



Omvärldsanalys RYMD 2014

Trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling

Sandra Lindström (red.)

Sandra Lindström (red.)

Omvärldsanalys RYMD 2014

Trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling

Omslag: Andrzej Wojcicki (upphovsman), Science Photo Library, Getty images.

Titel	Omvärldsanalys RYMD 2014
Title	Trend analysis SPACE 2014
Rapportnr/Report no	FOI-R--3985--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	55
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	7. Sensorer och signaturanpassning
FoT-område	Sensorer och signaturanpassning
Projektnr/Project no	E20750
Godkänd av/Approved by	Torgny Carlsson
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk.
All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729).
Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

Sammanfattning

Teknikutvecklingen på rymdsidan drivs inte längre på av endast militära behov och krav, det blir vanligare med rent kommersiellt drivna idéer och projekt i rymdbranschen. Rymdtekniken är billigare och mer tillgänglig för fler aktörer än de traditionellt stora rymdaktörerna, det är betydligt fler aktörer som har egna operativa satelliter idag jämfört med hur det såg ut för bara 10 år sedan.

Teknikutvecklingen är centrerad kring begrepp som miniatyrisering, standardisering, satellitkluster och *launch-on demand*. Spridning av rymdteknologi sker via bilaterala avtal eller med hjälp av kommersiella aktörer. De tre stora rymdaktörerna USA, Ryssland och Kina håller på att förändra sin rymdpolitik. Det blir även fler aktörer i rymden och fler länder med egna bäraketprogram. Det finns många nya möjligheter för Sverige men samtidigt medför detta att hotbilden blir allt mer komplex.

Nyckelord: rymd, satellit, trend, teknikutveckling, teknikspridning

Summary

Technological development in the space domain is no longer driven only by military needs and requirements; commercial driven ideas and projects in the aerospace industry are increasing. Space technology is cheaper and more accessible to more actors than it used to be; there are considerably more actors with their own operational satellites today compared to only ten years ago.

Technology development is centred on concepts such as miniaturization, standardization, satellite clusters and launch-on-demand. Proliferation of space technology goes through bilateral agreements or by commercial operators. The three major space faring nations USA, Russia, and China are changing their space politics. There are more and more actors in space and more countries with their own satellite launch programs. There are many new opportunities for Sweden but at the same time, this means that the threat is becoming increasingly complex.

Keywords: space, satellite, trend, space technology development, space proliferation

Innehållsförteckning

Förkortningar	7
1 Rapportinnehåll	8
2 Rymd - trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling	9
3 En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar	12
3.1 Satellituppskjutningar – ett historiskt perspektiv	13
3.1.1 Uppskjutningskapacitet	15
3.2 Rymdnationer	17
3.2.1 Antal satelliter per land.....	20
3.3 Satelliter.....	23
3.3.1 Kort introduktion till satellitbanor	24
3.3.2 Satellitkategorier.....	26
3.4 Trender för satellitutveckling och satellituppskjutning	29
4 En ökad hotbild i och med fler aktörer i rymden	31
4.1 Hot mot satellitsystem och rymdtjänster	31
4.2 Hot mot Sverige från rymden	32
4.3 Rymdlägesbild - övervakning av rymdresurser	33
5 Ögon och öron i rymden - En genomgång av ryska spaningssatelliter	35
5.1 Satellitutvecklingen i Ryssland	35
5.2 Spaningssatelliter som ett system av system	36
5.2.1 Responstiden	37
5.2.2 Vilka uppgifter har spaningssatelliter?	38
5.3 Ryska spaningssatelliter.....	39
5.3.1 Optisk spaning.....	40

5.3.2	Radarsatelliter	41
5.3.3	Signalspaning	42
5.4	Rysk militär förmågeökning med stöd av satelliter	43
6	När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden	45
7	Teknikutvecklingen leder till större tillgänglighet	49
7.1	Miniatyrisering och standardisering	49
7.2	Uppskjutningsmetoder	50
7.3	Möte i rymden	50
7.4	Rymden och samhället	51
8	Referenser	53
8.1	Hemsidor	53

Förkortningar

AFRL, Air Force Research Laboratory

ASAT, Anti-Satellite

ELINT, Electronic Intelligence

ESA, European Space Agency

EXA, Ecuadorian Civilian Space Agency

FMV, Försvarets materielverk

FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut

GEO, Geostationary Earth Orbit

GNSS, Global Navigation Satellite System

GPS, Global Navigation System

HEO, Highly Elliptical Orbit

IMINT, Imagery Intelligence

IRNSS, Indian Regional Navigation Satellite System

LEO, Low Earth Orbit

MEO, Medium Earth Orbit

NAPA, Nanosatellites Plug and play Architectures

NASA, National Aeronautics and Space Administration

RSP, Recognized Space Picture

SAR, Syntetisk aperturradar

SIGINT, Signal Intelligence

SSA, Space Situational Awareness

UAV, Unmanned Aerial Vehicle

UCS, Union of Concerned Scientists

ÅAC, Ångström Aerospace Corporation

1 Rapportinnehåll

Den här rapporten är en sammanfattning av de viktigaste trenderna inom rymdområdet som påverkar militär förmågeutveckling och säkerhetspolitik i Sverige. Inledningsavsnittet ger en kort översikt över varför det är viktigt att vi diskuterar rymdfrågorna på en övergripande nivå i Sverige samt på vilket sätt trenderna ger Försvarsmakten både nya möjligheter till att stärka sin militära förmåga och på vilket sätt hotbilden har förändrats under framförallt de senaste 5-10 åren.

I följande avsnitt *En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar* behandlas nuläget, där presenteras det i hårda fakta om hur det ser ut just nu på rymdområdet, där går det bland annat att läsa om vilka länder som har operativa satelliter, vilka länder som har militära satelliter och vilka länder som har egna bäraketprogram.

I de fyra avslutande avsnitten följer fyra artiklar som är en fördjupning i trender som har en militär eller säkerhetspolitisk påverkan. Texterna är tänkta att kunna läsas fristående från varandra. Artiklarna är följande:

- *En ökad hotbild i och med fler aktörer i rymden*
- *Ögon och öron i rymden - En genomgång av ryska spaningssatelliter*
- *När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden*
- *Teknikutvecklingen leder till större tillgänglighet*

Rapporten avslutas med en referenslista, se avsnitt Referenser.

2 Rymd - trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling

I detta avsnitt följer ett resonemang kring varför rymdfrågor är viktiga och vad det är som gör rymdtjänster unika. Här sammanfattas även på vilket sätt rymdtjänster bidrar till en militär förmågeutveckling och vilka möjligheter och hot detta medför för Sverige och Försvarsmakten. Nyckelbegreppen för det som gör rymdtjänster unika kopplat till militär förmågeutveckling är följande:

- *Precision i position och tid* - att med stor säkerhet träffa rätt mål eller så kallade riktade attacker är ett sätt att effektivisera krigföring och samtidigt begränsa det lidande som väpnade konflikter orsakar för såväl civila som stridande. Genom att använda satellitnavigeringssystem som t.ex. GPS i olika vapensystem uppnås en mer noggrann positionsbestämning.
- *Icke kränkande spaning* - alla militära insatser kräver någon form av strategisk, taktisk och operativ spaning över området man skall verka i. Det kan t.ex. handla om att analysera förändringar i ett område eller utvärdera vapenverkan. Satelliter kan leverera bilder över eller information om signalmiljön i ett verkansområde, de är de facto de enda systemen som inte kränker nationsgränser i varken mark, sjö eller luftrum.
- *Global kommunikation och dataöverföring* - att kunna leda och koordinera en insats eller föra ut kritisk information till soldater i verkansmiljö är en nödvändighet. Det effektivaste sättet att kommunicera och föra över information snabbt och över stora avstånd, t.ex. mellan Sverige och insatsland, är via satellitsystem.
- *Förvarning av robotattacker* - det finns markbaserade radaranläggningar för förvarning om inkommande robotattacker, fördelen med rymdbaserade förvarningssystem är att man vinner förvarningstid och därmed lättare och snabbare kan identifiera angripare och sätta in försvarsåtgärder.
- *Informationsöverläge och kunskap om hotbilden* - kränkning av både svenskt luftrum och vatten har varit aktuellt på senare tid, vad som pågår ovanför svenskt luftrum rapporteras det däremot lite om. Vad vet vi egentligen om andra aktörers förmåga i rymden? Fler aktörer använder satellittjänster i takt med att rymdtekniken blir mer lättillgänglig och billigare att använda. I en strävan efter informationsöverläge är det nödvändigt att ha kunskap om hotbilden i rymden, även kallat rymdlägesbild, dvs. vem ser oss, vad ser de och när ser de oss?

Tekniska och säkerhetspolitiska trender inom rymdområdet

Teknikutvecklingen på rymdsidan drivs inte längre på av endast militära behov och krav, det blir vanligare med rent kommersiellt drivna idéer och projekt i rymdbranschen. Rymdtekniken är billigare och mer tillgänglig för fler aktörer än de traditionellt stora rymdaktörerna, det är betydligt fler aktörer som har egna operativa satelliter idag jämfört med hur det såg ut för bara 10 år sedan.

Teknikutveckling

Det är lägre kostnad som i första hand driver utvecklingen, satelliterna blir mindre och mer flexibla, för att minska storlek och vikt läggs fokus på att utveckla mindre elektronikdelar s.k. miniatyrisering. Standardisering av delsystem och elektronik bidrar till en snabbare utveckling och integrering av hela satellitsystemet, satellitprojekt som förut har tagit flera år kan nu sättas ihop på några månader. Eftersom satelliterna blir mindre kommer vi även se fler satellitkluster som ersätter de stora och tunga satelliterna, genom att låta satelliter samverka med varandra får man flexibla och robusta system. En annan flaskhals vad gäller både kostnad och tid är uppskjutningen av satelliterna, det finns därför flera nya initiativ som utvecklar konceptet med uppskjutning från flygfarkost. Inom en 5-10-årsperiod kommer vi troligtvis se små satelliter skjutas upp och användas till följd av militärtaktiska behov på mindre än en vecka.

Teknikspridning

Idag är det vanligaste tillvägagångssättet för ett land att bygga upp ett nationellt rymdprogram via samarbeten. Detta sker oftast via bilaterala avtal eller till och med via en kommersiell aktör. Sydkorea är ett exempel på en nation som under flera decennier har byggt upp sitt rymdprogram och nu har förmåga att utveckla egna satelliter och har ett eget bäraraketprogram. Under senare år har Sydkorea sedan stöttat Förenade Arabemiraten till att bygga upp sin kompetens kring framförallt högupplösta avbildande satelliter. Ingenjörer från Förenade Arabemiraten har i nära samarbete med Sydkorea utvecklat två satelliter, DubaiSat-1 (2009) och DubaiSat-2 (2013) och är nu i arbete med att själva ta fram sin nästa satellit KhalifaSat¹ med beräknad uppskjutning 2017². Ett annat exempel är hur SSTL, *Surrey Satellite Technology Ltd*, och *Airbus Defence and Space* har stöttat Kazakstan med att bygga deras två första övervakningssatelliter KazEOSat-1 och KazEOSat-2 som båda skickades upp i år (2014). *Airbus Defence and Space* har även utbildat 60 ingenjörer och tekniker från Kazakstan.

De tre stora rymdaktörerna och deras rymdpolitik

USA har sedan Obamas rymdpolicy 2010 öppnat upp för mer kommersiellt nyttjande av rymden och internationellt samarbete, inte minst något som Sverige

¹ Tidigare kallad DubaiSat-3.

² EIAST Khalifasat, <http://khalifasat-thejourney.com/?lang=en>, (upplagsdatum 2014-12-02).

har kommit att dra nytta av i och med NAPA-samarbetet mellan US AFRL (*Air Force Research Laboratory*) och FMV som handlar om att med nytt byggsätt ta fram små satelliter med militär nytta med minimal arbetsinsats och överkomlig kostnad.

Ryssland har under 2000-talet rustat upp sin rymdförmåga och de gör stora budgetsatsningar på rymdsystem framöver, framförallt bedöms de stå inför ett generationsskifte vad gäller deras spaningssatelliter. Det bedöms att Rysslands investeringar i militära satelliter kommer att dubblas på tio år (2012-2022).³

Kina har snart lika många operativa satelliter som Ryssland och kan räknas som en av de tre stora rymdaktörerna i världen. Under de senaste tio åren har Kina mer än tredubblat sitt satellitinhav från 35 till över 100 satelliter.

Kommersialisering

I takt med krympande anslag har nationella rymdprogram världen över letat efter nya vägar framåt och mer effektiva lösningar för sin verksamhet.

Kommersialisering och globalisering har då setts som den bästa och snabbaste vägen framåt. Det har alltid funnits företag i rymdbranschen som levererat hårdvara till olika rymdprogram. Skillnaden nu är att man medvetet vill locka fram en bredd av företag för att på så sätt öka konkurrensen och få ner priserna. Privata aktörer med kommersiella intressen finns nu närvarande i de flesta rymdbaserade tjänstesektorerna vilket har möjliggjort för mindre nationer att köpa sig rymdbaserad förmåga. För Sverige är detta aktuellt då en del av de tjänster vi upphandlar i dag förmodligen kommer att sjunka i pris i och med en ökande konkurrens och ökad tillgänglighet av dessa på marknaden.

Fler och nya aktörer i rymden

Varje år blir det fler aktörer i rymden, varje år läggs det till helt nya länder med egna satelliter, det rör sig ofta om spanings- eller kommunikationssatelliter vilket i de flesta fall implicerar någon form av stärkt militär förmåga. Ungefär hälften av alla länder som har en eller flera operativa satelliter idag har tillkommit under 2000-talet och av dessa har majoriteten tillkommit under bara de sista fem åren. På senare år har flera nya länder tillkommit tack vare trenden med små satelliter. Utöver detta har tre nya länder utvecklat egna bäraketprogram under de senaste fem åren i syfte att säkra ett oberoende tillträde till rymden: Iran (2009), Nordkorea (2012) och Sydkorea (2013).

³ (2013). *The Global Military Satellites Market 2012-2022 - Country Analysis: Market Profile*, Strategic Defence Intelligence (SDI), Reference Code: DF1012MP.

3 En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar

Den 4:e oktober 1957 sköt Sovjetunionen upp Sputnik-1, den första satelliten att placeras i omloppsbana runt jorden. Sputnik-1 var med dagens mått mätt en högst anspråkslös satellit som bestod av en halvmeter stor sfär med fyra antenner som under de tre månader den befann sig i rymden skickade ut regelbundna radiopulser. Senare samma år sköt Sovjetunionen upp ytterligare en satellit, Sputnik-2. Denna gång med historiens första ofrivilliga rymdresenär i form av hunden Lajka. Dessa två satellituppskjutningar utgjorde bokstavligt talat startskotten på en resa som förändrat världen. Sedan 1957 har fler än 5 000 uppskjutningar ägt rum och sammantaget har de lyft upp mer än 7 000 satelliter till banor runt jorden.

