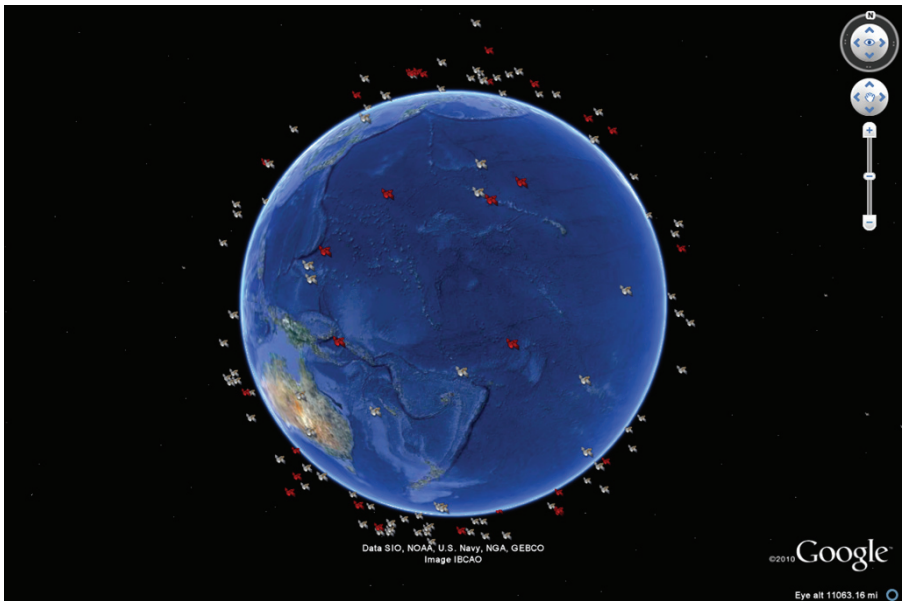
Bilagor

Bilaga 1: SSA med hjälp av Google Earth

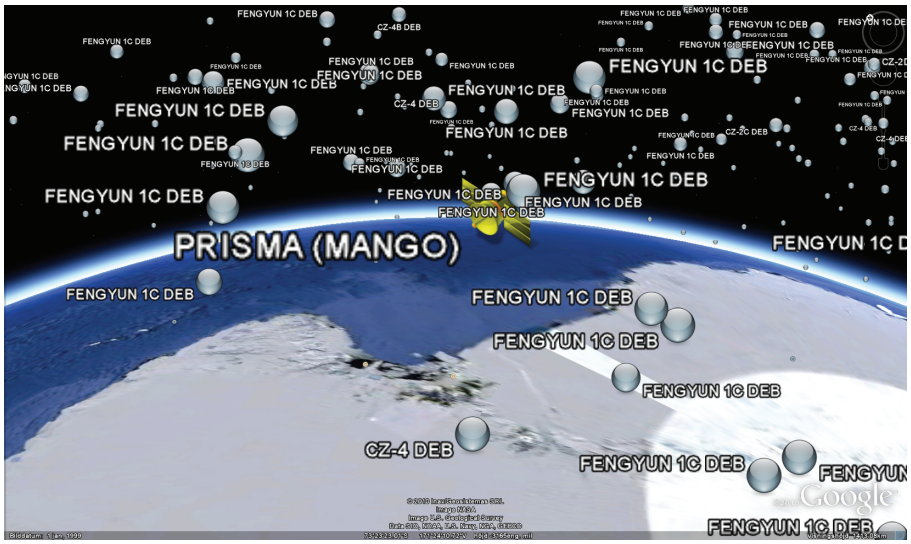
De två databaserna *U.S. Space Track catalog* och *UCS Satellite Database* finns nu att hämta ner i ett format så att informationen kan visualiseras i Google Earth. Databaserna är integrerade och omformade till Googles KLM-formatet för att kunna bearbetas och analyseras i ett ”fattigmans” SSA under Google Earth. Förutom positionen är även en klassificering av rymdobjekten genomförd. Följande klasser finns; aktiva kontra de-aktiverade satelliter, raketsteg, alternativt rymdskrot. Samtliga objekt har också en tillhörighet i något land, inklusive viss annan information.

Länk för att ladda ner databasen samt för att få mer information och manual: http://www.satellitedebris.net/whatsup/

Figur 38 och 39 nedan ger några exempel på vad som kan göras med databasen.



Figur 38: Bilden visar aktiva satelliter i LEO från USA markerat i vitt och från Kina i rött.



Figur 39: Bilden visar Prisma i omloppsbana över Antarktis omgiven av en stor mängd Kinesiskt rymdskrot.

Bilaga 2: Lag (1982:963) om rymdverksamhet

Departement: Justitiedepartementet L3

Utfärdad: 1982-11-18

Ändring införd:

Källa: Regeringskansliets rättsdatabaser

Senast hämtad: 2009-10-08

1 § Denna lag gäller verksamhet i yttre rymden (rymdverksamhet).

