

Rymdarenans möjligheter

*Inträdessanförande i KKrVA avd IV den 18 mars 2011
av Ella Carlsson Sjöberg*

Résumé

Space has for a long time been a tool of the superpowers. However, technological progress, cost-effective solutions, dual-use and international cooperation has given small nations and other organisations a much wider access to space during the last decade. The space arena is a powerful enabler for both civilian and military operations and a crucial key factor for success. If wisely used, space capabilities can enhance military operations and also strengthen the Swedish position in the global space society. The focus of this inauguration speech is to inform the Academy of the space arena and its different possibilities and also to give an update of the Swedish Armed Forces' efforts in this matter.

FÖR MÅNGA ÄR rymden förknippat med science fiction och lasersvärd. Min ambition är att ge läsaren en bredare bild av rymden som en del av den militära och säkerhetspolitiska arenan och som idag faktiskt är avgörande för framgångsrika militära operationer. Förutom att beskriva rymdarenans miljö, karaktär och olika satellitbanor kommer jag även att informera om olika satellitförmågor. Avslutningsvis kommer jag kort att berätta om Försvarsmaktens koppling till ämnet samt intressanta utvecklingsområden inom rymdarenan. Syftet är att höja den grundläggande rymd-kompetensen inom akademien med en förhoppning att rymden kan vara ett levande diskussionsämne.

Rymdmiljön

Redan för tvåhundra år sedan sammanfattade Carl von Clausewitz värdet av att behärska den högre terrängen i följande tre punkter; större taktisk nytta, försvårat tillträde och bättre överblick.¹ Dessa teoretiska betraktelser är direkt applicerbara på

rymdarenan som i stort kan jämföras med den högre terrängen.

Då det inte finns några konkreta gränser mellan lufthavet och rymden är det svårt att fastställa den exakta skiljelinjen däremellan. FAI (Fédération Aéronautique Internationale) anser att rymden börjar vid 100 km, medan NASA och USAF menar att den börjar redan vid 80 km, där termosfären börjar (de astronauter som passerat 80 km tilldelas NASA:s astronautvingar). Höjden 80-100 km är ett internationellt vedertaget begrepp för rymdarenans gränsdragning. Satelliter kan färdas på en höjd av ca 150 km, men på grund av det höga luftmotståndet på den höjden kretsar de flesta satelliterna ovanför 300 km. Satelliternas specifika banparametrar väljs efter deras olika användningsområden.

Även om luftmotståndet är näst intill obefintligt ju längre ut i rymden man kommer finns det dock en stor mängd med rymdskrot som utgör en påtaglig fara för all rymdverksamhet. Det finns över 19 000 spårbara föremål större än 10 cm i omloppsbana runt jorden. Förutom des-

sa finns det över hundra miljoner objekt som är mindre än 10 cm och som allvarligt kan skada andra satelliter vid en kollision. Spårning av rymdskrot sker bl a med hjälp av radar och teleskop, där USA bedöms inneha den största och mest noggranna katalogen.

I januari 2007 sköt Kina ner sin egen satellit på 860 km höjd och skapade med detta ett bälte med mer än 2 700 skrotdelar som kan spåras från jorden. Enligt NASA:s beräkningar skapade kollisionen dessutom mer än 150 000 objekt som inte är tillräckligt stora att kunna spåras. Genom denna nedskjutning har Kina inte bara förnekat tillträde för sig självt, men även för alla andra inom ett brett bälte. Händelsen skapade stor oro i rymdvärlden, speciellt i USA, som ansåg att detta var en demonstration av Kinas ASAT-förmåga (Anti-Satellit). Vidare krockade en amerikansk kommunikationssatellit med en rysk satellit 2009 i hastigheter över 40 000 km/h, vilket resulterade i ytterligare 1 400 nya objekt som blivit katalogiserade.

Förutom vakuum och låga temperaturer utsätts satelliter för olika typer av strålning såsom kosmisk strålning, strålning från Van Allen-bältena och strålning från solen. Strålningen kan skapa något som kallas för bit-flips, vilket kan resultera i att en digital etta blir en nolla eller tvärtom, vilket i sin tur kan ge felaktiga kommandon i satelliten.

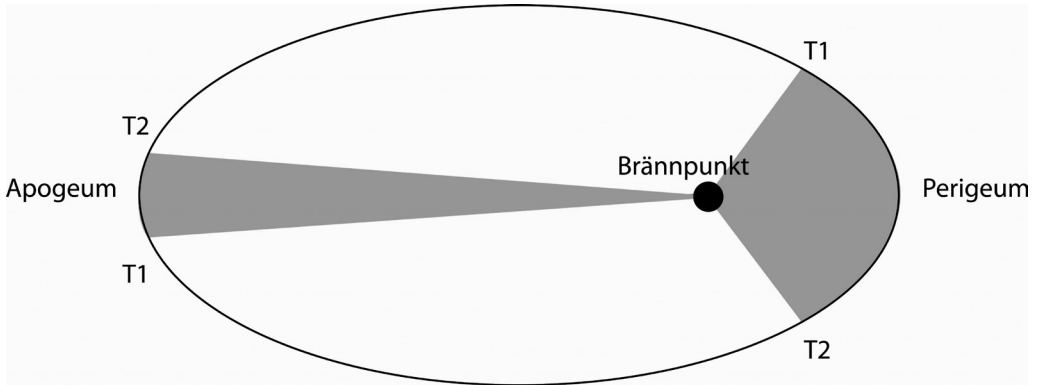
Rymdarenans karaktär

Enligt *Doktrin för luftoperationer*² omfattar luftarenan stridsrummet ovanför landytan och havsytan, vilket också inkluderar rymden. Arenans utmärkande egenskaper karaktäriseras av hinderfrihet, lågt motstånd och transparens.³ Det som är specifikt för rymdarenan är att den är en