Satelliter används i dag inom ett stort antal civila och militära tillämpningsområden och påverkar våra dagliga liv utan att vi egentligen är medvetna om det. Några av alla tillämpningar är: kommunikation (telefoni, TV, internet, data, osv.); navigering och positionering; forskning (astronomi, klimatforskning, atmosfärforskning, rymdväder, osv.); säkerhet (övervakning av naturkatastrofer, oljeutsläpp, föroreningar, flyktingströmmar, militär underrättelseinhämtning); prospektering; väder samt observation av jorden (mark, hav, atmosfär, uppskjutning av ballistiska robotar, detektion av kärnvapensprängningar, osv.).

Den här artikeln presenterar en sammanställning av statistisk data med fokus på satelliter och satellituppskjutningar. Syftet är att illustrera omfattningen, utvecklingen och generella trender inom rymdområdet. Det statistiska underlaget är uteslutande baserat på öppna källor och inkluderar ett antal sammanställningar av uppskjutnings- och satellitdata. Underlaget är sammanställt från i huvudsak tre olika källor, två av dem är privatpersoner, Jonathan McDowell⁴ och Ed Kyle⁵, och en av dem är en icke vinstdrivande organisation, UCS, *Union of Concerned Scientists*⁶. Tillförlitligheten i källorna bedöms som tillräckligt goda för att ge en översiktlig bild och framförallt för att utläsa trender, det kan dock förekomma vissa tveksamheter vad gäller information på individuell satellitnivå. Siffrorna bör därför användas med viss försiktighet.

⁴ Jonathan's Launchlog, <http://planet4589.org/space/log/launch.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

⁵ Space Launch Report, <http://www.spacelaunchreport.com> (uppslagsdatum 2014-12-02)

⁶ Union of Concerned Scientists, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/solutions/space-weapons/ucs-satellite-database.html (uppslagsdatum 2014-12-02).

3.1 Satellituppskjutningar – ett historiskt perspektiv

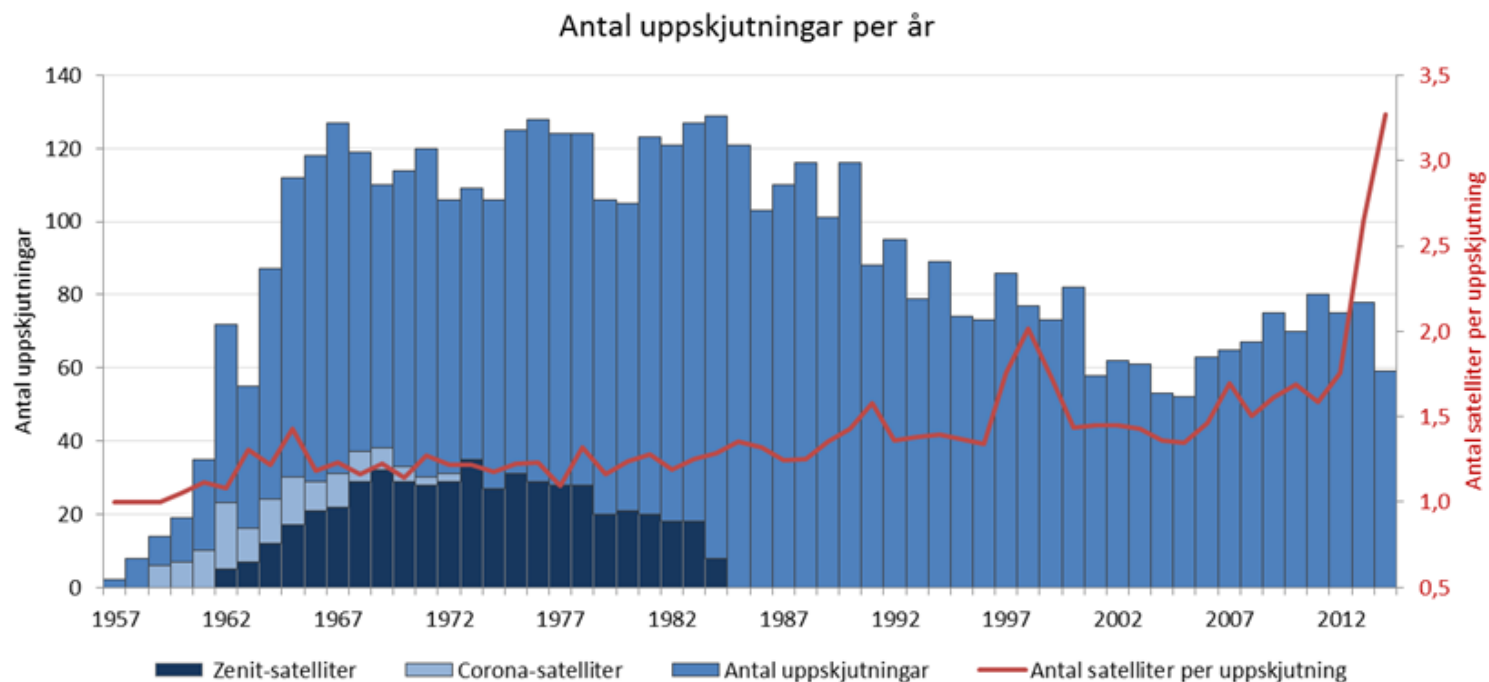
Figur 1 visar antalet uppskjutningar per år från 1957 fram till september 2014 (blå staplar). Redan tio år efter den första uppskjutningen nåddes en nivå med i snitt över 100 uppskjutningar per år, en nivå som höll sig mer eller mindre konstant fram tills slutet på kalla kriget i början på 90-talet. Att kalla kriget och kapprustning mellan stormakterna var en starkt bidragande faktor till antalet uppskjutningar under nästan fyra decennier blir tydligt om man tittar närmare på vilken typ av satelliter som sköts upp. Med start i början på 60-talet började exempelvis Sovjetunionen skicka upp optiska spaningssatelliter i stor skala. Den vanligaste typen kallades Zenit och under närmare 25 år skickades fler än 500 Zenit-satelliter upp (mörkblå staplar). Detta motsvarar en uppskjutningstakt på mellan 20 och 30 satelliter per år, eller i snitt en spaningssatellit varannan vecka. På motsvarande vis sköt USA upp fotospaningssatelliter under namnet Corona, om än inte i lika stora volymer (ljusblå staplar).

Efter kalla kriget har uppskjutningstakten varit betydligt lägre. Under 2000-talets början gjordes endast omkring 50 uppskjutningar per år. En tydlig trend över det senaste årtiondet är dock att antalet uppskjutningar återigen ökar för att i dag ligga på en nivå kring 75 – 80 årliga uppskjutningar.

Hur utvecklingen kommer se ut framöver är svårt att spekulera kring, men ett antal faktorer talar för att ökningen kommer fortsätta. Dels ökar antalet länder som nyttjar rymden (se nedan) vilket med största sannolikhet kommer att öka efterfrågan på satellituppskjutningar. Dels pågår en snabb kommersialisering av uppskjutningssegmentet. Fram tills nyligen har uppskjutning av satelliter varit förbehållet statliga aktörer men trenden går mot fler kommersiella aktörer och begrepp som *Launch-on-demand* vilket kan förväntas pressa kostnaderna för en uppskjutning och därmed öka antalet uppskjutningar. (se artiklarna *När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden* och *Teknikutvecklingen leder till större tillgänglighet*).

En annan tydlig trend är att varje uppskjutning i snitt lyfter upp fler satelliter. I rymdålderns barndom sköts satelliter typiskt upp en och en, medan det på senare tid snarare är regel än undantag att varje uppskjutning innehåller flera satelliter (röd linje i Figur 1). En dramatisk ökning i antalet satelliter per uppskjutning kan ses från och med ca 2012 och sammanfaller till synes med introduktionen av en ny typ av små satelliter, så kallade *CubeSats* (Se nedan och artikeln *När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden*).

Sammantaget kan man förvänta sig att antalet uppskjutningar kommer fortsätta stiga och att antalet satelliter per uppskjutning kommer att öka.



Figur 1 Totala antalet uppskjutningar per år (blå staplar) och antalet satelliter per uppskjutning (röd linje). Antalet uppskjutningar av två specifika satellittyper: ryska Zenit (mörkblå staplar) och amerikanska Corona (ljusblå staplar) är indikerade.

3.1.1 Uppskjutningskapacitet

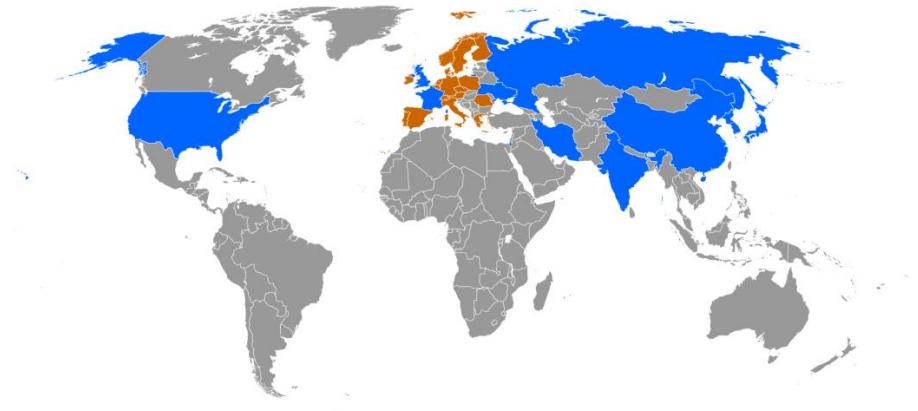
Vilka länder har egen kapacitet att skjuta upp satelliter i omloppsbana runt jorden? I dag räknar man med att elva länder har förmågan att skjuta upp satelliter, se Figur 2. Ordnade efter första uppskjutning är dessa: Ryssland, USA, Frankrike, Japan, Kina, Indien, Israel, Ukraina, Iran, Nordkorea och, det senaste tillskottet, Sydkorea.

Sydkorea genomförde sin första uppskjutning under 2013 med raketen KSLV-1. Första steget i denna raket är delvis byggt i Ryssland men vidareutvecklat av Sydkorea. Vissa bedömer således att Sydkorea ännu inte nått en fullt oberoende uppskjutningskapacitet. Sydkorea har dock redan påbörjat utvecklingen av nästa generations raket, KSLV-2, och i den ersätts det ryska raketsteget med ett egentillverkat sådant. Första uppskjutningen med KSLV-2 är planerad till tidigast 2018.

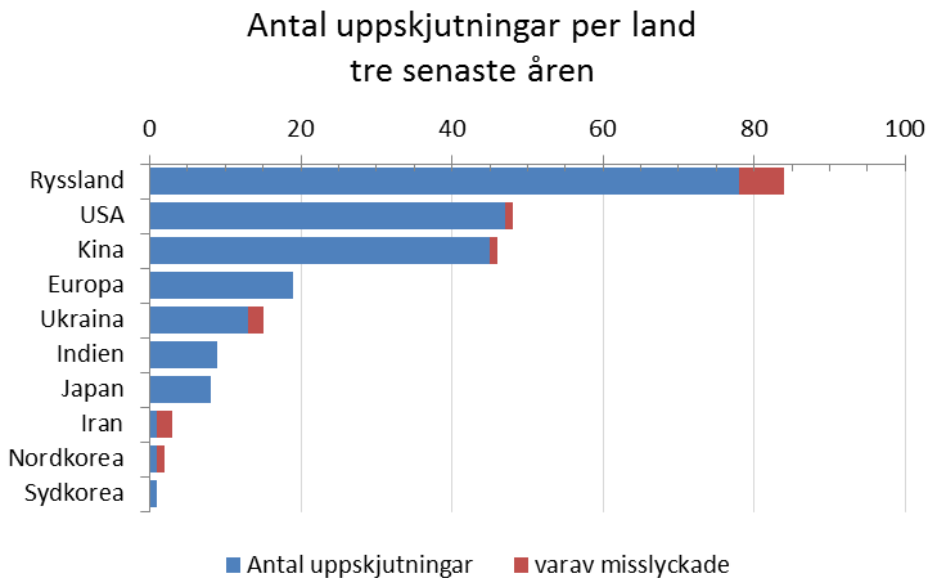
Storbritannien hade en egen uppskjutningskapacitet i slutet på 60-talet och början på 70-talet med bland annat raketerna Black Knight och Blue Streaker, den senare med ursprung i det ballistiska robotprogrammet, men har sedan dess avvecklat sin kapacitet.

I Europa har flera länder, däribland Sverige, indirekt uppskjutningskapacitet genom medlemskapet i den europeiska rymdorganisationen ESA, *European Space Agency*, som bedriver satellituppskjutningar med egentillverkade raketer i Franska Guyana, se Figur 2 (orangea länder).

Utöver länderna ovan har flera länder pågående program för att skaffa sig egen uppskjutningskapacitet. Bland dessa hittar vi Brasilien som redan genomfört ett antal misslyckade uppskjutningsförsök. Andra exempel på länder med mer eller mindre framskridna planer på egen uppskjutningskapacitet är Turkiet, Indonesien, Pakistan och Argentina.



Figur 2 Länder som har eller har haft egen uppskjutningskapacitet av satelliter (blått) samt länder med uppskjutningskapacitet via den europeiska organisationen ESA (European Space Agency; orangea). Av länderna markerade med blått kan man notera att Storbritannien hade egen uppskjutningskapacitet men man har valt att avveckla denna.



Figur 3 Antalet uppskjutningar under den senaste treårsperioden (jan 2012 – nov 2014) fördelade per land beroende på vilken raket som använts. Röda staplar indikerar misslyckade uppskjutningar.

Figur 3 visar antalet uppskjutningar under de tre senaste åren, från januari 2012 fram till november 2014. Uppskjutningarna är uppdelade landsvis baserat på vilket lands raket som använts.⁷ Observera att staplarna inte visar vilket land som satelliterna tillhör utan endast från vilket land uppskjutningen sker eller med andra ord vilken nations bärraket som har använts.⁸ Blå staplar visar lyckade uppskjutningar och röda staplar misslyckade uppskjutningar. Totalt under perioden genomfördes 235 uppskjutningsförsök. Ryssland är det land som tveklöst genomför flest uppskjutningar med totalt 88 stycken under perioden. Detta motsvarar mer än var tredje uppskjutning och majoriteten av dessa sker från den ryska uppskjutningsanläggningen i Baikonur, Kazakstan. Den vanligast förekommande raketttypen bland de ryska uppskjutningarna är den så kallade Soyuz-raketen. Efter Ryssland kommer USA med knappt 50 uppskjutningar under perioden, eller ca 16 per år, och därefter Kina med nästan lika många.

Av de totalt 19 uppskjutningarna som skett med Europeiska raketer från Kourou i Franska Guyana är det framförallt raketen Ariane V som använts. 16 av uppskjutningarna har genomförts med Ariane-raketer och tre med den mindre Vega-raketen. Sedan en tid tillbaka skjuts även ryska Soyuz-raketer från Kourou.