2 st. Förutom sådan verksamhet som helt äger rum i yttre rymden räknas till rymdverksamhet också utsändning av rymdföremål samt alla åtgärder för att manövrera eller på annat sätt påverka utsända rymdföremål.

3 st. Att enbart ta emot signaler eller information i annan form från föremål i yttre rymden räknas inte som rymdverksamhet enligt denna lag. Inte heller uppsändning av sondraketer räknas som rymdverksamhet.

2 § Utan tillstånd får rymdverksamhet inte bedrivas från svenskt territorium av någon annan än svenska staten. Svensk fysisk eller juridisk person får inte heller bedriva rymdverksamhet någon annanstans utan tillstånd.

3 § Tillstånd till rymdverksamhet meddelas av regeringen.

2 st. Ett tillstånd får begränsas på det sätt som med hänsyn till omständigheterna är lämpligt. Det får också förenas med de villkor som är påkallade med hänsyn till kontrollen av verksamheten eller av andra skäl. Kontroll över tillståndshavarnas rymdverksamhet utövas av den myndighet som regeringen bestämmer.

4 § Ett tillstånd får återkallas, om villkoren för tillståndet åsidosätts eller om det annars finns synnerliga skäl till det.

2 st. Regeringen beslutar om återkallelse av tillstånd att bedriva rymdverksamhet. I avvaktan på att frågan om återkallelse avgörs slutligt får tillståndet återkallas interimistiskt.

5 § Den som uppsåtligen eller av oaktsamhet bedriver rymdverksamhet utan att ha erforderligt tillstånd döms till böter eller fängelse i högst ett år. Detsamma gäller den som uppsåtligen eller av oaktsamhet åsidosätter villkor som har uppställts som förutsättning för tillstånd.

2 st. Den som utom riket har begått brott som avses i första stycket döms, om han finns här, efter denna lag och brottsbalken samt vid svensk domstol, även om 2 kap. 2 eller 3 § nämnda balk inte är tillämplig och utan hinder av 2 kap. 5 a § första och andra styckena nämnda balk.

3 st. Åtal för brott som avses i första stycket får väckas endast efter regeringens medgivande.

6 § Har svenska staten på grund av åtaganden i internationella överenskommelser fått ersätta skador som har uppstått till följd av sådan rymdverksamhet som har bedrivits av någon annan än svenska staten, skall den som har bedrivit rymdverksamheten ersätta staten vad den har utgett på grund av nämnda åtaganden, såvida det inte finns särskilda skäl som talar mot det.

Källa: https://lagen.nu/ (Kontrollerad 110124).

Bilaga 3: Förordning (1982:1069) om rymdverksamhet

Departement: Näringsdepartementet

Utfärdad: 1982-11-25

Ändring införd: t.o.m. SFS 1994:114

Källa: Regeringskansliets rättsdatabaser

Senast hämtad: 2009-10-08

1 § Ansökan om tillstånd enligt lagen (1982:963) om rymdverksamhet skall vara skriftlig och ges in till Rymdstyrelsen.

2 st. Rymdstyrelsen skall höra Post- och telestyrelsen eller andra statliga verk eller myndigheter som berörs av ansökningen och med eget yttrande överlämna ärendet till regeringen. Förordning (1994:114).

2 § Rymdstyrelsen skall utöva kontroll av rymdverksamhet som bedrivs av den som har tillstånd till sådan verksamhet. Förordning (1994:114).

3 § Vid misstanke om brott mot lagen (1982:963) om rymdverksamhet eller mot villkor som meddelats med stöd av nämnda lag skall Rymdstyrelsen underrätta regeringen. Förordning (1994:114).

4 § Rymdstyrelsen skall föra register över de rymdföremål för vilka Sverige är att anse som utsändande stat enligt artikel 1 i konventionen den 14 januari 1975 om registrering av föremål som har sänts ut i yttre rymden.

2 st. Om förutom Sverige, en annan stat också kan anses som utsändande stat enligt konventionen skall rymdföremålet registreras i Sverige endast om så har överenskommits mellan de berörda staterna.

3 st. Av registret skall framgå

- 1. beteckning eller registernummer på rymdföremålet,
- 2. dag och område eller plats för utsändande,
- 3. grundläggande parametrar för kretsbanan, inbegripet
  - a) omloppstid
  - b) banplanets lutning
  - c) apogeum och
  - d) perigeum,
- 4. rymdföremålets allmänna användning.

4 st. Rymdstyrelsen skall genom Utrikesdepartementets förmedling lämna uppgifter från registret till Förenta nationernas generalsekreterare. Förordning (1994:114).

Källa: https://lagen.nu/ (Kontrollerad 110124).