världsomfattande arena som medger global access, vilket i sin tur beror på satelliternas banparametrar. Då rymden inte betraktas som en nations territorium är arenan icke kränkande, och ett område som kan nyttjas av alla. Mediets transparens tillsammans med den höga höjden ger en mycket god överblick av underliggande områden. Det är dessutom någorlunda komplicerat att detektera och spåra satelliterna, vilket gör det svårt att störa ut eller bekämpa förmågorna utan avancerade resurser såsom radar, teleskop och ett uppdaterat satellitdatabibliotek. En satellit kan kretsa i omloppsbanan runt jorden under många års tid utan underhåll, vilket gör den oerhört utållig i jämförelse med andra traditionella plattformar. Men om plattformen på något sätt skulle gå sönder är reparation näst intill uteslutet. Detta kan dock undvikas genom att man bygger in redundanta system i satelliterna.

Satelliters rörelser

Satelliter som kretsar runt jorden gör detta på olika höjd och i olika sorters bansymmetrier (t ex cirkulära, elliptiska och stationära banor) som följer Keplers lagar – se nedan. Satellitbanornas karaktäristik är optimerad för deras specifika nyttolast. Satelliterna behöver i sig inget framdrivningssystem när de väl skjutits upp, utan påverkas istället av atmosfärens friktion, jordens tillplattning kring polerna samt av tyngdkraften. För varje banhöjd finns en specifik fart där satelliterna ligger i ett konstant frifall runt jorden utan att vare sig lämna himlakoppen eller falla tillbaka på marken. Ibland behöver vissa satelliter ändra bana, attityd (pekningsriktning) eller kompensera för atmosfärens motstånd. För att utföra en sådan manöver behövs energi som exempelvis ges av korta gasimpulser



Figur 1. Figuren visar hur en planet rör sig i en ellipsbana runt en brännpunkt. När de gråa tårtbitarna har samma area tar det lika lång tid för en satellit att röra sig från T1 till T2, oavsett om den går i det i det vänstra banspåret vid apogeum eller i det högra vid perigeum. Detta innebär att satelliterna rör sig långsammare i apogeum i jämförelse med perigeum.

från styraketer eller av momenthjul på satelliten.

Kepler härledde tre lagar för att beskriva planetrörelser, där den första lagen säger att planeterna rör sig i ellipsbanor med solen i ena brännpunkten (se fig 1). En cirkel är ett specialfall där brännpunkterna i ellipsen sammanfaller i en och samma punkt.

Den andra lagen säger att en satellit rör sig fortare i förhållande till den underliggande marken då den är nära brännpunkten och långsammare då den är längre bort. Areorna i figuren är lika stora, och enligt Keplers andra lag så går det lika fort för en satellit att färdas från T1 till T2, vilket innebär att satelliten rör sig fortare i perigeum (satellitens närmsta avstånd till brännpunkten) än vad den gör i apogeum (satellitens längsta avstånd till brännpunkten).

Den tredje lagen säger att förhållandet mellan en planets omloppstid i kvadrat och kuben på planetens medelavstånd från solen är konstant för alla planeter; $T^2/r^3=k$.

Planeterna i Keplers lagar kan likställas med satelliter och solen med den him-

lakropp som satelliten kretsar runt, exempelvis jorden.

Satellitbanor

Det finns en rad olika sorters banor som en satellit kan färdas i och som beskrivs enligt nedan. Syftet med att ingående beskriva satellitbanor är att informera om hur en satellit färdas och med det hur den kan verka. En satellit kan exempelvis inte "hänga" över Sverige, utan istället passerar den över oss. Däremot kan en satellit vara stationär ovanför en punkt vid ekvatorn, i en s k geostationär bana (se nedan).

LEO – Low Earth Orbit

Satelliter som går i LEO-banor kretsar på höjder mellan ca 150-2 000 km, där atmosfärens friktion och med det en stabil bana är gränssättande för den nedre gränsen. Användningsområdena för satelliterna i dessa banor omfattar bl a fjärrspanings-satelliter. Många satelliter i LEO går i polära banor, d v s de går från pol till pol och har med det en inklination på ca 90°.

Inklinationen är vinkeln mellan satellitbanan och ekvatorialplanet.

Eftersom Jorden roterar 15° per timme får en satellit i en polär bana en global överblick, något som är fördelaktigt vid fjärrspaning. Solsynkrona satelliter går i banor där inklinationen är $>90^\circ$. Dessa satelliter passerar alltid ovanför samma geografiska punkt vid samma klockslag. Detta resulterar i att bilder som är tagna med solsynkrona satelliter alltid är belysta från samma håll, vilket är fördelaktigt vid en jämförande analys.