3.2 Rymdnationer

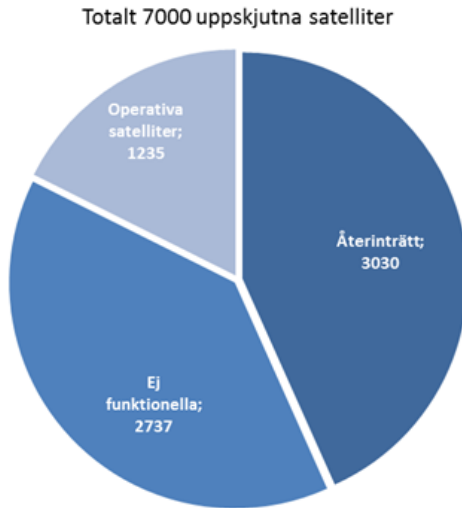
Sedan den första uppskjutningen av Sputnik-1 har det fram tills i dag skjutits upp mer än 7 000 satelliter, varav majoriteten har placerats i omloppsbana runt jorden.⁹ Av dessa har ca 40 %, eller drygt 3 000, fallit tillbaka ner på jorden eller brunnit upp i atmosfären, se Figur 4. Kvar i rymden finns nästan 4 000 satelliter varav drygt 1 000 är funktionella och resterande knappt 3 000 är inaktiva och får betraktas som rymdskrot, dvs. de är inte längre funktionella men fortsätter snurra runt i sina banor utan att kunna kontrolleras.

Liksom antalet uppskjutningar och länder med egen uppskjutningskapacitet har antalet rymdnationer, dvs. länder med egna satelliter, oavbrutet vuxit med i snitt mer än ett nytt land per år sedan 1957. Figur 5 visar den kumulativa utvecklingen av antalet rymdnationer i femårsintervall från 1957 fram till i dag. De orangea och röda staplarna visar antalet nya rymdnationer de senaste 25 respektive fem åren.

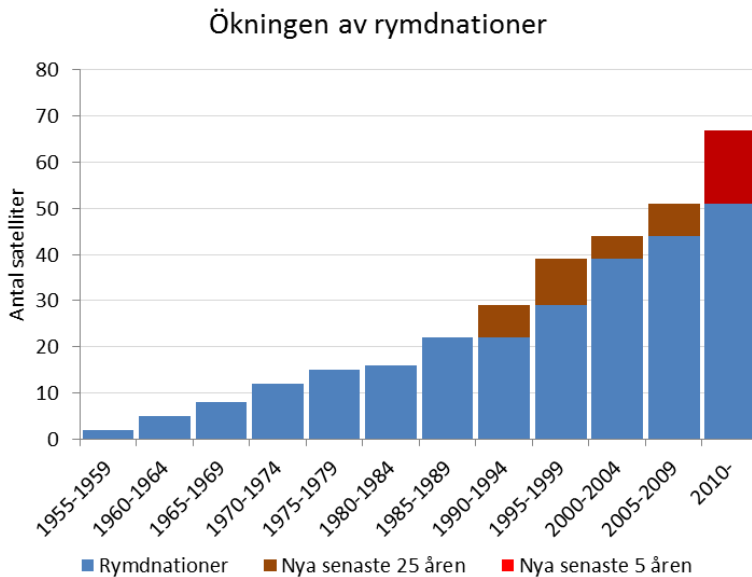
⁷ Space Launch Report, <http://www.spacelaunchreport.com>, (uppslagsdatum 2014-12-02) är en nyhetssida för satellituppskjutningar som även tillhandahåller statistisk uppskjutningsdata.

⁸ Svenska satellitsystemet Prisma sköts t.ex. upp med en rysk bärraket, Dnepr, från Yasny, Ryssland. SSC, <http://www.sccspace.com/successful-launch-of-the-swedish-prisma-satellites>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

⁹ Undantaget är exempelvis forskningssatelliter som placerats i omloppsbana runt andra himlakroppar i solsystemet.

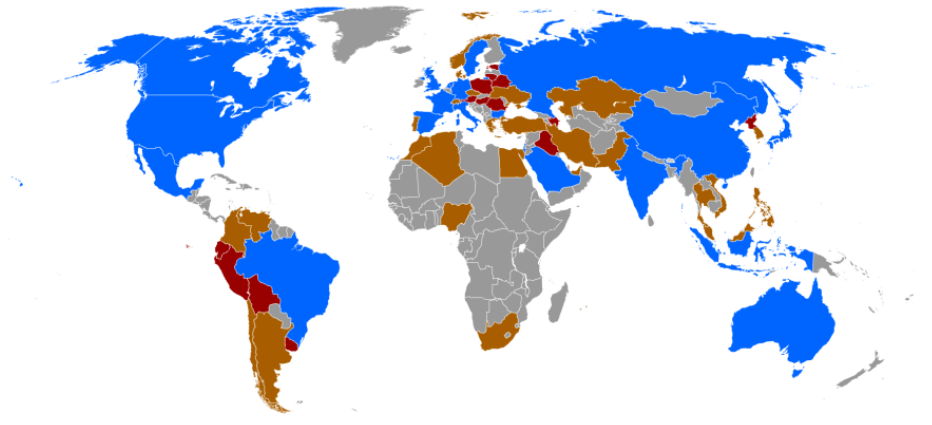


Figur 4 Totala antalet uppskjutna satelliter (ca 7000), antalet satelliter som återinträtt i jordatmosfären (ca 3030; mörkblått), antalet satelliter som är kvar i omloppsbana men inte funktionella (ca 2737; blått) samt operativa satelliter i bana runt jorden (ca 1235; ljusblått).



Figur 5 Den kumulativa ökningen av antalet rymdnationer, dvs. länder som har eller har haft satelliter i rymden, fördelat på femårsintervall. Antalet nya rymdnationer de senaste 25 åren (orange och röd stapel) respektive de senaste fem åren (röda staplar) är indikerade.

I Figur 6 (karta) presenteras samma data (som i Figur 5) geografiskt. I dag kan 68 nationer räkna sig som rymdnationer och antalet stiger i ökande takt. De blåmarkerade 21 länderna fick sin första satellit före 1990, ytterligare 31 länder i orange färg fick sin första satellit mellan åren 1990 och 2010. Bara under de senaste fem åren, sedan 2010 och framåt, har 16 länder, här rödmarkerade, anträt rymdarenan med egna satelliter. Exempelvis har Ecuador, Peru, Bolivia och, så sent som i juni 2014, Uruguay skickat upp egna satelliter.



Figur 6 Rymdnationer, dvs. länder som har eller har haft satelliter i rymden. Färgkoderna visar länder som fick sin första satellit före 1990 (21 länder; blå), mellan åren 1990 och 2010 (31 länder; orange) samt under de senaste 5 åren sedan 2010 (16 länder; rött). Totalt 68 länder har eller har haft en egen satellit.

Ecuadors första satellit, NEE-01 Pegaso, omnämndes i FOIs Nyhetsbrev 2013.¹⁰ Anledningen var att FOI i ett samarbete med *Ecuadorian Civilian Space Agency* (EXA) avtalat om att få använda data från Pegasos optiska kamera för att studera möjligheterna till inmätning av rymdskrot. Oturligt nog förlorade Ecuador kontakt med satelliten kort efter uppskjutningen. Orsaken är ännu inte känd men man misstänker att satelliten ironiskt nog kolliderat med rymdskrot och att delar av den förstörts. Ecuador planerar att skicka upp sin andra satellit inom kort och den kommer bland annat att ha i uppgift att undersöka sin föregångares öde.

Som Figur 6 visar har nu även en rad länder i östra Europa och Baltikum, så som Polen, Rumänien, Litauen och Estland, egna satelliter. Även Estlands första satellit, ESTCube-1, uppmärksammades i FOIs nyhetsbrev.

Afrika är den kontinent där flest länder fortfarande saknar egna satelliter. Endast Egypten, Sydafrika, Marocko, Algeriet och Nigeria utgör undantag. Flera

¹⁰ Rymd för Försvar och Säkerhet Omvärldsbevakning nr 2 – 2013, <http://www.foi.se/sv/Var-kunskap/CBR-amnen/Rymdfragor/Rymd-for-forsvar-och-sakerhet/> (uppslagsdatum 2014-12-02).

afrikanska länder visar dock ett växande intresse för rymden och ser satsningar på rymdteknik som tillväxt- och välfärdsskapande. Inom Afrikanska Unionen har idéer kring ett gemensamt afrikanskt Space Agency; ”AfriSpace”, figurerat och flera nationer förutom de som redan har satelliter deltar aktivt i internationella forum där rymdfrågor behandlas. Ett exempel är diskussionerna kring EUs förslag på en internationell uppförandekod för rymden där bland annat Gambia, Ghana, Kenya och Etiopien engagerat sig aktivt.¹¹

En intressant trend är att vid en närmare granskning av de 16 länder¹² som skjutit upp satelliter under de senaste fem åren är alla satelliter utom fyra av typen *CubeSat* som nämnts ovan (se även artikeln När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden).

Eftersom *CubeSats* är relativt små (typiskt har de en volym på en liter) kan de tillverkas och skjutas upp till signifikant lägre kostnad än traditionella satelliter. Teknikutvecklingen som lett fram till miniatyrisering av satelliter har på samma gång öppnat upp rymdsegmentet för allt fler aktörer och länder som inte nödvändigtvis har omfattande och kostnadsintensiva nationella rymdprogram. I flera av fallen ovan har länderna inte tagit steget upp till rymdnation genom ett nationellt rymdprogram. I stället kan det handla om universitet och högskolor som utvecklat egna *CubeSats* i forskningssyfte. Iraks första satellit byggdes exempelvis av Irakiska studenter vid ett italienskt universitet.

3.2.1 Antal satelliter per land

Att studera antal satelliter per land eller förändringen av antalet satelliter över tid kan ge en indikation på hur aktivt ett visst land satsar på sitt rymdsegment. I UCSs¹³ databas anges för varje satellit även det land som anses äga och/eller kontrollera satelliten. I de fall då ett satellitprojekt bedöms utgöra ett samarbete mellan flera länder kan satelliten ha flera länder som ägare. Exempelvis anses satelliterna Spot ägas av Frankrike, Belgien och Sverige gemensamt. Spot är ett kommersiellt system av jordobservationssatelliter där, förutom Frankrike, både Sverige och Belgien varit inblandade med bland annat finansiering. En satellit kan därför komma att räknas flera gånger när statistiken bryts ner på nationsnivå. Det bör också noteras att UCS-databasen skiljer sig något från FNs

¹¹ EUs senaste utkast på en internationell uppförandekod för rymden återfinns på http://eeas.europa.eu/non-proliferation-and-disarmament/outer-space-activities/index_en.htm (uppslagsdatum 2014-12-02).

¹² Följande 16 länder har skjutit upp satelliter sedan 2010: Singapore (2011), Ungern (2012), Polen (2012), Rumänien (2012), Vitryssland (2012), Nordkorea (2012), Azerbajdzjan (2013), Österrike (2013), Ecuador (2013), Estland (2013), Jersey (2013), Peru (2013), Bolivia (2013), Litauen (2014), Irak (2014) och Uruguay (2014).

¹³ Union of Concerned Scientists, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/solutions/space-weapons/ucs-satellite-database.html, (uppslagsdatum 2014-12-02).

satellitregister där bland annat uppskjutande nation anges.¹⁴ FNs register uppdateras inte om ägarskapet för en satellit förändras eller om satelliten går från aktiv till inaktiv. FNs databas tillåter heller inte att flera länder står som ägare för en och samma satellit. Samtliga Spot-satelliter är exempelvis registrerade av Frankrike i FN-registret.

Statistiken som presenteras i det här kapitlet är tänkt att ge en översiktlig bild av antalet satelliter per land och bedömningen är att UCS-databasen ger den bästa bilden, trots vissa tveksamheter vad gäller informationen på individuell satellitnivå. Siffrorna bör användas med viss försiktighet.

Figur 7 visar en uppdelning av aktiva satelliter per land. För varje land är satelliterna uppdelade på militära och civila satelliter, enligt den klassning som gjorts i UCS-databasen (röda respektive blå staplar). Det bör noteras att en sådan klassning alltid kommer vara subjektiv då satelliter ofta har dubbla användningsområden, dvs. de kan användas både militärt och civilt (se vidare resonemang under kapitlet 3.3.2). Olika länder väljer dessutom olika strategier för hur de klassar sina satelliter och vilken myndighet i landet som kontrollerar dem. Uppdelningen i figuren ger emellertid en god uppfattning om de relativa storleksförhållandena mellan det civila och militära segmentet och mellan antalet satelliter för respektive land.

Figuren visar att de tre stora rymdaktörerna USA, Ryssland och Kina tillsammans äger ca två tredjedelar av alla satelliter. Beaktar man bara militära satelliter blir dominansen än större då de tre stora aktörerna tillsammans äger ca 80 % av alla aktiva militära satelliter.

Japan är en av de nationer som har flest aktiva satelliter och dess rymdprogram har traditionellt sett endast varit civilt. Av de stora rymdnationerna är Japan det enda landet utan uttalade militära satelliter, ett faktum som långsamt håller på att förändras i takt med att den säkerhetspolitiska utvecklingen i Japans närområde förändras.

Kategorin *ESA/Multinationella* innehåller förutom ESAs dryga 20 forskningssatelliter även fyra europeiska Galileo-satelliter (se nedan) och organisationen EUTELSATs ca 30 kommunikationssatelliter.¹⁵

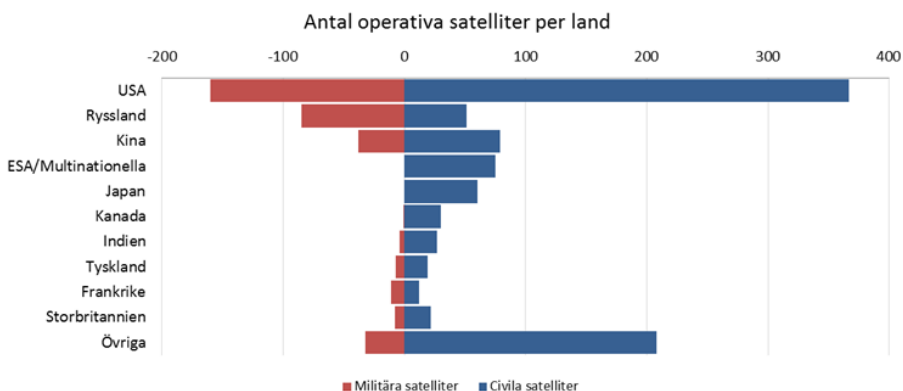
Kategorin *Övriga* innehåller resterande ca 60 länder med aktiva satelliter i rymden. De flesta av dessa länder har bara en eller som mest ett par satelliter. Den militära delen i denna kategori domineras av Israel, vars samtliga elva

¹⁴ I enlighet med FNs generalförsamlings resolution 1721b (xvi) förväntas nationer rapportera in grundläggande information för varje satellituppskjutning till FNs *Committee On the Peaceful Uses of Outer Space* (COPUOS). Informationen görs tillgänglig i ett satellitregister där bland annat ansvarig uppskjutande nation kan utläsas. Sverige förekommer med 13 satelliter i registret.

¹⁵ *European Telecommunications Satellite Consortium* (EUTELSAT) är ett mellanstatligt konsortium för satellitkommunikation.

satelliter i databasen klassas som militära, och Italien som har totalt fem militära satelliter varav tre stycken är de SAR-utrustade satelliterna COSMO-SkyMed. Ytterligare 13 länder har en eller ett par militära satelliter, däribland Sydkorea, Brasilien, Pakistan, Turkiet och Australien.