Bilaga 4: STK rapporter

1 Tidsintervall för sensortillgång till ubåten

30 Nov 2010 16:38:27

Chain-All-fixsensors-to-sub: Individual Object Access

COSMO-SKYMED_1_31598/XSAR-CS11

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	21 Jul 2008 18:10:37.263	21 Jul 2008 18:10:38.761	1.498
	22 Jul 2008 18:29:02.262	22 Jul 2008 18:29:05.737	3.475
Min Duration	21 Jul 2008 18:10:37.263	21 Jul 2008 18:10:38.761	1.498
Max Duration	22 Jul 2008 18:29:02.262	22 Jul 2008 18:29:05.737	3.475
Mean Duration			2.486
Total Duration			4.973

COSMO-SKYMED_4_37216/XSAR-CS41

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	31 Jul 2008 18:27:51.243	31 Jul 2008 18:27:53.517	2.274
Min Duration	31 Jul 2008 18:27:51.243	31 Jul 2008 18:27:53.517	2.274
Max Duration	31 Jul 2008 18:27:51.243	31 Jul 2008 18:27:53.517	2.274
Mean Duration			2.274
Total Duration			2.274

SAR-LUPE_1_29658/XSAR-SL11

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	23 Jul 2008 21:00:04.620	23 Jul 2008 21:00:12.211	7.592
	25 Jul 2008 21:45:07.728	25 Jul 2008 21:45:15.331	7.603
Min Duration	23 Jul 2008 21:00:04.620	23 Jul 2008 21:00:12.211	7.592
Max Duration	25 Jul 2008 21:45:07.728	25 Jul 2008 21:45:15.331	7.603
Mean Duration			7.597
Total Duration			15.194

SAR-LUPE_2_31797/XSAR-SL21

```
--------------------------

                    Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                29 Jul 2008 02:38:06.300    29 Jul 2008 02:38:14.012            7.712

Min Duration    29 Jul 2008 02:38:06.300    29 Jul 2008 02:38:14.012            7.712
Max Duration    29 Jul 2008 02:38:06.300    29 Jul 2008 02:38:14.012            7.712
Mean Duration                                                                   7.712
Total Duration                                                                  7.712

SAR-LUPE_3_32283/XSAR-SL31
--------------------------

                    Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                27 Jul 2008 06:46:07.323    27 Jul 2008 06:46:13.945            6.622
                 3 Aug 2008 05:31:29.413     3 Aug 2008 05:31:37.030            7.616

Min Duration    27 Jul 2008 06:46:07.323    27 Jul 2008 06:46:13.945            6.622
Max Duration     3 Aug 2008 05:31:29.413     3 Aug 2008 05:31:37.030            7.616
Mean Duration                                                                   7.119
Total Duration                                                                 14.239

SAR-LUPE_4_32750/XSAR-SL41
--------------------------

                    Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                27 Jul 2008 22:13:05.578    27 Jul 2008 22:13:12.315            6.736

Min Duration    27 Jul 2008 22:13:05.578    27 Jul 2008 22:13:12.315            6.736
Max Duration    27 Jul 2008 22:13:05.578    27 Jul 2008 22:13:12.315            6.736
Mean Duration                                                                   6.736
Total Duration                                                                  6.736

SAR-LUPE_5_33244/XSAR-SL51
--------------------------

                    Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                23 Jul 2008 05:26:44.006    23 Jul 2008 05:26:50.783            6.777

Min Duration    23 Jul 2008 05:26:44.006    23 Jul 2008 05:26:50.783            6.777
Max Duration    23 Jul 2008 05:26:44.006    23 Jul 2008 05:26:50.783            6.777
Mean Duration                                                                   6.777
Total Duration                                                                  6.777

TERRASAR-X_31698/XSAR-terrasar1
```

```
------------------------------

                     Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                26 Jul 2008 07:01:20.837    26 Jul 2008 07:01:27.222            6.386

Min Duration    26 Jul 2008 07:01:20.837    26 Jul 2008 07:01:27.222            6.386
Max Duration    26 Jul 2008 07:01:20.837    26 Jul 2008 07:01:27.222            6.386
Mean Duration                                                                   6.386
Total Duration                                                                  6.386

Sub
---

                     Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                21 Jul 2008 18:10:37.263    21 Jul 2008 18:10:38.761            1.498
                22 Jul 2008 18:29:02.262    22 Jul 2008 18:29:05.737            3.475
                23 Jul 2008 05:26:44.006    23 Jul 2008 05:26:50.783            6.777
                23 Jul 2008 21:00:04.620    23 Jul 2008 21:00:12.211            7.592
                25 Jul 2008 21:45:07.728    25 Jul 2008 21:45:15.331            7.603
                26 Jul 2008 07:01:20.837    26 Jul 2008 07:01:27.222            6.386
                27 Jul 2008 06:46:07.323    27 Jul 2008 06:46:13.945            6.622
                27 Jul 2008 22:13:05.578    27 Jul 2008 22:13:12.315            6.736
                29 Jul 2008 02:38:06.300    29 Jul 2008 02:38:14.012            7.712
                31 Jul 2008 18:27:51.243    31 Jul 2008 18:27:53.517            2.274
                 3 Aug 2008 05:31:29.413     3 Aug 2008 05:31:37.030            7.616

Min Duration    21 Jul 2008 18:10:37.263    21 Jul 2008 18:10:38.761            1.498
Max Duration    29 Jul 2008 02:38:06.300    29 Jul 2008 02:38:14.012            7.712
Mean Duration                                                                   5.845
Total Duration                                                                 64.291
```