MEO – Medium Earth Orbit

Alla satelliter som går mellan LEO och GEO (se nedan) går i medelhöga banor, MEO. Banan är vanlig för navigationssatelliter (GPS, Glonass, Galileo). Kommunikations-satelliter med täckning över nord- och sydpolen använder också MEO. Många navigationssatelliter har en omloppstid av 12 timmar, d v s de färdas två varv runt Jorden på ett dygn på en höjd av 20 200 km. Denna speciella bana kallas för semisynkron bana.

HEO^A – High Earth Orbit

Denna bana används av satelliter med extremt höga banhöjder och som ligger ovanför den geostationära (se nedan).

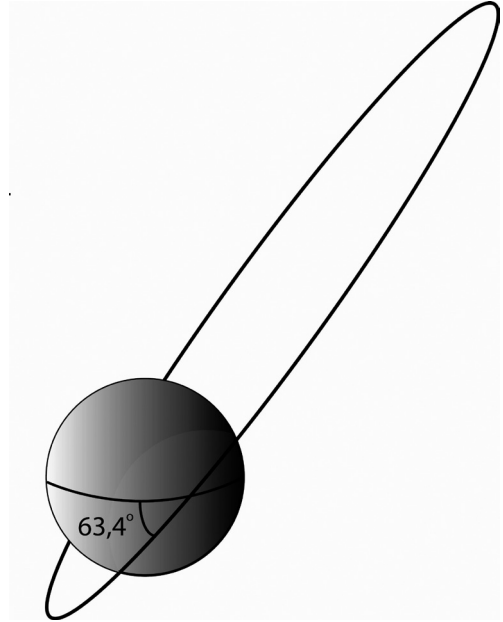
HEO^B – Highly Elliptical Orbit

HEO är en elliptisk bana som har ett lågt perigeum och ett högt apogeum (över $\sim 36\,000$ km). Två exempel på HEO^B är Molniya- och Tundrabanor (dessa banor är beskrivna enligt nedan).

Molniya

Molniya-banan är kraftigt elliptisk med ett perigeum på ca 500 km och apogeum

på ca 40 000 km samt en inklination på $63,4^\circ$ (se fig 2). Omloppstiden är ca 12 timmar varav ca 10 av dessa kan användas för t ex kommunikation. Med tre satelliter i Molniyabana kan ständig täckning över norra halvklotet erhållas.



Figur 2. Bilden illustrerar en Molniyabana runt Jorden med en inklination av $63,4^\circ$. Enligt Keplers lagar rör sig satelliten snabbare närmare jorden än längre bort. Detta innebär att satelliten kommer att befinna sig ovanför den ena hemisfären (i detta fall den norra) i nästan tio timmar, medan den passerar den nedre hemisfären på bara några få timmar.

Tundra

Tundrabanan påminner om Molniyabanan och har samma inklination, apogeum och perigeum. Omloppstiden är däremot dubbel så lång, d v s 24 timmar, vilket gör att det projicerade banspåret på marken liknar en åtta. Japan har vidareutvecklat Tundrabanan genom att tillföra ytterligare två satelliter för att få en ständig täckning

över ett och samma område. Detta system, som går under betäckningen QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), lämpar sig väl för exempelvis lokal navigering.

GEO – Geostationary Earth Orbit

Geo står för geostationärbana och innebär att satelliten står över en och samma punkt på ekvatorplanet och har med det samma vinkelhastighet som Jorden, d v s ett dygn. Banan går parallellt med ekvatorn och har således en inklination på 0° och en banhöjd på ca 35 800 km. Satellitens position anges med dess projicerade longitud. Satelliter i GEO kan täcka in nästan en tredjedel av jordklotet. Nackdelen är att de inte täcker in områden kring polerna.

Registrering av satelliter

Satelliter som skickas upp i rymden ska registreras enligt Convention of Registration of Launched Objects into Outer Space, ett fördrag som antogs av FN:s generalförsamling 1974 och trädde i kraft 1976. 56 nationer har stadsfäst fördraget som kräver att man för varje satellit registrerar:

- Den uppskjutande statens namn.
- Satellitens beteckning.
- Datum och plats för uppskjutningen.
- Grundläggande banparametrar.
- Satellitens generella funktion.

Det finns en problematik som är kopplat till otydligheten i ovanstående registreringskrav. Det råder bl a delade meningar gällande vilken stat som är den uppskjutande nationen. Ibland anges staten från vilken satelliten skjuts upp och ibland den stat i vilken företaget som byggde satelliten är registrerad. Detta vilseledande förfarande görs oftast för att dölja den rättmätige ägaren till satelliten.

Eftersom en del satelliter (bana och förmåga) är omgärdade av hög sekretess vill dess ägare inte att andra nationer ska få veta satellitens banparametrar och därför anger endast banelement för den första banan som satelliten får direkt efter uppskjutningen. Efter hand kan höjd, inklination, apogeum, perigeum m m avsevärt förändras genom olika manövrar. Det har även hänt att stater endast angett banparametrar för en satellit eftersom det är svårt att

Förmåga (ex)	Bantyp	Höjd	Omloppstid	Inklination
– Kommunikation – Förvarning – SSA	GEO	35 800 km	24 h	$\sim 0^\circ$
– Fjärrspaning – IMINT	Solsynkron	$\sim 600 - 800$ km	$\sim 96-100$ min	$\sim 98^\circ$
– GPS	Semisynkron	20 200 km	~ 12 h	55°
– Rymdfärjan	LEO	$\sim 300 - 600$ km	~ 90 min	$28,5^\circ$ eller 57°
– Förvarning – Kommunikation – Spaning	Molniya	500 – 40 000 km	12 h	$63,4^\circ$

Tabell 1. Ovanstående tabell visar exempel på olika satellitbanor och dess korresponderande användningsområden.

dölja en uppskjutning, men i själva verket har ett flertal satelliter skickats upp i samma omgång. Det är bl a tack vare ett välutvecklat nätverk med amatörastronomer som detta har uppdagats.