Sammantaget kan man konstatera att fördelningen av satelliter inte är jämn. Två tredjedelar av alla satelliter tillhör USA, Ryssland och Kina och nästan 80 % tillhör de tio största aktörerna.



Figur 7 Antal aktiva satelliter per land uppdelade på militära (röda staplar) och civila (blå staplar) satelliter. Kategorin Övriga innehåller samtliga länder som inte presenteras separat.

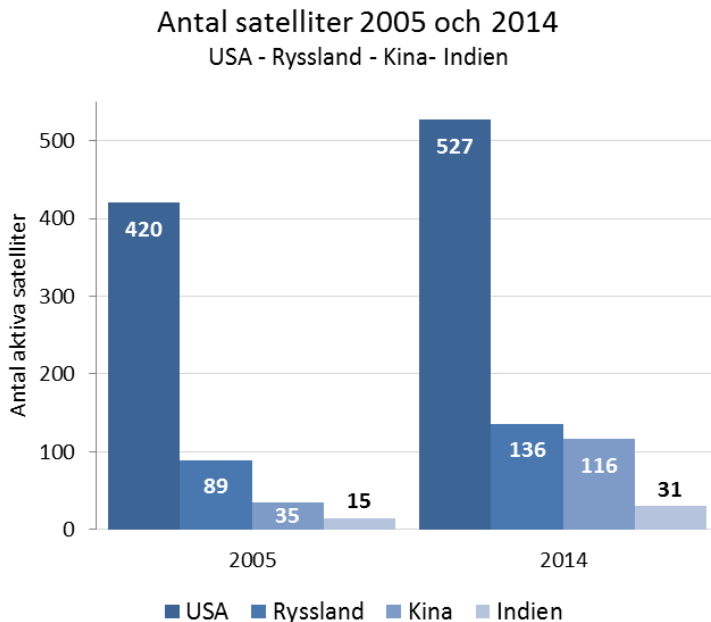
USA, Ryssland och Kina – de stora rymdnationerna

Under den senaste tioårsperioden har Kina tagit stora steg framåt med sitt rymdprogram, både militärt och civilt. Detta illustreras också av en kraftig ökning av antalet satelliter. Figur 8 visar en jämförelse mellan antal satelliter i dag (2014) och för ca tio år sedan (2005) för USA, Ryssland, Kina och Indien.

Under perioden har Kina mer än tredubblat sitt satellit innehav från 35 till över 100 satelliter. Viss försiktighet bör iaktas när man jämför denna typ av data över tid då många satelliter är designade med korta livslängder, dvs. antalet satelliter kan fluktuera på korta tidsskalor. I fallet Kina är det dock en signifikant ökning. I dag bör man i många avseenden betrakta Kinas och Rysslands rymdprogram som i paritet med varandra och de båda länderna som de två näst största rymdaktörerna.

Figur 8 inkluderar också Indien. Indiens rymdprogram har liksom det kinesiska utvecklats starkt under de senaste tio åren. Antalet satelliter har fördubblats, men framförallt har Indien lyckats med en rad uppseendeväckande bedrifter. I september 2014 lyckades man placera en satellit i bana runt Mars. Man blev därmed den första nationen någonsin att lyckas med detta på första försöket.

Indien utvecklar också sitt eget regionala satellitnavigeringssystem, *IRNSS*, och har pågående program för bemannad rymdfart. Indien har på allvar stigit fram som en av världens mest framträdande rymdnationer.



Figur 8 Antal aktiva satelliter november 2005 (vänster) respektive augusti 2014 (höger) per land för USA, Ryssland, Kina och Indien.

3.3 Satelliter

Som konstaterades i inledningen av den här artikeln fyller satelliter en rad olika funktioner och de kan därmed delas in i olika kategorier beroende på vilken uppgift de har. Exempelvis kan man dela in satelliter i kommunikationssatelliter, fjärranalysatelliter (ibland kallade jordobservations- eller spaningsatelliter), forskningssatelliter, navigationssatelliter, osv.

Man kan också välja att dela in satelliter i civila och militära. De senare kan givetvis i många fall ha samma funktioner som deras civila motsvarigheter och som nämnts ovan är det snarare regel än undantag att satelliter används av både civila och militära aktörer. Man pratar då om att de har dubbla användningsområden.

På samma sätt kan det vara vanskligt att dela in satelliter i olika kategorier baserat på uppgift. En och samma satellit kan användas för flera olika uppgifter.

Exempelvis kan en jordobservationssatellit användas som forskningssatellit och en kommunikationssatellit kan också bära med sig instrument för jordobservationer. Den svenska satelliten Odin¹⁶ är ett exempel på en satellit som skulle kunna placeras både i klassen fjärranalys och i klassen forskning.

Beroende på vilken uppgift en satellit har placeras de normalt i olika typer av satellitbanor. Alla banor är inte lämpliga för alla typer av uppgifter. Det är därför viktigt att ha en grundläggande förståelse för olika satellitbanor och dess egenskaper. Innan vi går vidare följer därför en kort introduktion till satellitbanor.

3.3.1 Kort introduktion till satellitbanor

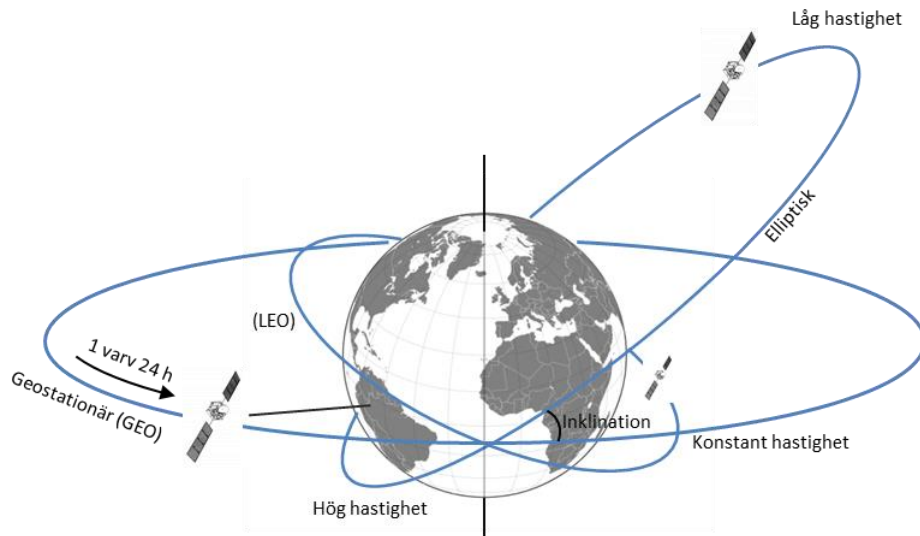
Satellitbanor delas traditionellt in i några olika typer beroende på höjden över marken (se Figur 9):

- LEO, *Low Earth Orbit*, för satelliter på låga höjder (ca 200 – 2 000 km över marken)
- MEO, *Medium Earth Orbit*, för medelhöga höjder (2 000 – 36 000 km)
- GEO, *Geostationary Orbit*, för den geostationära banan vid ca 36 000 km över ekvatorn.
- HEO, *Highly Elliptical Orbit*, extremt elliptiska banor som t.ex. Molnijabanan vars höjd över marken varierar mellan 500 km och 40 000 km.

Hastigheten för satelliter bestäms av dess banhöjd på så sätt att om hastigheten inte är tillräckligt hög för en viss höjd kommer satelliten ramla ner på jorden. Allmänt gäller att vid *lägre* banhöjder har satelliter en *högre* hastighet och därmed en *kortare* omloppstid. I LEO är hastigheten för en satellit typiskt över 25 000 km/h och omloppstiden mellan 90 och 120 minuter, medan en satellit i MEO kan ha en omloppstid på flera timmar och en hastighet på 10 000 km/h.

Vid precis ett avstånd, 35 786 km, är hastigheten sådan att omloppstiden blir exakt 24 timmar. Om en sådan bana placeras rakt över jordens ekvator kommer satelliten alltid att befinna sig på samma plats över jordytan och förefalla vara stationär sett från jorden. Denna typ av bana kallas därför geostationär (GEO).

¹⁶ Rymdstyrelsen, <http://www.snsb.se/sv/Sverige-i-rymden/Svenska-satelliter/Satelliten-Odin>, (uppslagsdatum 2014-12-02).



Figur 9 Schematisk bild över olika typer av satellitbanor. I låga banor är satellitens hastighet hög. På höga banor är hastigheten lägre. I den geostationära banan är hastigheten precis sådan att ett varv runt Jorden tar 24 timmar, dvs. satelliten kommer alltid befinna sig över samma plats på marken. Notera att figuren inte är skalenlig.

Fördelarna med att placera satelliter i GEO är bland annat att de är just stationära. Detta är speciellt fördelaktigt för kommunikations- och TV-satelliter eftersom man då kan rikta en fix antenn mot dem istället för att följa en satellit som rör sig över himlen. En satellit i en geostationär bana kan tack vare den höga höjden också täcka in nästan halva jordklotet. Tre geostationära satelliter, jämnt fördelade runt ekvatorn, kan då användas för global kommunikation till nästan hela jorden. De områden som täcks dåligt från GEO är polarområdena. En annan nackdel är det långa avståndet till jorden, nästan 40 000 km, vilket medför att det inte är lämpligt att placera spaningssatelliter i GEO även om undantag finns främst när det gäller signalspaning.

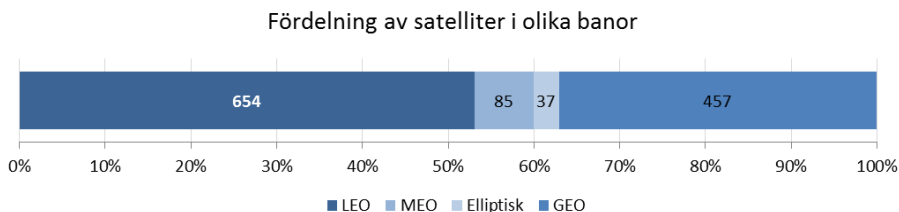
LEO är istället det naturliga valet för jordobservationssatelliter, inklusive militära spaningssatelliter. Ju närmare jordytan satelliten befinner sig desto högre upplösning kan den få. Nackdelen med spaningssatelliter i LEO är de extremt höga hastigheterna. En LEO-satellit i de lägsta banorna (250 - 400 km) spenderar bara några minuter, om ens det, över en och samma plats på jorden. För att få en någorlunda kontinuerlig täckning av ett område behövs ett stort antal satelliter eller att man flyttar upp satelliten i högre banor.

Navigationssatelliter, så som GPS-systemet, är ett exempel på kompromiss då man ofta väljer att placera dessa i höga MEO. Signalstyrkan blir relativt låg pga. de långa avstånden (upp till ca 20 000 km), men man kan med relativt få

satelliter (ett 30-tal) få global täckning med flera synliga satelliter åt gången från alla platser på jordytan.

Alla satellitbanor är inte cirkulära, dvs. har konstant banhöjd. En satellitbana kan också vara elliptisk, se Figur 9. I en sådan bana rör sig satelliten snabbt när den är som närmast jorden och långsamt när den är som längst bort. I vissa extrema elliptiska banor, så kallade *Molnijabanor*, varierar satellitens banhöjd mellan några hundra kilometer till över 40 000 km. Detta medför att satelliten kommer tillbringa den mesta tiden i den högre delen av banan där hastigheten är som lägst. Om banan väljs på rätt sätt kan satelliten placeras på en hög latitud motsvarande Norden när den är som längst bort och man får en satellit som nästan uppför sig som en geostationär satellit, fast på hög latitud istället för över ekvatorn.

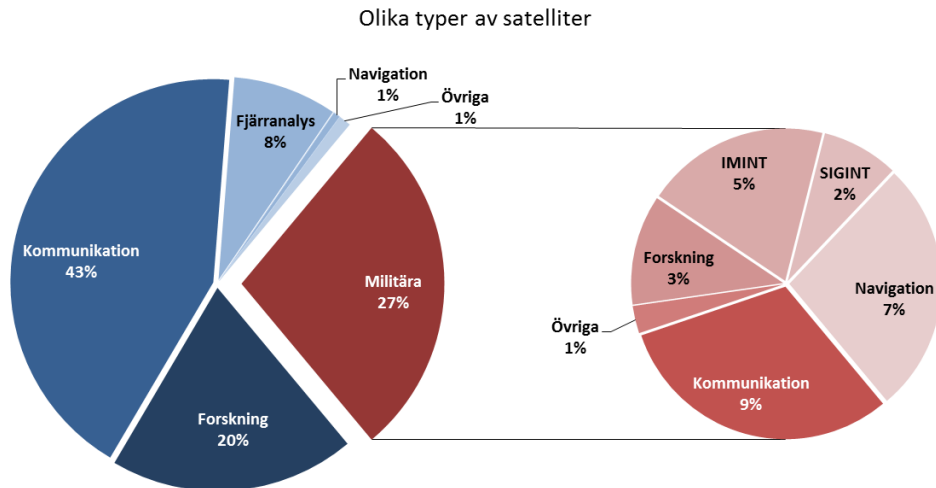
Figur 10 visar hur de aktiva satelliterna i bana runt jorden är fördelade på de olika bantyperna. Drygt hälften av alla satelliter ligger i LEO-banor, ca 40 % i GEO och resterande 10 % i antingen MEO eller i elliptiska banor.



Figur 10 Fördelning av satelliter på olika bantyper.

3.3.2 Satellitkategorier

Figur 11 visar en uppdelning av alla aktiva satelliter i UCS-databasen baserat på om de är civila eller militära samt vilken kategori de tillhör. Det vänstra diagrammet visar uppdelningen mellan civila- och militära satelliter (blått respektive rött), samt en nedbrytning av de civila satelliterna i olika kategorier. Det högra diagrammet visar motsvarande nedbrytning för de militära satelliterna. Man kan konstatera att de militära satelliterna (enligt den här uppdelningen) utgör knappt en tredjedel av alla satelliter, vilket motsvarar ca 350 stycken.



Figur 11 Aktiva satelliter fördelade på civila och militära, samt uppdelade i kategorier. Det högra diagrammet utgör en nedbrytning av den militära andelen i det vänstra diagrammet och alla procentsatser relaterar till det totala antalet aktiva satelliter (1235 satelliter).

Civila satelliter

Majoriteten av de ca 500 civila satelliterna är kommunikationssatelliter och huvudparten av dessa, ca 320, återfinns i GEO. Av de kommunikationssatelliter som inte ligger i GEO dominerar tre olika kommersiella satellitkonstellationer: Iridium (71 satelliter), Globalstar (41 satelliter) samt ORBCOMM (ca 30 satelliter). De två förstnämnda ligger i LEO på ca 800 km över jorden medan ORBCOMMs satelliter ligger på nästan det dubbla avståndet; 1400 km.

Generellt gäller att förutom de civila kommunikationssatelliterna som ligger i GEO så ligger övriga civila satelliter i LEO-banor.

I den näst största civila kategorin, *Forskning*, ingår förutom rena forskningssatelliter även teknikdemonstratorer. Som nämndes ovan ingår den svenska satelliten Odin i den här kategorin. Till skillnad från andra satellittyper ligger forskningssatelliter i alla olika typer av banor, inklusive banor runt andra himlakroppar.