2 Tidsintervall för sensortillgång till VIDSEL

```
                                                                  24 Nov 2010 16:38:24
Chain-sensor-to-VIDSEL:  Individual Object Access



COSMO-SKYMED_1_31598/XSAR-CS1
------------------------------

                     Start Time (UTCG)           Stop Time (UTCG)        Duration (sec)
                ------------------------    ------------------------    --------------
                25 Jul 2010 14:05:19.471    25 Jul 2010 14:11:43.969          384.498
                25 Jul 2010 15:40:53.444    25 Jul 2010 15:52:32.809          699.365
                25 Jul 2010 17:17:09.618    25 Jul 2010 17:30:23.137          793.519
                25 Jul 2010 18:53:27.732    25 Jul 2010 19:06:14.310          766.578
                25 Jul 2010 20:29:29.306    25 Jul 2010 20:40:45.017          675.711
```

	25 Jul 2010 22:04:50.717	25 Jul 2010 22:14:52.015	601.298
	25 Jul 2010 23:39:17.128	25 Jul 2010 23:49:36.874	619.746
	26 Jul 2010 01:13:24.783	26 Jul 2010 01:25:15.478	710.696
	26 Jul 2010 02:48:18.641	26 Jul 2010 03:01:25.178	786.536
	26 Jul 2010 04:24:47.752	26 Jul 2010 04:37:44.820	777.068
	26 Jul 2010 06:03:30.546	26 Jul 2010 06:13:54.369	623.823
Min Duration	25 Jul 2010 14:05:19.471	25 Jul 2010 14:11:43.969	384.498
Max Duration	25 Jul 2010 17:17:09.618	25 Jul 2010 17:30:23.137	793.519
Mean Duration			676.258
Total Duration			7438.838

COSMO-SKYMED_2_32376/XSAR-CS2

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 14:52:55.868	25 Jul 2010 15:02:39.223	583.355
	25 Jul 2010 16:29:01.011	25 Jul 2010 16:41:46.274	765.263
	25 Jul 2010 18:05:20.565	25 Jul 2010 18:18:32.388	791.823
	25 Jul 2010 19:41:32.854	25 Jul 2010 19:53:37.706	724.852
	25 Jul 2010 21:17:17.677	25 Jul 2010 21:27:48.184	630.507
	25 Jul 2010 22:52:10.942	25 Jul 2010 23:02:08.205	597.263
	26 Jul 2010 00:26:20.182	26 Jul 2010 00:37:21.662	661.480
	26 Jul 2010 02:00:43.322	26 Jul 2010 02:13:19.004	755.682
	26 Jul 2010 03:36:20.032	26 Jul 2010 03:49:35.863	795.831
	26 Jul 2010 05:13:50.417	26 Jul 2010 05:25:53.604	723.188
	26 Jul 2010 06:54:04.890	26 Jul 2010 07:01:40.798	455.908
Min Duration	26 Jul 2010 06:54:04.890	26 Jul 2010 07:01:40.798	455.908
Max Duration	26 Jul 2010 03:36:20.032	26 Jul 2010 03:49:35.863	795.831
Mean Duration			680.468
Total Duration			7485.153

COSMO-SKYMED_3_33412/XSAR-CS3

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 14:34:59.934	25 Jul 2010 14:43:41.835	521.901
	25 Jul 2010 16:10:57.224	25 Jul 2010 16:23:22.704	745.481
	25 Jul 2010 17:47:16.154	25 Jul 2010 18:00:31.740	795.586
	25 Jul 2010 19:23:31.177	25 Jul 2010 19:35:53.122	741.945
	25 Jul 2010 20:59:23.064	25 Jul 2010 21:10:09.309	646.245
	25 Jul 2010 22:34:27.156	25 Jul 2010 22:44:22.706	595.550
	26 Jul 2010 00:08:41.235	26 Jul 2010 00:19:25.526	644.291
	26 Jul 2010 01:42:56.635	26 Jul 2010 01:55:16.632	739.997
	26 Jul 2010 03:18:16.061	26 Jul 2010 03:31:31.354	795.293
	26 Jul 2010 04:55:22.366	26 Jul 2010 05:07:50.427	748.062

	26 Jul 2010 06:34:59.083	26 Jul 2010 06:43:48.801	529.719
Min Duration	25 Jul 2010 14:34:59.934	25 Jul 2010 14:43:41.835	521.901
Max Duration	25 Jul 2010 17:47:16.154	25 Jul 2010 18:00:31.740	795.586
Mean Duration			682.188
Total Duration			7504.069