Rymdsystem

För att nyttja rymdförmågor behövs tillgång till fler system än själva satelliten. Rymdsystem består av tre olika segment: rymdsegmentet, marksegmentet och användarsegmentet. Rymdsegmentet utgörs av en eller flera satelliter. Marksegmentet i sin tur består av markstationer som kan ha flera olika uppgifter så som; spåra och fastställa en satellits position, ladda ner data från satellitens olika komponenter samt skicka upp kommandon till satelliten. Man brukar kalla marksegmentets verksamhet för TT&C (Telemetry, Tracking and Command). I användarsegmentet omvandlas slutligen signalerna från satelliternas nytolast till värde för användarna.

I den civila sektorn är det främst tre tjänster som nyttjas: fjärranalys, dvs observation av jorden från rymden, satellitkommunikation och satellitnavigering. Militärt sett tillkommer några tjänster så som förvarning, där man via IR-sensorer kan få en förvarning om exempelvis avfyra missiler. Fjärranalys nyttjas även militärt med optiska-, IR- och radar-sensorer, fast oftast med betydligt högre upplösning. Ett annat militärt område är signalspaning där satelliterna avlyssnar det elektromagnetiska spektrumet för att fåna upp signaler från jordytan.

Militärt sett används satellitdata främst på en strategisk nivå, men med kortare ledtider kan rymdförmågorna även nyttjas på en operativ och taktisk nivå. På den strategiska nivån insamlas data från omvärlden

för att följa olika händelseförlopp över tiden för att bl a upptäcka anomalier.

Rymdförmågor

Rymdförmågor kan drivas och nyttjas av både kommersiella och statliga aktörer. Den sistnämnda kan antingen vara civil eller militär eller både och. Konceptet då förmågorna nyttjas för både civil och militär verksamhet av stater går under betäckningen *dual-use*, ett förfarande som blir allt vanligare för att skapa synergier däremellan.

Rymdplattformar bidrar till att vidmakthålla en rad olika militära förmågor som bl a innefattar följning av AIS/IK (Automatic Identification System/Igenkänning), fjärrspaning, förvarning, gammadetektion, navigering (inklusive positionering och tidssynkronisering), IMINT, SIGINT, SSA och kommunikation.

AIS/IK

2001 beslutade FN-organet IMO (International Maritime Organization) att alla fartyg över 300 ton ska inneha AIS. Numera gäller även detta för alla passagerarfartyg oavsett tonnage. AIS-data består av information om fartygets namn, position, hastighet, kurs, destination och last som skickas ut via VHF. Flera länder bygger upp nationella landbaserade AIS-nätverk där Kina innehar ett av de största enskilda nätverken i världen. Kanada var först (2008) med att skicka upp en AIS-satellit. Idag finns det endast några få kommersiella aktörer som säljer globala AIS-rymdtjänster, där USA är ledande. ESA (European Space Agency), och EMSA (European Maritime Safety Agency) har under 2011 inlett diskussioner för att identifiera ett europeiskt rymdbaserat AIS-system för global täckning. 2010 skickade Norge upp sin första

AIS-satellit i syfte att få en överblick över fartygsrörelser, främst i ishavet, men även globalt. Norge planerar att skicka upp en AIS-satellit till. AIS-detektering från rymden är på ett sätt en SIGINT-förmåga då satelliterna upptäcker och följer signaler från havsytan.

Avbildande

Avbildande satelliter kan nyttja olika typer av sensorer så som IR, elektro-optiska och radar. Vissa av de avbildande satelliterna används för jordobservation inom områden som exempelvis oceanografi, kartläggning av konsekvenser vid naturkatastrofer, observation av jordbruk och skogsavverkning, infrastruktur samt stöd till GIS (Geografiskt Informationssystem) m m. Dessa satelliter behöver inte samma bildupplösning för sina ändamål och kallas för fjärrspanande satelliter och används oftast i forskningssyfte eller för krishantering.

Avbildande satelliter som används i militära syften eller i säkerhetssyften har oftast en betydligt bättre upplösning än de fjärrspanande satelliterna. Den högre upplösningen är nödvändig då det ställs högre krav på att upptäcka detaljer.

För att erhålla en adekvat upplösning på radarbilderna måste loben som belyser målområdet vara liten och med det måste antennen vara stor. För att få en god upplösning från en rymdbaserad plattform skulle en oerhört stor antenn krävas. För att kringgå detta kan man använda en SAR (Syntetisk Apertur Radar). Då SAR belyser ett område från många olika vinklar på sin banrörelse, kan man via avancerad signalbehandling få en mycket god upplösning med betydligt mindre antenner. Dessutom är SAR oftast oberoende av ljus- och väderleksförhållanden, något som

bl a är fördelaktigt i områden med mycket molntäcke.