Det är värt att notera att det på den civila sidan finns väldigt få satelliter i kategorin *Navigering*, mindre än en procent. Skälet till detta är att de flesta navigeringssystem är militära även om de även används civilt. Detta gäller exempelvis det amerikanska GPS-systemet och det motsvarande ryska GLONASS-systemet. Undantaget är det europeiska Galileo-systemet. I dagsläget finns emellertid endast fyra aktiva Galileo-satelliter och det är dessa tillsammans med ett par indiska satelliter, IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite*

System), som utgör den civila navigeringskategorin. När Galileo-systemet är fullt utbyggt kommer det ensamt utgöra det första civila navigeringssystemet med global täckning och en satellitkonstellation på ca 24 aktiva satelliter.

Militära satelliter

Även på den militära sidan är *Kommunikation* den största kategorin med över 100 satelliter av de totalt 350 militära satelliterna i den här uppdelningen. Som påpekats ovan bör man vara försiktig när man tolkar dessa siffror. I kategorin militära kommunikationssatelliter förekommer exempelvis väldigt få amerikanska satelliter. Detta beror inte på att USAs militär inte använder satellitkommunikation, tvärt om, i stället används flera av de amerikanska civila kommunikationssatelliterna även militärt.

På samma sätt som för de civila satelliterna ligger den övervägande delen av de militära kommunikationssatelliterna i GEO, men det finns även system i LEO och HEO (*Highly Elliptical Orbit*). Ryssland har traditionellt nyttjat Molnijabanor (se Figur 9) för militära kommunikations- och signalspaningssatelliter. Ett exempel är Meridian-systemet, ett ryskt militärt kommunikationssystem med för närvarande tre satelliter i Molnijabana.

Nästa stora kategori bland de militära satelliterna är *Navigation* vilket inkluderar de två dominerande navigeringssystemen: amerikanska GPS, med totalt 34 satelliter, och ryska GLONASS, med 33 aktiva satelliter. Båda systemen är placerade i MEO på en banhöjd om ca 20 000 km. Utöver GPS och GLONASS finns även det kinesiska navigeringssystemet BeiDou (även känt som Compass) med för närvarande 15 satelliter.

Kategorierna IMINT och SIGINT, dvs. bildalstrande- och signalspaningssatelliter, dominerar bland de resterande militära satelliterna. I dessa två kategorier återfinns alla optiska och radarbaserade spaningssatelliter, inklusive de ryska satelliter som beskrivs i artikeln *En ökad hotbild i och med fler aktörer i rymden*. Som konstaterades ovan ligger de bildalstrande spaningssatelliterna typiskt i låga LEO-banor medan signalspaningssatelliter återfinns i både LEO och GEO, beroende på uppgift.

Liksom för kommunikationssatelliter är det vanskligt att kategorisera framförallt optiska spaningssatelliter som antingen militära eller civila. I vissa fall kan det vara tydligt, men ofta är det oklart om ett system används primärt av militära eller civila användare. Ett sådant exempel är de kinesiska Yaogan-satelliterna (det finns totalt 16 stycken i UCS-databasen) som från officiellt kinesiskt håll uppges vara civila med användningsområden inom bland annat naturvård samt jordbruks- och katastrofövervakning. Det bedöms dock att Yaogan-satelliterna även har tydliga militära användningsområden vilket exemplifierar svårigheterna med dubbla användningsområden.

3.4 Trender för satellitutveckling och satellituppskjutning

Den här artikeln har presenterat information om satelliter och satellituppskjutningar. Genom en närmare titt på diagram av statistiska sammanställningar har ett antal intressanta trender påvisats.

- *Antalet uppskjutningar ökar* - Det är tydligt att antal uppskjutningar i dag ligger på en signifikant lägre nivå än under kalla krigets dagar, men man kan se en tydlig ökning under de senaste åren. Det finns också flera anledningar att tro att ökningen kommer fortsätta i samma takt eller rent av påskyndas. Framförallt pga. större efterfrågan från allt fler nya rymdnationer och tillskottet av nya kommersiella aktörer.
- *Fler aktörer med oberoende tillträde till rymden* - I dagsläget har elva länder egna bäraketsprogram med kapacitet att skjuta upp satelliter i bana runt jorden. Det senaste landet att sälla sig till denna skara var Sydkorea som genomförde sin första satellituppskjutning under 2013. Flera länder är dock i färd med att utveckla egen kapacitet på området.
- *Fler aktörer med tillgångar i rymden* - Antalet rymdnationer, dvs. länder som har eller har haft egna satelliter i rymden, fortsätter öka. I dag består listan av knappt 70 länder men den siffran växer för tillfället med i snitt ett par nya nationer per år, på senare år har flera nya länder tillkommit tack vare trenden med små satelliter.
- *USA, Ryssland och Kina dominerar i rymden* - Majoriteten av alla satelliter, två tredjedelar, ägs och kontrolleras av de tre stora rymdaktörerna: USA, Ryssland och Kina. Det är också dessa tre länder som har de flesta militära satelliterna, närmare 80 %.
- *EU stark rymdaktör* - Europa kan ses som en av de stora rymdaktörerna. Genom ESA har ett antal europeiska länder tillgång till forskningssatelliter och genom EU bygger Europa upp ett oberoende satellitnavigeringssystem. Utöver mellanstatliga samarbeten har flera europeiska länder egna nationella rymdprogram, däribland Sverige.
- *Hälften av alla satelliter ligger i låg bana* - Av alla drygt 1 000 satelliter i bana runt jorden ligger ca 50 % i LEO, 40 % i GEO och resterande ca 10 % i MEO. Ett fåtal satelliter återfinns även i så kallade elliptiska banor. Av satelliterna i GEO är majoriteten kommunikationssatelliter och av de 10 procenten som ligger i MEO är nästan samtliga navigationsatelliter i antingen GPS- eller GLONASS-systemen.
- *Minst en tredjedel av alla operativa satelliter stärker direkt militär förmåga* - 30 % av alla satelliter klassas som militära, en siffra som ska

tolkas försiktigt då satelliter ofta har dubbla användningsområden. Civila satelliter används militärt och militära satelliter används civilt.

- *Nya satelliter nyttjas oftast för kommunikation eller spaning* - Den vanligaste typen av satelliter är kommunikationssatelliter följt av satelliter för forskning och fjärranalys, dvs. jordobservationer och militär spaning. De globala navigeringssystemen är i dag militära system, undantaget är det europeiska systemet Galileo som är under utbyggnad.

4 En ökad hotbild i och med fler aktörer i rymden

Av Victor Jungnell

Behovet av ett informationsöverblick gällande utöver mark-, sjö- och luftarenan också rymden. Militär rymdaktivitet är inte längre begränsat till stormakter. Teknisk spridning, kommersialisering och teknikutveckling har lett till att rymden är mer tillgänglig än någonsin förr, och flera länders försvarsmakter visar idag ett intresse för rymden. Rymden är alltså inte längre en spelplan enbart för stormakter, hotbilden har blivit mer komplex. Exploateringen av rymden kan ses som ett växande problem för Sverige och Försvarsmakten, men samtidigt också som en resurs med många möjligheter, nyttjandet av rymdtjänster som satellitbilder, kommunikation och navigation, ökar stadigt.

4.1 Hot mot satellitsystem och rymdtjänster

Direkta väpnade hot mot markmål (vapensystem i satellitbanor) eller mot satelliter (antisatellitvapen, ASAT) begränsas delvis av internationella avtal som *Rymdfördraget*¹⁷, som förbjuder placering av massförstörelsevapen i rymden, men framför allt av praktiska och teknologiska utmaningar (även om det tidigare utförts flera lyckade försök att slå ut eller störa satelliter). ASAT och vapensystem i omloppsbana utgör alltså idag en liten del av vad som menas med hotbilden i rymden, och behandlas inte vidare i detta avsnitt.

Vad gäller hot mot satelliter från marken så innefattar det sådant som robotar, laservapen eller någon form av störning av satelliter (t.ex. störning av kommunikationslänkar, störning av satellitnavigeringstjänster eller cyberattacker). Det mest sannolika hotet här är störning av satelliter på olika sätt. Läs gärna mer om detta i FOIs rapport *Rymden - arbetsplats eller slagfält?*¹⁸

Rymdskrot till följd av årtal av oreglerad rymdverksamhet utgör ett stort hot mot satelliter idag. På grund av Sveriges i dagsläget begränsade rymdaktivitet, i synnerhet den militära, är det inte motiverat för Försvarsmakten att aktivt engagera sig i rymdskrotsproblematiken. Dock är det så att de rymdtjänster man är beroende av finns tack vare ett funktionsdugligt satellitnätverk, om en av dessa satelliter slås ut av en kollision med rymdskrot påverkas då tjänsten som nätverket levererar. Detta skedde t.ex. 2007 när en kommersiell

¹⁷ UNOOSA, <http://www.unoosa.org/unososa/SpaceLaw/outerspt.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

¹⁸ Bernhardsdotter, Höstbeck. (2011). *Rymden - arbetsplats eller slagfält?*, Stockholm, FOI, FOI-R--3295--SE.

kommunikations-satellit ägd av Iridium kolliderade med en gammal sovjetisk satellit. Kollisionen gjorde att satelliterna splittrades upp i svärmar av nya objekt, varav flertalet ligger kvar i bana idag. En kollision mellan objekt medför alltså skapandet av nya, mindre objekt som i sin tur kan slå ut andra satelliter. Just Iridium-konstellationen består av många satelliter och är därför ett mer robust system, men risken finns att en tjänst försvinner helt om bara en satellit slås ut. Även om rymdskrots-problematiken just nu inte utgör ett direkt hot, bör man ändå bevaka utvecklingen som slutkund av satellittjänster.

Rymdväder utgör det största hotet mot satelliter genom att påverka satellitens system, och i värsta fall slå ut dem. Eventuella skyddsmetoder mot rymdväder är framför allt en angelägenhet för satellitoperatörer. Men återigen kan detta påverka tillgängligheten av rymdinfrastruktur som en slutkund behöver, t.ex. bortfall av satellitbaserad navigering och kommunikation.

4.2 Hot mot Sverige från rymden

Ur svensk försvarssynpunkt utgörs hotbilden huvudsakligen av underrättelse-verksamhet i rymden från andra aktörer som vill inhämta information om svenska förhållanden. Många satelliter passerar dagligen över Sverige. En stor del av dessa har varken förmåga eller syfte att samla in information från ytan; andra har just denna funktion. Vissa är specialiserade för underrättelseinhämtning, medan andra kan användas indirekt till det syftet. Vissa satelliter är huvudsakligen civila, andra rent militära. Tillsammans kan dessa satelliter användas för att skapa ett informationsöverläge över en motståndare.

En analys av underrättelsesatelliter och hur de kan användas för ett informationsöverläge ges i nästa avsnitt *Ögon och öron i rymden - En genomgång av ryska spaningssatelliter*. Nedan beskrivs alltså endast översiktligt de olika typer av satelliter som kan användas i underrättelsesyfte.

Avbildande satelliter - optik och radar

Bildalstrande satelliter är den vanligaste typen av spaningssatellit och har både militära och civila syften. Optiska fotosatelliter är vanligast och har använts sedan 1960-talet. Dessa når idag en upplösning på några decimeter. Den främsta nackdelen med optiska instrument är att de är väderberoende. Radarsatelliter används också eftersom de är mindre väderberoende, men är mer tekniskt avancerade och därmed dyrare. Radar är också mer energikrävande än fotografiska sensorer.

Typiskt passerar avbildande satelliter över ett område flera gånger med någon timmes mellanrum, och då på relativt låg höjd. På detta sätt kan operatören skapa en tidsserie över exempelvis militär aktivitet. Civila satelliter används främst för att kartlägga klimatförändring, naturkatastrofer och jordbruk, men kan också

användas i militärt syfte. Huruvida en viss satellit är främst militär eller civil kan alltså vara svårt att avgöra.

Elektronisk avlyssning

Radio- och radarsignaler kan avlyssnas från rymden med signalspaningssatelliter. Med hjälp av satelliter kan man alltså fånga upp innehållet i en sändning, eller lokalisera radarstationer, på samma sätt som med flygplan eller fartyg. Fördelen med satelliter är att de lättare kan göra det utan motståndarens vetskap.

Väder, kommunikation och navigering

Förutom direkt underrättelseinhämtning finns det annan rymdinfrastruktur som kan används militärt för att skapa ett informationsöverblick gentemot en motståndare. Till exempel väderprognoser, möjligheten att kommunicera med egna trupper via satellit och användning av precisionsstyrda vapen med hjälp av satellitnavigeringstjänster bidrar allihop till stärkt militär förmåga hos en aktör.

4.3 Rymdlägesbild - övervakning av rymdresurser

På grund av den ökande rymdaktiviteten är det ur försvarssynpunkt viktigt att bilda sig en uppfattning om denna. Detta benämns rymdlägesbild, *Space Situational Awareness* (SSA), och kan sägas bestå av fyra huvudkategorier:

- *Near-earth objects*, alltså asteroider och liknande som passerar nära jorden
- Rymdväder
- Övervakning och inmätning av objekt i omloppsbana runt jorden (rymdskrot och satelliter)
- Militär rymdlägesbild, *Recognized Space Picture* (RSP), karakterisering och identifiering av satelliter

Även om Sverige i dagsläget inte bedriver stor rymdverksamhet, används rymdinfrastruktur såsom satellitkommunikation och GPS dagligen i både militärt och civilt syfte. Det svenska civila samhället är idag till stor del beroende av en fungerande rymdinfrastruktur.

Spaningssatelliter som passerar över Sverige kan av praktiska skäl inte förhindras att göra det, som är fallet för signalspaningsflygplan eller inhämtande fartyg. Men med kunskap om satelliternas banor, funktion och syfte, kan man dock förbereda sig. Åtgärder kan tas för att bättre dölja infrastruktur, eller planera aktivitet beroende på synlighet från rymden. Att aktivt övervaka satelliter som passerar över Sverige benämns överflygningsanalys.

Sammanfattningsvis kan man säga att alla resurser i rymden som kan användas i militärt syfte utgör ett hot, men att också hot mot rymdinfrastruktur som Försvarsmakten och det civila samhället använder sig av ingår i hotbilden.

Ur svensk synpunkt uppstår både ett militärt och ett civilt behov av en rymdlägesbild (SSA). Kunskap om insyn från rymden, överflygningsanalys, bör beaktas på samma sätt som väderprognoser inför planering av militär aktivitet. Ett informationsöverläge i rymden är idag en nödvändighet för att kunna uppnå ett informationsöverläge på marken och till sjöss.

5 Ögon och öron i rymden - En genomgång av ryska spaningssatelliter

Av Daniel Faria och Christer Andersson

Militära spaningssatelliter har under lång tid varit en viktig komponent i stormakternas arsenal av underrättelseverktyg. På senare tid har allt fler nationer fått tillgång till rymdbaserad spaning. Teknikutvecklingen har lett till att satelliterna får alltmer avancerade sensorer och att systemen som helhet får en högre förmåga. Detta gäller självklart även Ryssland där flera rymdbaserade spaningssystem genomgår ett generationsskifte. Det är därför relevant att bevaka området i syfte att förstå vilken militär förmågehöjning detta tillför och hur detta i sin tur påverkar den svenska Försvarsmakten.