COSMO-SKYMED_4_37216/XSAR-CS4

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 14:44:27.383	25 Jul 2010 14:53:42.792	555.409
	25 Jul 2010 16:20:28.179	25 Jul 2010 16:33:04.726	756.547
	25 Jul 2010 17:56:46.556	25 Jul 2010 18:10:00.835	794.279
	25 Jul 2010 19:32:59.285	25 Jul 2010 19:45:12.850	733.565
	25 Jul 2010 21:08:46.686	25 Jul 2010 21:19:24.869	638.183
	25 Jul 2010 22:43:44.274	25 Jul 2010 22:53:40.438	596.163
	26 Jul 2010 00:17:54.638	26 Jul 2010 00:28:47.735	653.096
	26 Jul 2010 01:52:12.702	26 Jul 2010 02:04:41.140	748.438
	26 Jul 2010 03:27:39.711	26 Jul 2010 03:40:56.045	796.334
	26 Jul 2010 05:04:56.972	26 Jul 2010 05:17:13.597	736.625
	26 Jul 2010 06:44:50.893	26 Jul 2010 06:53:06.074	495.181
Min Duration	26 Jul 2010 06:44:50.893	26 Jul 2010 06:53:06.074	495.181
Max Duration	26 Jul 2010 03:27:39.711	26 Jul 2010 03:40:56.045	796.334
Mean Duration			682.166
Total Duration			7503.821

GEOEYE_1_33331/OPTICAL

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 12:19:24.078	25 Jul 2010 12:32:07.136	763.058
	25 Jul 2010 13:56:06.888	25 Jul 2010 14:07:24.791	677.903
	25 Jul 2010 15:31:57.071	25 Jul 2010 15:42:59.219	662.148
	25 Jul 2010 17:07:13.046	25 Jul 2010 17:19:26.306	733.260
	25 Jul 2010 18:42:55.554	25 Jul 2010 18:56:33.988	818.434
	25 Jul 2010 20:20:01.101	25 Jul 2010 20:33:59.870	838.768
	25 Jul 2010 21:59:09.033	25 Jul 2010 22:11:25.705	736.673
	25 Jul 2010 23:41:17.160	25 Jul 2010 23:48:14.052	416.892
	26 Jul 2010 06:25:53.540	26 Jul 2010 06:33:06.176	432.636
	26 Jul 2010 08:02:44.808	26 Jul 2010 08:15:05.931	741.123
	26 Jul 2010 09:40:10.867	26 Jul 2010 09:54:08.901	838.034

Min Duration	25 Jul 2010 23:41:17.160	25 Jul 2010 23:48:14.052	416.892
Max Duration	25 Jul 2010 20:20:01.101	25 Jul 2010 20:33:59.870	838.768
Mean Duration			696.266
Total Duration			7658.929

SAR-LUPE_1_29658/XSAR-SL1

Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
25 Jul 2010 12:26:18.400	25 Jul 2010 12:35:32.148	553.748
25 Jul 2010 13:59:32.502	25 Jul 2010 14:11:01.047	688.544
25 Jul 2010 15:33:01.504	25 Jul 2010 15:44:24.757	683.253
25 Jul 2010 17:06:23.952	25 Jul 2010 17:16:22.174	598.222
25 Jul 2010 18:39:17.420	25 Jul 2010 18:47:42.554	505.134
25 Jul 2010 20:11:16.249	25 Jul 2010 20:19:30.559	494.310
25 Jul 2010 21:42:37.685	25 Jul 2010 21:52:15.242	577.557
25 Jul 2010 23:14:24.940	25 Jul 2010 23:25:34.143	669.204
26 Jul 2010 00:47:31.194	26 Jul 2010 00:59:03.077	691.883
26 Jul 2010 02:22:34.856	26 Jul 2010 02:32:21.904	587.048
26 Jul 2010 04:01:18.556	26 Jul 2010 04:04:05.298	166.742

Min Duration	26 Jul 2010 04:01:18.556	26 Jul 2010 04:04:05.298	166.742
Max Duration	26 Jul 2010 00:47:31.194	26 Jul 2010 00:59:03.077	691.883
Mean Duration			565.059
Total Duration			6215.646

SAR-LUPE_2_31797/XSAR-SL2

Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
25 Jul 2010 16:59:56.828	25 Jul 2010 17:08:47.580	530.753
25 Jul 2010 18:33:08.295	25 Jul 2010 18:44:28.238	679.943
25 Jul 2010 20:06:37.289	25 Jul 2010 20:17:59.958	682.669
25 Jul 2010 21:40:01.087	25 Jul 2010 21:50:02.491	601.404
25 Jul 2010 23:12:57.774	25 Jul 2010 23:21:23.812	506.038
26 Jul 2010 00:45:00.391	26 Jul 2010 00:53:08.770	488.379
26 Jul 2010 02:16:21.816	26 Jul 2010 02:25:50.800	568.985
26 Jul 2010 03:48:04.546	26 Jul 2010 03:59:08.956	664.410
26 Jul 2010 05:21:03.378	26 Jul 2010 05:32:38.369	694.991
26 Jul 2010 06:55:56.784	26 Jul 2010 07:05:59.483	602.700
26 Jul 2010 08:34:06.501	26 Jul 2010 08:38:07.706	241.205

Min Duration	26 Jul 2010 08:34:06.501	26 Jul 2010 08:38:07.706	241.205
Max Duration	26 Jul 2010 05:21:03.378	26 Jul 2010 05:32:38.369	694.991
Mean Duration			569.225
Total Duration			6261.475