Globalt sett är det många nationer som innehar en mycket god SAR-förmåga. Förutom Israel, Japan, Kanada, Ryssland, Storbritannien, Sydkorea och USA innehar även Europa en mycket god SAR-förmåga via det tyska systemet SAR-Lupe samt det italienska COSMO-SkyMed, där det sistnämnda er ett *dual-use* system. Italien och Tyskland utvecklar nu nästa generation SAR-satelliter där Försvarmakten bjudits in att delta som samarbetspartner. Försvarmakten har utifrån sina behov och ekonomiska förutsättningar i första hand valt att satsa på det nya tyska systemet som heter SARah och som beräknas skjutas upp kring 2017.

Förvarning

Förvarningssatelliter har IR-sensorer ombord som bl a kan upptäcka raketuppskjutningar genom att detektera heta förbränningsgaser. Genom att spåra gaserna kan man förutom att detektera uppskjutningsplatserna även projicera banan för missilen. IR-sensorer kan även upptäcka kärnvapenexplosioner. USA var pionjärer med rymdbaserad förvarning med IR redan på 60-talet och ett decennium senare fick Sovjetunionen förmågan. Idag har även Frankrike förmågan att upptäcka missiluppskjutningar med satelliterna Spirale-1 och 2. USAs program kallas för SBIRS och innefattar satelliter i olika bankonstellationer, medan Rysslands program går under namnet Oko (Oko betyder öga på ryska). Även Japan har visat intresse för förmågan, ett intresse som främst är kopplat till Nordkoreas uppskjutningar.

Detektion av strålning

Mellan 1960 och 1980 skickade USA upp satelliter med gammadetektorer inom programmet VELA. Satelliterna kretsade på ca 118 000 km där syftet var att övervaka avtalet rörande kärnvapenprovstoppet i atmosfären (LTBT – Limited Test Ban Treaty, det avtal mellan Sovjetunionen, Storbritannien och USA som trädde i kraft 1963). Numera har USA via GPS-satelliterna global kontroll på kärnvapenexplosioner då varje GPS-satellit är utrustad med olika sorters detektorer så som optiska sensorer, röntgendetektor, dosimeter och EMP-sensorer.

Navigering

Allt fler nationer satsar på olika sorters navigeringssatelliter. Europa (Galileo) liksom Kina (BEIDOU-Compass), Ryssland (Glonass) och USA (GPS), satsar på globala system, medan länder som Indien och Japan har valt att satsa på att utveckla lokala system. Det amerikanska GPS samt det ryska Glonass är idag fullt fungerande globala system, medan Galileo och det kinesiska BEIDOU-Compass inte beräknas vara fullt operativa förrän tidigast år 2020.

SSA – Space Situational Awareness

Rymdlägesbild är ett instrument för att övervakning och kontroll av rymden. I och med den alltmer omfattande rymdverksamheten har syftet med SSA utvecklats och innefattar idag ett flertal andra förmågor, där några mestadels är civilt inriktade. Förutom information om hot mot och från rymdbaserade system omfattar SSA även information om hot från naturliga objekt så som asteroider och rymdväder. SSA delas därför upp i tre separata segment:⁴

- SST (Space Surveillance and Tracking) som avser lägesbild för objekt i omloppsbanor runt Jorden.
- Rymdväder som bl a omfattar hur solvinden inverkar på jordens atmosfär, vilket i sin tur kan påverka prestanda hos rymd- och markbaserade system,
- NEO (Near Earth Objects) som innefattar riskbedömningar och åtgärder kopplat till asteroider som passerar Jorden.

Rymdväder beskriver elektriska, magnetiska, partikel- och strålningsförhållanden i rymden. Dessa parametrar kan avsevärt påverka teknisk utrustning och vågutbredning. FOI har studerat fenomenet och kommit fram till ett flertal händelser där Forsvarsmaktens system påverkats.⁵

Genom SSA kan man erhålla ett hållbart nyttjande av rymden genom att kontrollera bl a den ökande mängden satelliter och rymdskrot som idag är det största hotet mot det fria nyttjandet av rymden. Rymdskrot hotar förutom kommersiella aktörer även militära/säkerhetspolitiska rymdtjänster så som exempelvis kommunikation, navigering, samt bild- och signalunderrättelseinhämtning.

Som tidigare nämnts är USA den tongivande aktören i världen via STRATCOM (US Strategic Command) där enheten JSpOC (Joint Space Operations Center) ansvarar för att upprätthålla en aktuell katalog över konstgjorda objekt i omloppsbanor runt Jorden. Sedan Sputnik sköts upp 1957 har över 30 000 konstgjorda föremål blivit katalogiserade. Idag följer JSpOC mer än 19 000 katalogiserade objekt, där det mesta är fragment av inaktiva satelliter.

I takt med att världens nationer blir alltmer beroende av rymdbaserade tjänster har behovet av en korrekt rymdlägesbild ökat för att säkra tillgången till dessa tjänster.

Kommunikation

Kommunikation går via tråd eller länk, där länken i vissa fall kan gå över satelliter. Detta är fördelaktigt vid kommunikation i otillgänglig terräng utan infrastruktur eller över långa avstånd där signalen kan reläas via rymdbaserade plattformar.