Den här artikeln innehåller en sammanställning av ryska satelliter för optisk, radar- och signalspaning som förekommer i öppna källor med syfte att lyfta fram de förändringar som genomförs i Ryssland. Artikeln redovisar också i generella termer hur satellitbaserade spaningssystem är uppbyggda och hur underrättelseflödet i dessa hanteras. En viktig slutsats som kan dras är att spaningssatelliter bör ses som ett system av system där alla ingående delkomponenter är betydelsefulla. En sammanställning av endast satelliterna, på det sättet som görs här, är ett viktigt första steg men är i sig inte tillräckligt för att bedöma den samlade satellitbaserade spaningsförmågan. För detta krävs en betydligt djupare analys av *hela* systemstrukturen, inte enbart satelliterna.

5.1 Satellitutvecklingen i Ryssland

Ryssland är ett av få länder med ett komplett rymdprogram som omfattar alla aspekter av rymdfart. Detta gäller även det militära rymdprogrammet som i många avseenden varit drivande för utvecklingen av de civila delarna, speciellt under sovjettiden där dagens ryska rymdprogram har sina rötter. Efter Sovjetunionens kollaps följde en period med stora nedskärningar inom rymdprogrammet. Den trenden har nu delvis bromsats upp i och med att Ryssland avsatt stora medel för att rusta upp militärt, vilket även gäller det militära rymdprogrammet som är ett prioriterat område.

Ett tydligt exempel på prioritering av rymdprogrammet är navigeringssystemet GLONASS, Rysslands motsvarighet till USAs GPS och Europas Galileo. Efter en längre tid av kraftig underfinansiering har man sedan en tid tillbaka valt att skjuta till stora resurser till programmet. Detta har lett till att man återigen lyckats bygga ut en näst intill full konstellation av GLONASS-satelliter och

därmed på nytt uppnått global täckning med prestanda som är jämförbar med GPS. Systemet moderniseras dessutom kontinuerligt med nya generationer av satelliter.

Även inom den rymdbaserade spaningen går utvecklingen framåt. Flera av de system som har använts fram till i dag utvecklades och driftsattes under sovjettiden och baserades på våtfilmskameror. Dessa system genomgår nu ett generationsskifte där de nya systemen använder elektrooptiska sensorer vilka medger mer flexibel inhämtning av data och bättre förutsättningar för korta responstider.

Ett annat område som genomgår ett generationsskifte är rymdbaserad signalspaning. Precis som för den optiska spaningen är Ryssland i färd med att byta ut äldre system som utvecklades under kalla kriget till modernare versioner med högre prestanda.

Samtidigt som stora förändringar tillkännages kan man konstatera att omställningen går långsamt och att utvecklingen i flera fall verkar skjutas på framtiden. Ryssland har också drabbats av ett antal misslyckade uppskjutningar där både raketen och satelliter totalförstörts. Exempelvis förlorade man tre GLONASS-satelliter 2013 och en ny kommunikationssatellit 2014 i samband med uppskjutningar med rakettypen Proton.

5.2 Spaningssatelliter som ett system av system

Den samlade förmågan hos ett satellitbaserat spaningssystem beror inte enbart på satellitens tekniska prestanda så som kamerans upplösning eller sensorernas signalkänslighet. Även om dessa parametrar är viktiga så finns det i praktiken en mängd andra faktorer som är minst lika betydelsefulla. Detta inser man om man betraktar spaningssatelliter som ett system av system och inte som isolerade komponenter.

I grova drag kan ett satellitbaserat spaningssystem indelas i tre funktionella segment: ett rymdsegment, ett marksegment och ett underrättelsesegment. Varje block spelar en viktig roll för systemets samantagna förmåga att leverera rätt satellitdata vid rätt tidpunkt i tillräcklig mängd. Inget system är starkare än den svagaste länken. Hög teknisk prestanda i ett av segmenten är givetvis en förutsättning för en god samlad förmåga och det ger en indikation om hur hela systemet är tänkt att fungera, men det är inte i sig tillräcklig information för att bedöma förmågan i hela systemlösningen.

Rymdsegmentet är den mest uppenbara komponenten av ett satellitbaserat spaningssystem. Rymdsegmentet består av satelliten själv dvs. dess sensorer samt den plattform som sköter datahantering, satellitens position i rymden,

kommunikation och andra delsystem för underhåll. Utformningen av satellitens bana och kapacitet för att överföra sensorernas information till marken är avgörande för dess möjlighet att leverera rätt data i rätt tid.

I avsnitt 5.3 inventeras det ryska rymdsegmentet inom spaningsområdet, dvs. vilka satellitplattformar som finns tillgängliga i dag och i den närmaste framtiden.

Underrättelsesegmentet. Oavsett vilket land som nyttjar satellitbaserade spaningsresurser så används satelliterna inom ramen för en nationell underrättelseplanering. I ett sådant sammanhang betraktas satelliterna enbart som ett av flera underrättelsesystem. Andra länders satellitbaserade spaningsresurser bör därför generellt analyseras utifrån att de är delsystem i ett större underrättelsesammanhang.

Underrättelsesegmentets utformning är avhängigt hur den övriga underrättelsetjänsten är inrättad. Vanligen finns funktioner för tolkning, analys, delgivning och arkivering i detta segment. Till skillnad från de två övriga mer teknikorienterade segmenten är effektiviteten i denna del i huvudsak beroende av underrättelsepersonalens kvalitet och kvantitet.

Marksegmentet består slutligen av system för uppdragsplanering och kontroll av satellitens uppträdande i rymden; system för upplänk av kommandon och nedlänk av data; samt system för bearbetning och arkivering av informationen.

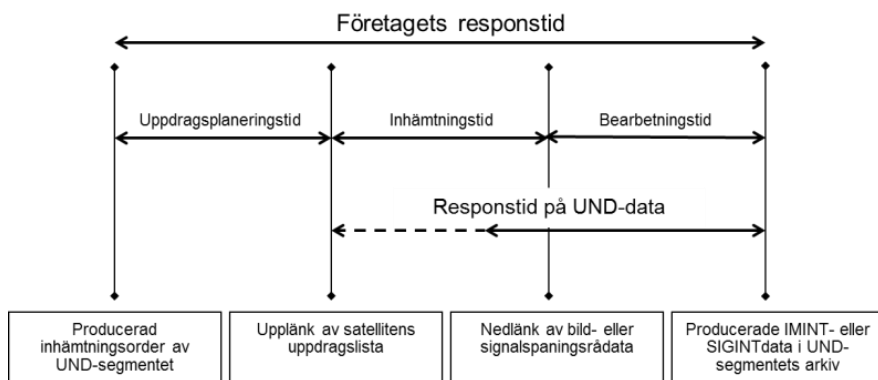
Samtliga tre segment måste samverka för att ett satellitbaserat spaningssystem ska nå full effekt. Utan satelliter i rymden i rätt bana med rätt sensorer kvittar det hur effektivt underrättelsesegmentet arbetar. Och utan ett fungerande underrättelsesegment spelar det ingen roll om man har tillgång till de bästa sensorerna och den snabbaste dataöverföringen.

Ett exempel på en parameter som är fundamental för varje rymdbaserad spaningsresurs och som illustrerar beroendet av samtliga tre segment är systemets responstid, dvs. tiden från det att satellitdata efterfrågas tills dess den finns tillgänglig hos beslutsfattarna som ett relevant beslutsunderlag.

5.2.1 Responstiden

Responstiden för underrättelsesatelliter brukar delas in i ett antal olika tidssegment beroende på vilken enhet eller funktion som förbrukar tiden. Normalt räknar man med att starttiden för en underrättelseoperation, eller ett s.k. företag, börjar när underrättelsesegmentet har lagt en inhämtningsorder hos marksegmentet. Sluttid för företagets responstid är när underrättelsesegmentet har fått efterfrågad IMINT- eller SIGINT-data i sitt arkiv från marksegmentet. Den totala responstiden för företaget består då av tiden som åtgår för att göra uppdragsplaneringen, inklusive programmering av kommandon till satelliten, inhämtningstid och bearbetningstid. Tiden för satelliten att komma i position och

inhämta data inklusive tid för nedlänk är inhämtningstiden. Inhämtningstiden beror till stor del på rymdsegmentets utformning, dvs. val av satellitbana samt marksegmentets funktion. Om satelliten endast passerar över området en gång i veckan eller marksegmentet endast kan ta emot data en gång per dygn sätter detta stora begränsningar på inhämtningstiden. Slutligen tillkommer tiden för mottagning, bearbetning och arkivering av data i underrättelsesegmentet s.k. bearbetningstid. I Figur 12 nedan redovisas dessa tidssegment schematiskt. Notera att responstiden på underrättelsedata, eller aktualiteten på data, är kortare än företagens responstid, och till och med kortare än den sammanlagda inhämtnings- och bearbetningstiden.



Figur 12 Generell beskrivning av hur responstiden för ett satellitbaserat underrättelsesystem är uppdelad i olika tidssegment.

5.2.2 Vilka uppgifter har spaningssatelliter?

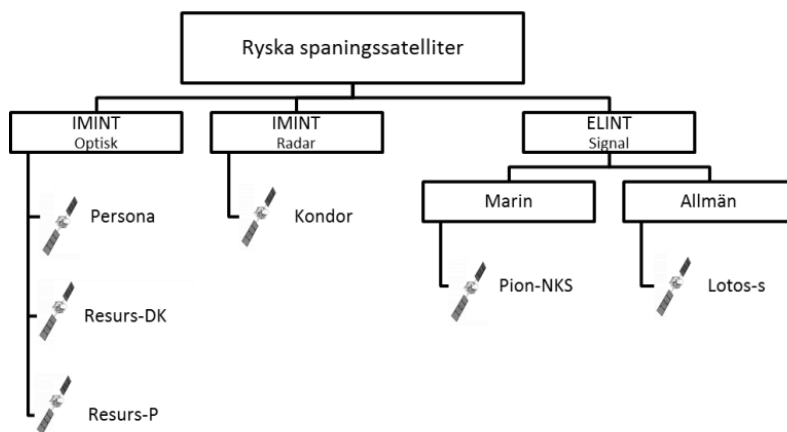
Traditionellt sett har satellitbaserade spaningsförmågor använts som en strategisk underrättelsesresurs. Inte minst stormakterna använder spaningssatelliter för att bedöma sin motparts långsiktiga strategiska utveckling avseende beredskap, teknologisk nivå och övergripande militära resurser. Användningen av satelliter som en strategisk underrättelsesresurs innebär att man analyserar långsiktiga trender och kapaciteten hos nationsvida och komplexa strukturer samt levererar bedömningarna till högsta beslutande nivå. Med andra ord så studeras små förändringar i förhållande till en normalbild under lång tid genom ett stort antal inhämtningar. Långsiktighet och noggrannhet är ledord för denna verksamhet - inte snabbhet och responstider.

Genom den tekniska utvecklingen har de satellitbaserade spaningssatelliterna under senare år kommit att användas på operativ och i begränsad omfattning även på taktisk verksamhetsnivå. Kraven på dessa satellitsystem är delvis annorlunda jämfört med de system som används strategiskt.

Underrättelsecykeln¹⁹ har kortare omloppstider och delgivningen av resultatet sker till en bredare bas av mottagare. Trenden går mot att denna typ av underrättelser levereras ända ner till soldaten i fält som ett komplement till flygspaning eller spaning med UAV:er.

5.3 Ryska spaningssatelliter

Sammanställningen av ryska spaningssatelliter nedan är uteslutande baserad på öppna källor och inkluderar de system som anses vara operativa i dag och kommer förbli så under minst det närmaste årtiondet. Fokus ligger på spaningssatelliter som ligger i låga banor, eventuella satellitsystem som ligger i GEO eller Molnija-banor tas inte upp här. En indelning har gjorts i tre grupper enligt Figur 13: optiska, radar- respektive signalspaningssatelliter. För varje grupp förs ett generellt resonemang kring användningsområden varpå de individuella satellitsystemen beskrivs utan specifikt eller kvantitativt fokus på teknisk prestanda. Dels för att sådan teknisk data är svåra att utläsa ur öppna källor, dels för att fokus bör, som poängterats ovan, inte ligga på specifik kvantitativ data för individuella plattformar.



Figur 13 Översiktlig bild över ryska spaningssatelliter uppdelade i de tre grupperna: optiska, radar respektive signalspaning. Idag aktiva satellittyper är listade under respektive grupp.

¹⁹ Underrättelsecykeln består av momenten planering, inhämtning, bearbetning och delgivning.

5.3.1 Optisk spaning

Med optisk spaning menas att man gör observationer inom det synliga- eller infraröda spektrumet. Som generell tumregel för upptäckt av ett objekt gäller att upplösningen ska vara i samma storleksordning som objektet. För identifiering av objekt bör upplösningen vara ca en tiondel av objektets storlek eller bättre. Med denna tumregel kan fordon upptäckas på satellitbilder med en upplösning på storleksordningen några meter, medan identifiering typiskt kräver en upplösning på under en meter.

Alla fasta större objekt, ner mot någon meters storlek, beroende på systemets upplösning, kan utgöra mål för optisk och radarbaserad satellitspaning. Rörliga objekt av samma storleksordning kan också utgöra spaningsmål. Varje observation utgör en ögonblicksbild, varför någon följning av rörliga mål, likt det en UAV kan leverera, inte kan ske med hjälp av satelliter. Speciellt gäller att föremål som befinner sig mot en strukturlös yta är lätta att upptäcka, som t.ex. fartyg till havs.

Utvecklingen har sedan de första optiska spaningssatelliterna rört både *upplösningen*, som blivit allt högre, och *ledtiden* från bild till tillgänglig analys. I dag har både civila, kommersiella och militära satelliter nått en gräns för vad som är praktiskt möjligt att uppnå när det gäller upplösningen, dvs. några decimeter. Utvecklingen kommer därför under den närmaste tiden troligen gälla framförallt utveckling av systemstrukturer i marksegmentet och mer integrerade ledningssystem, med syfte att korta ledtiderna.

Persona

Persona-systemet är det senaste ryska optiska satellitsystemet och ersätter ett antal tidigare satellitsystem i Yantar-familjen (se särskilt avsnittet nedan). Den tekniska prestandan hos Persona är enligt öppna källor typisk för moderna optiska spaningssatelliter med en upplösning på dryga halvmeter och förmågan att ta multispektrala bilder. Persona bygger troligen på optik från det tidigare, och numera nedlagda, Sapfir-programmet. Detta innebär i så fall att det endast finns tre färdigproducerade uppsättningar optik att tillgå. Persona utgör därför förmodligen ett mellansystem på väg mot en helt nyutvecklad generation optiska spaningssatelliter med liknande teknisk prestanda, men baserat på en ny plattform. Livstiden för individuella Personasatelliter är ca sju år och Ryssland har hittills skickat upp två Persona-satelliter varav den ena visat sig ha tekniska problem och troligen inte är operativ.