SAR-LUPE_3_32283/XSAR-SL3

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 12:15:15.186	25 Jul 2010 12:20:32.875	317.690
	25 Jul 2010 20:18:15.877	25 Jul 2010 20:24:47.405	391.528
	25 Jul 2010 21:51:02.854	25 Jul 2010 22:01:42.577	639.723
	25 Jul 2010 23:24:28.779	25 Jul 2010 23:36:00.303	691.524
	26 Jul 2010 00:57:57.554	26 Jul 2010 01:08:33.569	636.016
	26 Jul 2010 02:31:09.619	26 Jul 2010 02:40:03.138	533.519
	26 Jul 2010 04:03:37.446	26 Jul 2010 04:11:29.963	472.517
	26 Jul 2010 05:35:09.693	26 Jul 2010 05:43:49.426	519.732
	26 Jul 2010 07:06:35.721	26 Jul 2010 07:16:57.133	621.411
	26 Jul 2010 08:38:58.662	26 Jul 2010 08:50:24.709	686.047
	26 Jul 2010 10:13:01.313	26 Jul 2010 10:23:51.918	650.605
Min Duration	25 Jul 2010 12:15:15.186	25 Jul 2010 12:20:32.875	317.690
Max Duration	25 Jul 2010 23:24:28.779	25 Jul 2010 23:36:00.303	691.524
Mean Duration			560.028
Total Duration			6160.312

SAR-LUPE_4_32750/XSAR-SL4

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 12:09:30.147	25 Jul 2010 12:17:16.206	466.058
	25 Jul 2010 13:42:31.373	25 Jul 2010 13:53:23.914	652.542
	25 Jul 2010 15:15:58.681	25 Jul 2010 15:27:11.845	673.165
	25 Jul 2010 16:49:24.683	25 Jul 2010 16:59:24.224	599.541
	25 Jul 2010 18:22:28.177	25 Jul 2010 18:30:46.382	498.205
	25 Jul 2010 19:54:39.995	25 Jul 2010 20:02:23.608	463.613
	25 Jul 2010 21:26:02.679	25 Jul 2010 21:34:58.857	536.177
	25 Jul 2010 22:57:36.798	25 Jul 2010 23:08:14.371	637.573
	26 Jul 2010 00:30:21.044	26 Jul 2010 00:41:43.228	682.183
	26 Jul 2010 02:04:55.184	26 Jul 2010 02:15:05.705	610.521
	26 Jul 2010 03:42:26.464	26 Jul 2010 03:47:31.811	305.347
Min Duration	26 Jul 2010 03:42:26.464	26 Jul 2010 03:47:31.811	305.347
Max Duration	26 Jul 2010 00:30:21.044	26 Jul 2010 00:41:43.228	682.183
Mean Duration			556.811
Total Duration			6124.925

SAR-LUPE_5_33244/XSAR-SL5

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)

	25 Jul 2010 11:57:02.184	25 Jul 2010 12:03:33.604	391.420
	25 Jul 2010 20:01:22.612	25 Jul 2010 20:06:20.693	298.080
	25 Jul 2010 21:33:47.336	25 Jul 2010 21:43:55.403	608.067
	25 Jul 2010 23:07:09.556	25 Jul 2010 23:18:31.715	682.159
	26 Jul 2010 00:40:38.103	26 Jul 2010 00:51:17.932	639.829
	26 Jul 2010 02:13:53.146	26 Jul 2010 02:22:53.634	540.487
	26 Jul 2010 03:46:27.806	26 Jul 2010 03:54:17.095	469.290
	26 Jul 2010 05:18:04.316	26 Jul 2010 05:26:28.633	504.316
	26 Jul 2010 06:49:25.097	26 Jul 2010 06:59:31.692	606.595
	26 Jul 2010 08:21:35.257	26 Jul 2010 08:32:57.660	682.403
	26 Jul 2010 09:55:20.154	26 Jul 2010 10:06:25.634	665.480
Min Duration	25 Jul 2010 20:01:22.612	25 Jul 2010 20:06:20.693	298.080
Max Duration	26 Jul 2010 08:21:35.257	26 Jul 2010 08:32:57.660	682.403
Mean Duration			553.466
Total Duration			6088.128

TANDEM-X_36605/XSAR-tandem

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 12:11:02.231	25 Jul 2010 12:19:58.699	536.468
	25 Jul 2010 13:42:56.080	25 Jul 2010 13:53:40.659	644.579
	25 Jul 2010 15:15:53.420	25 Jul 2010 15:27:41.044	707.624
	25 Jul 2010 16:50:34.827	25 Jul 2010 17:01:40.819	665.993
	25 Jul 2010 18:27:45.597	25 Jul 2010 18:35:11.128	445.530
	26 Jul 2010 02:34:12.411	26 Jul 2010 02:40:53.743	401.333
	26 Jul 2010 04:07:34.420	26 Jul 2010 04:18:27.159	652.739
	26 Jul 2010 05:41:32.958	26 Jul 2010 05:53:22.160	709.202
	26 Jul 2010 07:15:34.124	26 Jul 2010 07:26:29.271	655.147
	26 Jul 2010 08:49:19.338	26 Jul 2010 08:58:27.411	548.073
	26 Jul 2010 10:22:20.698	26 Jul 2010 10:30:17.522	476.823
Min Duration	26 Jul 2010 02:34:12.411	26 Jul 2010 02:40:53.743	401.333
Max Duration	26 Jul 2010 05:41:32.958	26 Jul 2010 05:53:22.160	709.202
Mean Duration			585.774
Total Duration			6443.511