Satellitkommunikation nyttjas av många civila användare, vilket gör att tjänsten är väl utvecklad. Många nationer har väl utvecklade militära förmågor för kommunikation, men samutnyttjar även de civila plattformarna för olika ändamål så som överföring av tal, data, Internet, m m, fast då oftast krypterat. I Libyen-insatsen styrdes Predator-UAV:er via satellitlänk från USA. Många kommunikationssatelliter finns i GEO, men för att få täckning vid högre latituder måste man komplettera med satelliter i andra banor.

Ett återkommande dilemma för Försvarsmakten idag är att säkerställa satellitkommunikation samt tillräcklig bandbredd för insatta förband utomlands.⁶

Signalspaning

Signalspaning kan bedrivas från en rad olika plattformar, både stationära och rörliga. Oftast är de rörliga, förknippade med fordon, fartyg och flygplan. Signalspaning kan även utföras från plattformar i rymden från olika sorters banor.

Signalspaningssatelliter har alltid omgärdats av en hög sekretess och med det finns mycket litet information att tillgå, vilket gör det mycket svårt att sammanställa olika nationers förmågor. Förmågorna är strikt kopplat till stater och till militära och säkerhetsinriktade instanser. De nationer som bedöms ha möjlighet att avlyssna signaler från rymden är Frankrike, Kina, Ryssland och USA.

Tillgång till satellitdata

I de flesta fallen kan man köpa de rymdbaserade tjänsterna från kommersiella aktörer. När det exempelvis gäller data från avbildande satelliter är det möjligt att antingen köpa data från befintliga bibliotek eller inrikta satelliterna, där det senare är betydligt dyrare. Vid avsaknad av egen rymdbaserad förmåga, exempelvis IMINT, finns det en risk att man råkar ut för en försämrad tillgång till bilder, som exempelvis vid Georgien-krisen då en kommersiell tillhandahållare hade sommarstängt. Ett annat exempel då de kommersiella bilderna uteblir är då USA nyttjar konceptet *shutter-control*, dvs där USA via avtal⁷ får förtur på de kommersiella aktörernas system och köper med det upp alla bilder (under Afghanistan-kriget 2001 köpte USA upp rätten till nästan alla satellitbilder, bl a på den kommersiella satelliten Ikonos).

Europa genomsyras av mantrat *Pooling & Sharing*, ett begrepp som kommer att utvecklas under det kommande decenniet. Det tysk-svenska samarbetet med de framtida SAR-satelliterna SARah är ett exempel på en sort av Pooling & Sharing, där Sverige förser systemet med en antenn på Esrange, TT&C samt dataöverföring, och där Tyskland står för satelliterna.

Försvarsmakten och rymdarenan

Försvarsmakten har under många år haft ett intresse för rymdarenan. Redan 1975 genomförde Försvarsmakten sin första studie inom området: studie om användning av spaningssatelliter för Försvarsmakten. Sedan dess har Försvarsmakten genomfört 17 olika studier kopplat till rymdområdet. Den senaste studien presenterades våren 2013, där syftet var att inventera och

analysera olika sorters rymdförmågor, undersöka Försvarets behov och lämna förslag på en rymdstrategi.⁸

I regleringsbrevet 2005⁹ fick Försvaretsmakten i uppgift att redovisa det nuvarande behovet och behovet på lång sikt när det gällde internationell samverkan inom rymdområdet samt inriktningar och prioriteringar för satsningar på rymdområdet. I och med SR 78¹⁰ fick Försvaretsmakten sin första inriktning gällande rymdområdet. Försvaretsmakten redovisade i SR 78 att det fanns ett behov, främst inom bildalstrande spaning, kommunikation och positionering. I denna särskilda redovisning förordade Försvaretsmakten en kombination av internationell samverkan och eget ägda system. Försvaretsmakten underströk även vikten av en nationell strategi för rymdområdet, något som fram till dagens datum inte är omhändertaget.