Enligt öppna uppgifter har Persona kapacitet för dataöverföring i nära realtid och kan troligen nyttja reläsatelliter i t.ex. GEO för att länka data till marksegmentet även när satelliten inte befinner sig över en markstation. Responstider för systemet som helhet begränsas sannolikt av marksegmentet snarare än rymdsegmentet men förmågan att länka ner data från satelliten via reläsatelliter

indikerar på en ambition att minska responstiden i den nya generationen optiska spaningssatelliter.

Resurs

Resurs är en civil kommersiell vidareutveckling av en äldre generation av den militära spaningssatelliten med benämningen Neman. Även om satelliten officiellt klassas som en civil jordobservationssatellit används den av såväl civila som militära myndigheter och departement, däribland det ryska försvarsministeriet. Ryska NTs OMZ (*Research Center for Earth Operative Monitoring*), fungerar som satellitoperatör för Resurssystemet.

För närvarande finns det två versioner av Resurs. Den tidigare generationen, Resurs-DK, sköts upp 2008 och levererade multispektrala, högupplösta bilder för bland annat prospektering av naturresurser samt is-, havs- och katastrofövervakning. I dag har Resurs-DK ersatts av Resurs-P som löser liknande uppgifter men är utrustad med mer avancerade sensorer.

Resurs-satelliterna är ett exempel på att skillnaden mellan civil fjärranalys och militär spaning inte är helt tydlig. Det handlar till del om vem som äger och kontrollerar satelliterna, vilka prestanda satelliterna har, men främst om vilka som använder satellittjänsterna. Den underliggande tekniken är densamma och ett civilt system kan användas militärt om så bedöms lämpligt.

Yantar

Ett antal äldre satellittyper i den så kallade Yantar-familjen (Neman, Kometa, Kobalt-M, m.fl.) har sitt ursprung i Sovjetunionen men är förmodligen fortfarande operativa även om inga aktiva satelliter finns i omloppsbana. Satelliterna, med undantag av Neman, är våtfilmsbaserade vilket medför långa ledtider mellan observation och tillgänglig bild. Livstiden för individuella satelliter är kort (enstaka månader) och totalt har ett hundratal Yantar-satelliter skickats upp. Fram till 1990-talet fanns det alltid minst en aktiv Yantar-satellit i omloppsbana. Värt att notera är att en filmbaserad Kobolt-M skickades upp så sent som i maj 2014.

Sammantaget kan man konstatera att den nya generationen satelliter medger bättre förutsättningar för att leverera data med korta responstider än de äldre systemen de ersätter.

5.3.2 Radarsatelliter

Spaning med hjälp av syntetisk aperturradar (SAR) från satellitplattformar har främst motiverats med dess oberoende av väder- och ljusförhållanden och utgör därmed ett komplement till optisk spaning. Att ha sin egen belysningskälla monterad på satelliten ställer emellertid stora krav på en effektiv energikälla. Traditionellt används solpaneler på de flesta satelliter som primär energikälla,

men för radartillämpningar har detta i inte alltid varit tillräckligt effektivt. Man har därför historiskt i flera fall nyttjat kärnenergiällor, vilket i sin tur orsakat att systemen blivit stora och komplicerade. Dagens solpaneler är dock avsevärt mer effektiva och moderna radarsatelliter klarar sig på en kombination av solpaneler och laddningsbara batterier.

Radarspaning används för samma typ av mål som optisk spaning, men eftersom radarstrålningen är inom ett annat våglängdsområde än det synliga ljuset kan viss annan information erhållas. Radarspaning och optisk spaning kompletterar därför varandra väl. Typiskt kan SAR-bilder rekonstrueras för mycket långa markavsnitt, eller stråk, under en och samma passage.

Kondor

Kondor är benämningen på Rysslands senaste SAR-satellit och finns i två versioner: en militär, Kondor, och en exportversion, Kondor-E. Plattformen som satelliterna baseras på uppges vara mycket flexibel och medger att satelliterna utrustas med antingen en SAR eller en optisk sensor, beroende på efterfrågan. Livstiden för individuella Kondorsatelliter bedöms vara ca fem år. Hittills har en Kondor skickats upp (maj 2013) och denna är fortfarande aktiv.

Kopplingar till Kina

Under utvecklingen av Kondorsatelliterna har Ryssland haft omfattande samarbeten med Kina. Detta har resulterat i att även Kina har skjutit upp minst en SAR-baserad satellit, Huanjing-1C. Vid analyser av de båda satelliternas banor har man i efterhand noterat att de koordinerar sina manövrar mycket noggrant vilket lett till rykten om att det finns ett samarbete mellan Ryssland och Kina som möjligen även omfattar de operativa satelliterna och deras data.

5.3.3 Signalspaning

Som signalspaningsplattform har en satellit både för- och nackdelar. Fördelen är framförallt möjligheten att komma åt signaler som inte kan nås från konventionella plattformar till havs, i luften eller på marken. Nackdelen är att signalspaning mot ett spaningsobjekt är begränsad till kortare tidsperioder då plattformen passerar över objektet, undantaget satelliter placerade i GEO. För ett givet område på jordytan blir täckningen i tiden några få procent för en satellit i låg bana. På samma sätt som för övriga typer av spaningssatelliter löses detta genom att använda flera satelliter, ofta i en kombination av olika banor.

Signalspaning från satelliter är främst intressant på de frekvenser där jonosfären inte utgör ett hinder för en signal att utbreda sig från marken upp till satelliten. Detta innebär att rymdbaserad signalspaning främst görs mot radiotrafik över kortvågsbandet samt mot radaranläggningar.

Lianasystemet

Lianasystemet är en av huvudkomponenterna i den ryska militära rymdkapaciteten och representerar den senaste generationen av signalspaningssatelliter. Liana består liksom tidigare generationer signalspaningssatelliter av två olika typsatelliter: Lotos-S (ersätter tidigare Tselina-satelliterna) och Pion-NKS (ersätter US-PU-satelliterna).

Lotos-S är designad som en generell signalspaningssatellit med förmåga att spana mot alla typer av militära farkoster och installationer. Pion-NKS utgör den marina komponenten i systemet med främsta uppgiften att spana mot marina farkoster. Enligt vissa öppna uppgifter har Pion-NKS, förutom passiva signalspaningssensorer, även en aktiv radar för havsövervakning liknande den i tidigare sovjetiska satelliter av typen US-A (föregångare till US-PU). Kombinationen av passiv ELINT²⁰ och aktiv radar innebär troligen att satelliten har en mycket god förmåga att lokalisera och identifiera marina mål. Hittills har endast en satellit i Lina-systemet skjutits upp, en Lotos-S, och systemet får därför anses vara under utveckling.

Ur öppna källor kan man utläsa att Liana-systemet utvecklas parallellt med tillhörande marksegment och att fokus ligger på att erhålla data i realtid för att på så sätt inte enbart använda satelliterna för att lokalisera och identifiera militära mål, utan också i bekämpningsfasen.

5.4 Rysk militär förmågeökning med stöd av satelliter

Militära rymdbaserade spaningssystem har blivit en alltmer vanligt förekommande resurs i alltfler länders militära verktygslådor. Stormakterna fortsätter att utveckla sina system i takt med att ny teknik tas fram och att övriga militära förmågor utvecklas. Trenden går mot att information sprids allt snabbare, kvalitén blir bättre och användningen bredare.

Ryssland är inget undantag och deras militära rymdprogram har på senare tid genomgått en uppgradering i samband med att stora resurser satsas på att bygga upp landets militära förmågor. Detta har också gällt den rymdbaserade spaningsförmågan där flera system genomgår ett generationsskifte som innebär att äldre system som varit operativa sedan sovjettiden byts ut mot moderna och rimligen mer kapabla system.

Exakt vilken förmåga dessa nya system har är oklart men samanställningen ovan tyder på att det finns förutsättningar för kortare responstider, högre tillgänglighet och bättre kvalitet på insamlad data i kommande system. Kombinerat med

²⁰ ELINT, Electronic Intelligence.

uttalade ambitioner från rysk sida att integrera sina rymdbaserade system med de traditionella stridskrafterna förefaller det relevant att bevaka området, det gäller speciellt förståelsen för vilken förmågehöjning dessa nya rymdsystem tillför den ryska militären och hur detta eventuellt påverkar det svenska försvaret.

6 När kommersialisering möter säkerhetspolitik – läget i rymden

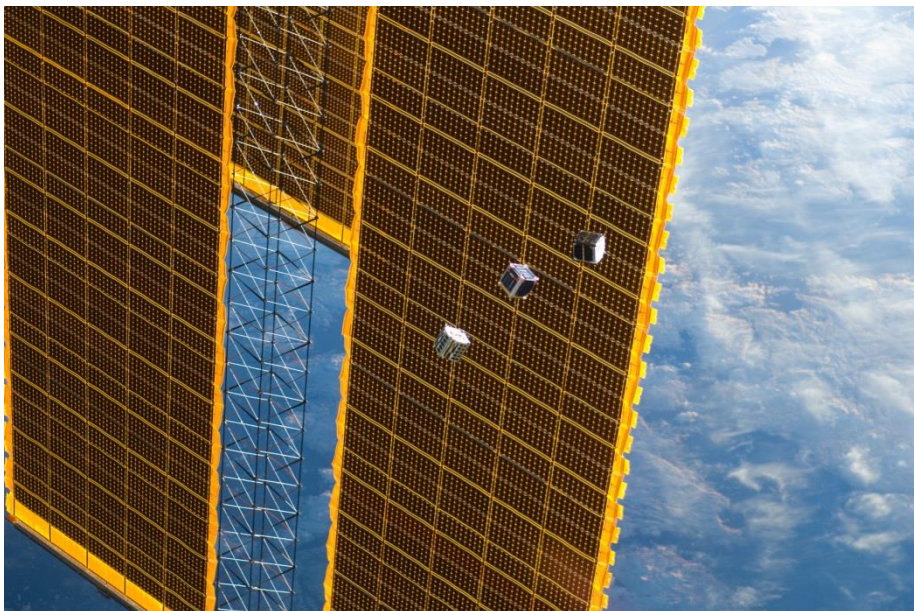
Av Kristofer Hallgren

Rymden är aktuell och man kan återigen tala om rymdkapplöpning. De tävlande denna gång är däremot inga supermakter utan företag som drivs av kommersiella intressen. Samtidigt har den tekniska utvecklingen på slagfältet gjort att rymden blivit allt viktigare för världens militärmakter och en strategisk högsta punkt som är viktig att kontrollera. Även om de kommersiella och militära ambitionerna för rymden inte alltid pekar åt samma håll finns det överlappande områden och de länder som tar ett helhetsgrepp på rymdens alla möjligheter har därför mycket att vinna.

I takt med krympande anslag har nationella rymdprogram världen över letat efter nya vägar framåt och mer effektiva lösningar för sin verksamhet. Kommersialisering och globalisering har då setts som den bästa och snabbaste vägen framåt. Framförallt USA med NASA har varit positiva till utvecklingen. Bland annat så har NASA genom olika program kravställt, utvärderat och anslagit forskningspengar till ett antal företag och industriella utvecklingsprojekt med direkt bäring på att kunna realisera NASAs framtida rymdsatsningar. Det har alltid funnits företag i rymdbranschen som levererat hårdvara till olika rymdprogram. Skillnaden nu är att man medvetet vill locka fram en bredd av företag för att på så sätt öka konkurrensen och få ner priserna. Detta har också inneburit att NASA skiftat en del av sin tidigare ingenjörskompetens för teknisk utveckling mot kompetens att kravställa och utvärdera lösningsförslag. Vidare har en viss lättnad kring framförallt amerikanska exportregler och den allmänna teknikutvecklingen gjort att kommersialiseringen av rymdindustrin har slagit igenom på bred front och det finns nu privata aktörer som erbjuder varor och tjänster inom i stort sett alla segment av branschen.

I slutet av oktober 2014 skedde dock två spektakulära olyckor med direkt koppling till kommersiella intressen. Först kraschade *Virgin Galactic SpaceShipTwo* under en testflygning vilket resulterade i en död och en svårt skadad och några dagar senare exploderade *Orbital Sciences* lastskepp på väg till den internationella rymdstationen (ISS) precis efter start. Den omedelbara effekten av olyckorna var krav på starkare myndighetskontroll av kommersiella rymdaktörer. Om detta verkligen kommer att ske beror på resultatet av haveriutredningarna som inte väntas vara klara förrän slutet av 2015. I det långa loppet kommer detta förmodligen inte medföra något större avbräck för branschen, det var inte första och tyvärr förmodligen inte heller sista gången som rymdbranschen drabbas av olyckor, vilket också visas i Figur 3.

En av de största nya marknaderna i rymdbranchen är mikrosatelliter. Det är de relativt enkla och billiga möjligheterna att skjuta upp mikrosatelliter, se Figur 14, som har lockat entreprenörer till detta segment. Ett flertal nystartade företag planerar att skicka upp konstellationer (ofta fler än 10 satelliter) av mikrosatelliter inom de närmaste åren. Oftast satsar man på att sälja någon form av jordobservationstjänster. Generellt ligger upplösningen som erbjuds av dessa konstellationer på 3-5 meter, dvs. sämre än vad som erbjuds idag på konventionella satelliter. De är dock ett bra komplement till de stora komplexa satelliterna då de i kluster erbjuder en högre uppdateringstakt. I vissa fall säger man sig kunna täcka hela jordytan varje dygn, mycket oftare än vad som är möjligt med enskilda satelliter. Detta medger en mängd möjligheter för att bättre planera skog- och jordbruk, hantera räddningsinsatser och bedöma skador efter naturkatastrofer. Det kommer också att bli enklare att följa truppförflyttningar, konstruktion av infrastruktur och andra försvarsförberedelser. För Försvarsmakten innebär trenden med små och fler satelliter att det ställs ökade krav på en säkerhetsmedvetenhet vid bland annat övningar och kanske även att man utvecklar nya metoder för att hantera risken att all aktivitet på marken kan följas av andra aktörer.



Figur 14 CubeSats utplacerade i omloppsbana från den internationella rymdstationen (ISS). Källa: NASA.

Även i det mer komplexa och kapitalkrävande uppskjutningssegmentet av rymdindustrin försöker nya kommersiella aktörer slå sig in på marknaden. Ett fåtal unga företag (SpaceX, Blue Origin, Sierra Nevada Corporation, Orbital

Sciences m.fl.) konkurrerar här med sedan länge etablerade bolag som Boeing och Lockheed Martin. Längre var ekonomin den viktigaste parametern när det gällde upphandling av uppskjutningar och det var svårt att konkurrera med de stora aktörerna. Nu har dock spelplanen ändrats något sedan den säkerhetspolitiska aspekten av nationell tillgång till uppskjutningsmöjligheter kommit upp på agendan.