TERRASAR-X_31698/XSAR-terrasar

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 12:10:59.750	25 Jul 2010 12:19:55.998	536.248
	25 Jul 2010 13:42:53.588	25 Jul 2010 13:53:37.982	644.394
	25 Jul 2010 15:15:50.924	25 Jul 2010 15:27:38.379	707.455
	25 Jul 2010 16:50:32.340	25 Jul 2010 17:01:38.154	665.814

	25 Jul 2010 18:27:43.246	25 Jul 2010 18:35:08.484	445.238
	26 Jul 2010 02:34:09.963	26 Jul 2010 02:40:50.979	401.016
	26 Jul 2010 04:07:31.900	26 Jul 2010 04:18:24.448	652.548
	26 Jul 2010 05:41:30.442	26 Jul 2010 05:53:19.449	709.007
	26 Jul 2010 07:15:31.618	26 Jul 2010 07:26:26.548	654.930
	26 Jul 2010 08:49:16.858	26 Jul 2010 08:58:24.668	547.810
	26 Jul 2010 10:22:18.243	26 Jul 2010 10:30:14.764	476.521
Min Duration	26 Jul 2010 02:34:09.963	26 Jul 2010 02:40:50.979	401.016
Max Duration	26 Jul 2010 05:41:30.442	26 Jul 2010 05:53:19.449	709.007
Mean Duration			585.544
Total Duration			6440.984

VIDSEL

	Start Time (UTCG)	Stop Time (UTCG)	Duration (sec)
	25 Jul 2010 11:57:02.184	25 Jul 2010 12:03:33.604	391.420
	25 Jul 2010 12:09:30.147	25 Jul 2010 12:35:32.148	1562.001
	25 Jul 2010 13:42:31.373	25 Jul 2010 13:53:40.659	669.286
	25 Jul 2010 13:56:06.888	25 Jul 2010 14:11:43.969	937.080
	25 Jul 2010 14:34:59.934	25 Jul 2010 14:43:41.835	521.901
	25 Jul 2010 14:44:27.383	25 Jul 2010 15:02:39.223	1091.840
	25 Jul 2010 15:15:50.924	25 Jul 2010 15:27:41.044	710.120
	25 Jul 2010 15:31:57.071	25 Jul 2010 15:52:32.809	1235.737
	25 Jul 2010 16:10:57.224	25 Jul 2010 16:41:46.274	1849.050
	25 Jul 2010 16:49:24.683	25 Jul 2010 17:30:23.137	2458.455
	25 Jul 2010 17:47:16.154	25 Jul 2010 18:18:32.388	1876.234
	25 Jul 2010 18:22:28.177	25 Jul 2010 19:06:14.310	2626.132
	25 Jul 2010 19:23:31.177	25 Jul 2010 19:53:37.706	1806.529
	25 Jul 2010 19:54:39.995	25 Jul 2010 20:06:20.693	700.697
	25 Jul 2010 20:06:37.289	25 Jul 2010 20:40:45.017	2047.728
	25 Jul 2010 20:59:23.064	25 Jul 2010 22:14:52.015	4528.951
	25 Jul 2010 22:34:27.156	25 Jul 2010 23:36:00.303	3693.147
	25 Jul 2010 23:39:17.128	25 Jul 2010 23:49:36.874	619.746
	26 Jul 2010 00:08:41.235	26 Jul 2010 01:08:33.569	3592.335
	26 Jul 2010 01:13:24.783	26 Jul 2010 01:25:15.478	710.696
	26 Jul 2010 01:42:56.635	26 Jul 2010 02:40:53.743	3477.108
	26 Jul 2010 02:48:18.641	26 Jul 2010 03:01:25.178	786.536
	26 Jul 2010 03:18:16.061	26 Jul 2010 03:59:08.956	2452.895
	26 Jul 2010 04:01:18.556	26 Jul 2010 04:18:27.159	1028.604
	26 Jul 2010 04:24:47.752	26 Jul 2010 04:37:44.820	777.068
	26 Jul 2010 04:55:22.366	26 Jul 2010 05:32:38.369	2236.003
	26 Jul 2010 05:35:09.693	26 Jul 2010 05:53:22.160	1092.467
	26 Jul 2010 06:03:30.546	26 Jul 2010 06:13:54.369	623.823
	26 Jul 2010 06:25:53.540	26 Jul 2010 06:33:06.176	432.636
	26 Jul 2010 06:34:59.083	26 Jul 2010 06:43:48.801	529.719
	26 Jul 2010 06:44:50.893	26 Jul 2010 07:05:59.483	1268.590