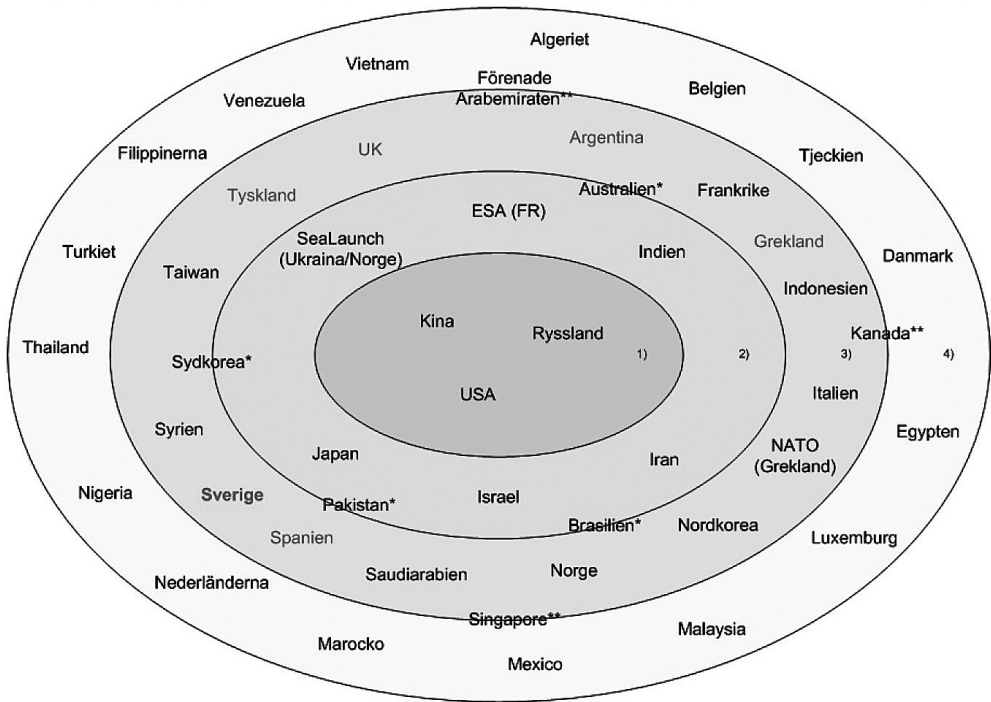
Då EU-kommissionen tagit fram en vitbok om rymden verkade regeringskansliets intresse för rymden fortsätta, då Försvaretsmakten 2006 i regleringsbrevet¹¹ fick till uppgift att redovisa förutsättningarna för att införa en svensk spanings satellit. I Försvaretsmaktens studie analyserades fyra olika designförslag med bl a olika upplösningar och stråkbredder. I den särskilda redovisningen till regeringskansliet, SR79,¹² konstaterar Försvaretsmakten att en svensk övervakningssatellit skulle ge tillgång till integritetskritisk information i rätt tid för såväl nationella och internationella insatser som för olika typer av civil krishantering. Huvudsyftet med förmågan skulle vara att komplettera och eventuellt verifiera annan tillgänglig information, samt ge beslutsfattare ett bättre beslutsunderlag. Men sammantaget skrev Försvaretsmakten att man inte planerade att anskaffa en egen övervakningssatellit.

Försvaretsmakten har även lagt ut en rad olika rymdrelaterade studier på FOI. Denna studieverksamhet tog fart 2003 och den har levererat underlag i en stadig ström. Idag lägger FOI en tyngre fokusering på omvärldsbevakning för att ge oss en systematisk överblick av nya satellitsystem, samarbeten och aktörer som ger ett väl underbyggt underlag för trender och möjligheter inom rymdarenan.

Försvaretsmakten genomför även perspektivstudier vars syfte är att ta fram underlag för en långsiktig inriktning. Dessa studierapporter utgår från lagd politisk inriktning, men ska också identifiera nya och förändrade möjligheter och utmaningar som på lång sikt påverkar och inverkar på Försvaretsmaktens utformning. Perspektivstudien kan därför ses som Försvaretsmaktens förslag till regeringen på en utveckling bortanför nu rådande planeringsperiod. I de senaste perspektivstudierna har rymden omnämnts vid ett flertal tillfällen och blivit ett särskilt fokusområde tillsammans med bl a cyber och UAV.

Inom FoT (Forskning och teknikutveckling) Samverkansprogrammet deltar Försvaretsmakten i ett FoT-projekt tillsammans med US AFRL (Air Force Research Laboratory) vars syfte bl a är att utveckla standardiserade gränssnitt, miniatyrisering och modularitet, tekniker som enligt plan ska testas på en demonstratorsatellit och som kan komma att användas i andra tekniska plattformar inom Försvaretsmakten i framtiden.

Flera nationer i Europa satsar på den militära rymdarenan. Frankrike är ett av de ledande länderna inom IMINT (elektro-optisk, IR) och SIGINT, medan Italien och Tyskland har kommit långt inom SAR-området. I ett europeiskt initiativ, MUSIS (Multinational Space Based Imaging System), som numera är ett projekt inom EDA,



Figur 3. Bilden illustrerar olika nationers förmågor kopplat till rymdarenan och  r tagen från FOI-rapporten FOI-R-2834-SE med tillåtelse från författaren Christer Andersson.¹⁴

deltar Belgien, Frankrike, Grekland, Italien, Spanien och Tyskland, där syftet från början var att skapa gemensamma rymdförmågor. Idag är tanken att istället ta fram gemensamma marksegment. Sverige har samverkat med nationerna inom MUSIS och i Försvarsmaktens budgetunderlag 2013, bilaga 1, kan man läsa att satsningen i första hand kommer att ske inom området rymdbaserad SAR.

Rymdbasen Esrange i Kiruna  r en strategisk viktig resurs som avsevärt ökar den operativa nyttan hos en satellit i polär bana. Försvarsmakten har erbjudit andra nationer t janster på ESRANGE för att få tillgång till satellitdata. I och med detta förfarande behöver Försvarsmakten i detta första rymdsteg varken utveckla, bygga el-

ler vidmakthålla satelliter utan kan istället kan offerera TT&C i utbyte av en annan nations satellitdata, något som man bl a erbjuder Tyskland.

Trender och utveckling

Ovanstående bild visar nationers olika rymdförmågor.¹³ Den inre cirkeln visar bemannad uppskjutningsf rm ga och den nästkommande visar på obemannad orbital uppskjutningsf rm ga. Den tredje ringen inifrån redovisar nationer med suborbital uppskjutningsf rm ga (h r ingår Sverige) och den yttersta ringen visar satellitoper t rer.

Ovanstående bild visar att allt fler aktörer ger sig in i rymdarenan, en trend som bl a möjliggörs av teknikspridning och

kostnadseffektivitet. Rymdarenan tillhör idag inte stormakterna enkom, utan kommer i framtiden vara betydligt mer tillgänglig för allt fler intressenter.