I USA aktualiserades frågan i samband med Ukrainakrisen. En av de mest använda raketerna för uppskjutning av statliga och militära satelliter i USA, Atlas 5 drivs nämligen av ryska motorer (RD-180), se Figur 15. Under våren 2014 lade USA sanktioner mot Ryssland som bland annat påverkade möjligheten till inköp av denna motor. Just dessa sanktioner hävdades senare men Ryssland svarade med att inskränka exportlicensen av motorerna till att endast gälla civila upp-skjutningar.²¹ I dagsläget säger den amerikanska distributören sig inte ha problem med leveranser av fler raketmotorer. Situationen oroar dock kongressen i USA och man har därför börjat fundera kring nationella alternativ. En tidig utredning visade att oavsett hur tillgången till motorerna ser ut framöver befinner USA sig i en situation man borde ha undvikit – ett beroende av annat land för nationell tillgång till rymden. Den stora frågan är om USA ska satsa på en helt ny, inhemskt producerad motor, eller om man ska använda de tillverkningslicenser och ritningar man har för ryska RD-180. Det andra alternativet kan verka vara det snabbare, men det första förslaget har fått den amerikanska rymdindustrin på fötter och ett flertal industrisamarbeten säger sig kunna erbjuda ersättningsmotorer eller hela raketer. Kongressen, amerikanska flygvapnet och andra statliga instanser har delat ut forskningspengar till ett antal olika projekt för



Figur 15 Atlas 5, en amerikansk raket med ryska motorer, har länge varit arbetshesten för både civila och militära uppskjutningar. Nu är dess framtid oviss i och med det säkerhetspolitiska läget. Källa: NASA.

²¹ Några faktiska resultat av detta har inte noterats, och Ryssland säger rent ut att man behöver inkomsterna för att kunna vidareutveckla sitt rymdprogram.

genomförbarhetsstudier av olika vägar framåt. Ännu är inte sista ordet sagt om vad man kommer att satsa på, och det är inte heller självklart att satsa på endast en lösning eller flera. Det enda säkra som hittills sagts i frågan är att det är inte rymdindustrin som kommer få avgöra saken – det är ett politiskt beslut med både industri- och säkerhetspolitiska aspekter.

I Sverige pågår just nu en statlig rymdutredning i syfte att klargöra och ge förslag på hur en nationell rymdstrategi bör se ut. Länder i världen som redan har en tydligt uppsatt rymdstrategi nämner ofta detta som ett viktigt verktyg för att kunna inrikta sin verksamhet och underlätta den långsiktiga planering som rymdsatsningar kräver. En nationell rymdstrategi har många komplexa frågor att hantera, från forsknings- och industripolitiska inriktningar till säkerhetspolitiska aspekter. Det är därför viktigt att man i denna utredning lyfter blicken och ser till att Sverige av kortsiktiga ekonomiska skäl inte binder upp sig i onödiga beroenden till annan stat eller samarbeten som av olika säkerhets- och geopolitiska skäl kan visa sig vara mindre lämpliga om ett par år.

Ovanstående text är en syntes av två memon som skrevs under 2014 om kommersialisering av rymden²² och hur krisen i Ukraina har påverkat den globala rymdindustrin²³. I de fall nya uppgifter finns har dessa arbetats in i texten.

²² Hallgren. (2014). *Kommersialiseringen av rymden*, Stockholm, FOI, FOI Memo 4827.

²³ Hallgren. (2014). *Vilken inverkan har händelserna i Ukraina på den globala rymdsektorn*, Stockholm, FOI, FOI Memo 4966.

7 Teknikutvecklingen leder till större tillgänglighet

Av Victor Jungnell

Rymdteknologins utveckling var tidigare ett område som främst handlade om stormakters nationella intressen och kontraktbaserat arbete på stora försvarskoncerner. Idag drivs utvecklingen på till stor del av mindre företag, universitet och ibland även av gräsrotsfinansiering. I samband med det blir också rymden mer tillgänglig för mindre länder, som nu kan bygga sina egna satelliter och i vissa fall även skjuta upp dem själva. Det finns flera politiska och ekonomiska skäl till denna förändring av rymdindustrin, men man kan också identifiera ett antal teknologiska utvecklingar som bidragit till både spridning och tillgänglighet. Bland dessa återfinns miniatyrisering, uppskjutningsmetoder, åtgärder mot rymdskrot och ett ökat användande av rymdtjänster i samhället.

7.1 Miniaturisering och standardisering

Miniaturisering av satelliter är ett område som utvecklas främst av intresset från mindre kommersiella aktörer och universitet. Lägre kostnader, kortare utvecklingstider och en lättillgänglig standard är det som främst lockar; särskilt universitet och forskningsinstitut får möjligheten att relativt billigt utföra experiment i rymdmiljö. Miniaturisering och standardisering är även intressant för statliga myndigheter och försvarsmakter, som ser en möjlighet att bedriva rymdverksamhet med minimal arbetsinsats och överkomlig kostnad.

Den mest väletablerade nya satellitstandarden idag är nog *CubeSat*, en plattform i form av en decimeter stor kub. Storleken gör uppskjutningen relativt billig, vilket är en fördel för mindre aktörer. Ofta skjuts många *CubeSats* upp samtidigt och det förekommer också att de läggs ut i omloppsbana av astronauter på internationella rymdstationen. En annan fördel är den korta utvecklingstiden, ÅAC Microtec i Uppsala, i samarbete med *NASA Ames Research Center* i USA, har redan byggt en *CubeSat* (TechEdsat) på endast fyra månader²⁴.

CubeSat och liknande standarder påskyndar teknikutvecklingen inom flera områden eftersom det blir snabbt och billigt att testa koncept och prototyper, exempelvis sensorer eller framdrivningsmetoder. Miniaturiseringen ställer också krav på mer sofistikerade tekniker för elektronik, kommunikation och

²⁴ Uppsala Innovation Centre,
http://www.mynewsdesk.com/se/uppsala_innovation_centre_ab/pressreleases/svenskt-genombrott-i-rymden-paa-nasa-satellit-med-elektronik-fraan-aaac-microtec-803754,
 (uppslagsdatum 2014-12-02).

energiförsörjning. Dock behöver exempelvis elektroniken inte nödvändigtvis vara anpassad för längre vistelse i rymdmiljö, eftersom uppdragen ofta är korta. Detta betyder att kommersiellt tillgänglig billig elektronik, som alltså finns tillgänglig för universitet och småföretag, kan användas i satelliterna.

Rymdföretag och organisationer har också börjat titta på moderna tillverkningsmetoder för att dra ner på kostnaderna för rymdverksamhet. Ett exempel på detta är 3D-skrivare, som har använts för att billigt tillverka komplexa komponenter till raketmotorer^{25,26} och på internationella rymdstationen för att tillverka verktyg och reservdelar²⁷.

7.2 Uppskjutningsmetoder

I takt med miniatyriseringen letas det också efter nya lösningar för uppskjutning av satelliter, kortare utvecklingstider skapar ett behov av att snabbt och kostnadseffektivt kunna nå omloppsbana. Hittills har *CubeSats* och andra små satelliter till stor del skjutits upp tillsammans med större satelliter (*Piggy-back payloads*), då som nedprioriterade sekundärlaster. Det finns med andra ord en efterfrågan på dedikerade uppskjutningsmetoder för små satelliter, och ett antal företag och organisationer forskar på området; exempelvis DARPA:s XS-1, *Generation Orbits GoLauncher 2* och *Virgin Galactic's LauncherOne* utlovar kostnadseffektiv och snabb tillgång till rymden för små satellittillverkare. Läs gärna mer om detta i FOIs underlag till FMVs Teknisk prognos 2013.²⁸

7.3 Möte i rymden

Hur miniatyrisering med tillhörande teknikområden, och därmed den ökade tillgången till rymden kan bidra till rymdskrotsproblemet är osäkert men risken finns att situationen förvärras av en stor ökning av mängden små satelliter i omloppsbana.

Även om de antagligen mest effektiva metoderna för att motverka rymdskrot är preventiva, det vill säga mer ansvarsfull rymdaktivitet, kan det finnas ett värde i att aktivt plocka ner objekt från omloppsbana med hjälp av rymdfarkoster. Ett flertal forskningsprojekt kring detta existerar bland både universitet och forskningsinstitut runt om i världen, men de flesta har ännu inte lämnat ritbordet.

²⁵ SPACE X, <http://www.spacex.com/news/2014/07/31/spacex-launches-3d-printed-part-space-creates-printed-engine-chamber-crewed>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

²⁶ NASA, <http://www.nasa.gov/press/2014/august/sparks-fly-as-nasa-pushes-the-limits-of-3-d-printing-technology/index.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

²⁷ SPACE.COM, <http://www.space.com/27861-3d-printer-space-station-first-part.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

²⁸ Andersson, Asp, Eklöf, Lindström, Ulander. (2013). Teknisk prognos - Rymd, Stockholm, FOI, FOI Memo 4541.

Kända förslag antyder en farkost för att ta ner farligt rymdskrot, men det kan även finnas ett militärt syfte med en sådan farkost; genom att fotografera en motståndares satelliter i omloppsbanan kan man också skapa sig en bild av motståndarens förmågor. Man skulle även kunna skada eller till och med ta ner en motståndares satellit, och farkosten får då en antisatellitfunktion. En rysk uppskjutning av tre satelliter i maj 2014 lämnade kvar ett objekt i bana som först antogs vara rymdskrot, tills dess att det under hösten upptäcktes att det hade utfört manövrar; detta tyder på att det är en aktiv farkost. Att farkostens funktion hålls hemlig antyder en militär funktion, och den har utfört manövrar för att närma sig ett annat objekt. Detta, och faktumet att Sovjetunionen hade ett program under kalla kriget för att skjuta ner fiendesatelliter, har lett till spekulationer i media²⁹ att det är en testfarkost för antisatellitförmåga, eller i alla fall inspektion av andra aktörers satelliter. Utvecklingen inom området har alltså både civila och militära drivkrafter.

7.4 Rymden och samhället

Rymdtjänster blir alltmer oundgängliga i det moderna samhället och används både civilt och militärt. Utvecklingen av satellitbaserad kommunikation och navigation är alltså en angelägenhet för både svenska statliga myndigheter och Försvarsmakten.

De stora rymdländerna utvecklar oberoende system för satellitnavigering, också kallat GNSS, det amerikanska GPS-systemet har fått sällskap av det ryska GLONASS-systemet och det kinesiska Beidou-systemet. Även EU satsar på ett oberoende system med en mer civil inriktning, Galileo. Typiskt utgörs ett navigeringssystem av ett antal satelliter i omloppsbanan, som samverkar i en så kallad konstellation. Nuvarande fokus i utvecklingen ligger huvudsakligen på att modernisera dessa satelliter och användarmottagare, men också på att utveckla störningsskydd, störsändare är numera kommersiellt tillgängliga och även billiga.

En trend inom militär satellitkommunikation är att använda sig mer och mer av kommersiella kommunikationssystem, som t.ex. Iridium. Att driva en militär kommunikationssatellit är dyrt och kräver ofta stora investeringar. Detta innebär samtidigt att militär och civil trafik går genom samma satelliter, vilket kan leda till brist på datakapacitet. Nya kommersiella satelliter med större datakapacitet kommer skjutas upp av exempelvis företaget Iridium. Kommersiella satelliter har dock sällan lika utvecklat störningsskydd som militära motsvarigheter. Kanske driver den ökande militära användningen på denna utveckling även för den civila marknaden, det återstår att se.

²⁹ Financial Times, <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/cdd0bdb6-6c27-11e4-990f-00144feabdc0.html#axzz3JRwOWwmn>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Teknikutvecklingen inom rymdområdet har lett till en större spridning och tillgänglighet för mindre aktörer, både nationella och kommersiella, som i sin tur driver på utvecklingen. Det är möjligt att detta i alla fall delvis är en konsekvens av ökad kommersialisering och av en större öppenhet i teknikutvecklingen.

För Försvarsmaktens del innebär dagens ökade tillgänglighet till rymden större möjligheter att utveckla en rymdverksamhet. Samtidigt blir hotbilden sannolikt mer komplex när fler aktörer får möjligheten att verka militärt i rymden och fler civila system även används för militära syften. Både möjligheterna och hoten med rymdteknikens spridning bör fortsatt bevakas.

8 Referenser

Hallgren. (2014). *Kommersialiseringen av rymden*, Stockholm, FOI, FOI Memo 4827.

Hallgren. (2014). *Vilken inverkan har händelserna i Ukraina på den globala rymdsektorn*, Stockholm, FOI, FOI Memo 4966.

(2013). *The Global Military Satellites Market 2012-2022 - Country Analysis: Market Profile*, Strategic Defence Intelligence (SDI), Reference Code: DF1012MP.

Andersson, Asp, Eklöf, Lindström, Ulander. (2013). *Teknisk prognos - Rymd*, Stockholm, FOI, FOI Memo 4541.

Bernhardsson, Höstbeck. (2011). *Rymden - arbetsplats eller slagfält?*, Stockholm, FOI, FOI-R--3295--SE.

8.1 Hemsidor

EUs senaste utkast på en internationell uppförandekod för rymden återfinns på http://eeas.europa.eu/non-proliferation-and-disarmament/outer-space-activities/index_en.htm (uppslagsdatum 2014-12-02).

Financial Times, <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/cdd0bdb6-6c27-11e4-990f-00144feabdc0.html#axzz3JRwOWwmn>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Jonathan's Launchlog, <http://planet4589.org/space/log/launch.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

NASA, <http://www.nasa.gov/press/2014/august/sparks-fly-as-nasa-pushes-the-limits-of-3-d-printing-technology/index.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Rymd för Försvar och Säkerhet Omvärldsbevakning nr 2 – 2013, <http://www.foi.se/sv/Var-kunskap/CBR-amnen/Rymdfragor/Rymd-for-forsvar-och-sakerhet/>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Rymdstyrelsen, <http://www.snsb.se/sv/Sverige-i-rymden/Svenska-satelliter/Satelliten-Odin>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

SPACE.COM, <http://www.space.com/27861-3d-printer-space-station-first-part.html>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Space Launch Report, <http://www.spacelaunchreport.com> (uppslagsdatum 2014-12-02)

SPACEX, <http://www.spacex.com/news/2014/07/31/spacex-launches-3d-printed-part-space-creates-printed-engine-chamber-crewed>, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Union of Concerned Scientists,
http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/solutions/space-weapons/ucs-satellite-database.html (uppslagsdatum 2014-12-02).

UNOOSA, <http://www.oosa.unvienna.org/oosa/SpaceLaw/outerspt.html>,
(uppslagsdatum 2014-12-02).

Uppsala Innovation Centre,
http://www.mynewsdesk.com/se/uppsala_innovation_centre_ab/pressreleases/svenskt-genombrott-i-rymden-paa-nasa-satellit-med-elektronik-fraan-aaac-microtec-803754, (uppslagsdatum 2014-12-02).

Teknikutvecklingen på rymdsidan drivs inte längre på av endast militära behov och krav, det blir vanligare med rent kommersiellt drivna idéer och projekt i rymdbranschen. Rymdtekniken är billigare och mer tillgänglig för fler aktörer än de traditionellt stora rymdaktörerna, det är betydligt fler aktörer som har egna operativa satelliter idag jämfört med hur det såg ut för bara 10 år sedan. Teknikutvecklingen är centrerad kring begrepp som miniatyrisering, standardisering, satellitkluster och launch-on-demand. Spridning av rymdteknologi sker via bilaterala avtal eller med hjälp av kommersiella aktörer. De tre stora rymdaktörerna USA, Ryssland och Kina håller på att förändra sin rymdpolitik. Det blir även fler aktörer i rymden och fler länder med egna bäraraketprogram. Det finns många nya möjligheter för Sverige men samtidigt medför detta att hotbilden blir allt mer komplex.