	26 Jul 2010 07:06:35.721	26 Jul 2010 07:26:29.271	1193.550
	26 Jul 2010 08:02:44.808	26 Jul 2010 08:15:05.931	741.123
	26 Jul 2010 08:21:35.257	26 Jul 2010 08:32:57.660	682.403
	26 Jul 2010 08:34:06.501	26 Jul 2010 08:38:07.706	241.205
	26 Jul 2010 08:38:58.662	26 Jul 2010 08:58:27.411	1168.749
	26 Jul 2010 09:40:10.867	26 Jul 2010 09:54:08.901	838.034
	26 Jul 2010 09:55:20.154	26 Jul 2010 10:06:25.634	665.480
	26 Jul 2010 10:13:01.313	26 Jul 2010 10:30:17.522	1036.208
Min Duration	26 Jul 2010 08:34:06.501	26 Jul 2010 08:38:07.706	241.205
Max Duration	25 Jul 2010 20:59:23.064	25 Jul 2010 22:14:52.015	4528.951
Mean Duration			1407.725
Total Duration			54901.288

3 Konjunktionsanalys för Prisma

07 Feb 2011 16:27:14

AdvCAT-AdvCAT1

Close Approach Definition

Advanced CAT object: AdvCAT1
Close Approach Threshold: 10.000000 (km)
Close Approach Time Interval: 6 Jul 2010 18:00:00.000 to 7 Jul 2010 01:00:00.000

Settings

Out of Date Filter is OFF.
Apo Peri Filter is ON. Pad is 30.000000 (km)
Path Filter is ON. Pad is 30.000000 (km)
Time Filter is ON. Pad is 30.000000 (km)

MaxSampleStepSize is 300.000000 secs
MinSampleStepSize is 1.000000 secs

Name	Status	Type	Tangential (km)	Cross-Track (km)	Normal (km)
PRISMA_TLE.sa	Found File	Sat File	3.000000	0.500000	0.200000
PRISMA_SSC.sa	Found File	Sat File	0.059000	0.002000	0.004000

Name	Status	Type	Tangential (km)	Cross-Track (km)	Normal (km)
stkSatDbAll.tce	Found File	Tle File	10.000000	5.000000	5.000000

Close Approach Report by Min Range

Primary Vehicle: PRISMA_TLE.sa

Object Name	Time In (UTCG)	Time Out (UTCG)	Min Separation (km)	Min Range (km)
tle 34544	6 Jul 2010 22:59:24.166	6 Jul 2010 22:59:27.732	Intersect	1.436951
tle 15482	6 Jul 2010 18:19:49.545	6 Jul 2010 18:19:57.744	0.332168	6.176730
tle 33996	6 Jul 2010 20:01:40.938	6 Jul 2010 20:01:43.762	1.198776	6.785458
tle 29883	6 Jul 2010 23:08:01.357	6 Jul 2010 23:08:04.354	Intersect	7.614989
tle 35287	6 Jul 2010 21:28:26.857	6 Jul 2010 21:28:29.382	4.406766	9.857269
tle 12200	6 Jul 2010 20:39:38.593	6 Jul 2010 20:39:41.090	4.556450	10.183139
tle 36256	6 Jul 2010 18:57:05.819	6 Jul 2010 18:57:07.791	7.450401	13.273473
tle 27687	6 Jul 2010 18:47:47.842	6 Jul 2010 18:47:49.343	8.158050	14.258379
tle 25276	6 Jul 2010 18:03:18.040	6 Jul 2010 18:03:19.464	7.854967	16.859133

Primary Vehicle: PRISMA_SSC.sa

Object Name	Time In (UTCG)	Time Out (UTCG)	Min Separation (km)	Min Range (km)
tle 36599	6 Jul 2010 18:00:00.000	7 Jul 2010 00:00:00.000	Intersect	0.779176

tle 34544	6 Jul 2010 22:59:24.224	6 Jul 2010 22:59:27.308	Intersect	2.055485
tle 15482	6 Jul 2010 18:19:49.819	6 Jul 2010 18:19:57.391	0.807105	6.585713
tle 33996	6 Jul 2010 20:01:41.059	6 Jul 2010 20:01:43.449	2.163178	7.208836
tle 29883	6 Jul 2010 23:08:01.402	6 Jul 2010 23:08:03.852	1.955806	8.562292
tle 35287	6 Jul 2010 21:28:26.928	6 Jul 2010 21:28:29.064	4.623338	9.678193
tle 12200	6 Jul 2010 20:39:38.698	6 Jul 2010 20:39:40.813	4.729597	9.905328
tle 36256	6 Jul 2010 18:57:05.992	6 Jul 2010 18:57:07.583	7.707603	13.012597
tle 27687	6 Jul 2010 18:47:48.009	6 Jul 2010 18:47:49.276	8.325850	13.697360
tle 25276	6 Jul 2010 18:03:18.546	6 Jul 2010 18:03:19.241	9.479365	16.688435