Som tidigare nämnts inom samarbetet mellan Försvarmakten och US AFRL, satsar fler på miniaturisering för att minska ner på vikt och volym och med det uppskjutningskostnaderna. Idag kostar det ca 70 000-200 000 kronor att skicka upp 1 kg i rymden beroende bl a på slutlig satellitbana (det är betydligt dyrare att skicka upp en satellit till GEO i jämförelse med LEO).

Ett mantra som genomsyrat rymdverk-samheten i mer än ett decennium är: smaler, faster, cheaper. Standardiserade gränsnitt medger snabbare byggnation av satelliter. Många ser framtiden som ett ”rymd-IKEA” där man från ett uttalat behov till uppskjutning ska kunna plocka ihop en satellit på mindre än en vecka. Visionen är att plattformarna och sensorerna ska stå klara på lagret och snabbt kunna monteras efter behov med Plug & Play-teknik.

Kinas nedskjutning av sin egen vädersatellit 2007 skapade stor oro i rymdvärlden då Kina visade prov på sin ASAT-förmåga. Detta gjorde att USA bl a inrättade kontoret ORS (Operationally Responsive Space), vars syfte var att ta fram teknologier som medgav att man snabbt skulle kunna montera och skjuta upp en satellit.

För att kunna skjuta upp en satellit på en vecka behöver man även lösa bränsleproblemet. Idag använder de flesta den farliga produkten Hydrazin, vars höga säkerhetskrav gör att hanteringen av bränslet både är långsamt och mycket dyrt. Ett svenskt företag, ECAPS, har utifrån FOI-forskning vidareutvecklat ett grönt bränsle som testats i motorer i rymden, något som i framtiden kan komma att bli höginressant kopplat till efterfrågan på snabbare och även grönare klargöringar.

Avslutning

Den tekniska utvecklingen och den ökade kommersialiseringen har sänkt kostnaderna för rymdrelaterade produkter och tjänster, vilket medför större tillgänglighet till rymdbaserade förmågor även för små aktörer. Dessutom har internationella samarbeten öppnat nya möjligheter som kan gagna Sverige och Försvarmakten både kortsiktigt och långsiktigt.

Rymdrelaterade förmågor är idag avgörande för militära operationer, något som till viss del har uppmärksamats inom Försvarmakten på senare tid via PERP och samarbeten med ESRANGE samt satsningar inom FoT. Men mer behöver dock göras för att till fullo kunna nyttja rymdarenans fulla potential som ett komplement till andra förmågor och för att ge ökad operativ effekt i Försvarmakten.

Därför anser jag att det är hög tid att ta fram en strategisk inriktning inom rymdområdet för att koordinera och följa upp projekt kopplade till Försvarmaktens nuvarande och framtida behov.

Sammanfattningsvis tar Försvarmakten små steg framåt och det är av stor vikt att vi deltar aktivt i den internationella utvecklingsprocessen inom rymdområdet. Främst bör detta ske inom Europa genom att vi deltar i möten, överläggningar och förstudier för att på ett så tidigt stadium som möjligt kunna tillgodogöra Försvarmaktens intressen. Värdet av detta är att vi får möjligheter att utforma systemen dimensionerade efter svenska specifika behov och krav, vilket skapar effektiva lösningar för ett modernt svenskt försvar i en tid med nya hotbilder.

Författaren är överstelöjtnant, civilingenjör i rymdteknik, tekn dr i fysik, och ledamot av KKrVA.

Noter

1. Clausewitz, *Om kriget*, s 337, Bonnier Fakta, Stockholm 2002.
2. *Doktrin för luftoperationer*, Försvarsmakten, Stockholm 2005.
3. *Ibid*, s 26.
4. Andersson, Christer; Rosenqvist, Lisa; Bernhardsdotter, Eva och Persson, Mats: *SSA – Behöver Sverige en rymdlägesbild?*, FOI-R--3087--SE, Stockholm 2011.
5. Lindström, Sandra och Waldenvik, Mattias: *Rymdväder – effekter på militära och civila system*, FOI-R--1464--SE, Stockholm 2004; Lindström, Sandra: *En rymdvädertjänst åt Försvarsmakten. Ett förslag till utformning*, FOI-R--2569--SE, Stockholm 2008.
6. Stuesson, Peter: Försvarsmaktens Rymdstudie LUFT 111203S: Slutrapport, 21 120:10267, 2013-03-25.
7. *Foreign Access to Remote Sensing Space Capabilities*, Presidential Decision Directive 23 (PDD/NSC23), Washington 1994.
8. *Op cit*, Stuesson, Peter, se not 6.
9. Regleringsbrev för budgetåret 2005 avseende Försvarsmakten, Försvarsdepartementet, 2004-12-22.
10. Särskild redovisning rörande rymdområdet, Försvarsmakten, 2005-04-21.
11. Regleringsbrev för budgetåret 2006 avseende Försvarsmakten, Försvarsdepartementet, 2005-12-15.
12. Försvarsmaktens särskilda redovisning 79 – Nationell svensk övervakningssatellit, 21 83767155, 2006-04-28.
13. Lindström, Sandra och Andersson, Christer: *Militärt nyttjande av rymden i ett 10-20 års perspektiv*, FOI-R--2834--SE, Stockholm 2009.
14. *Ibid*, s 36.