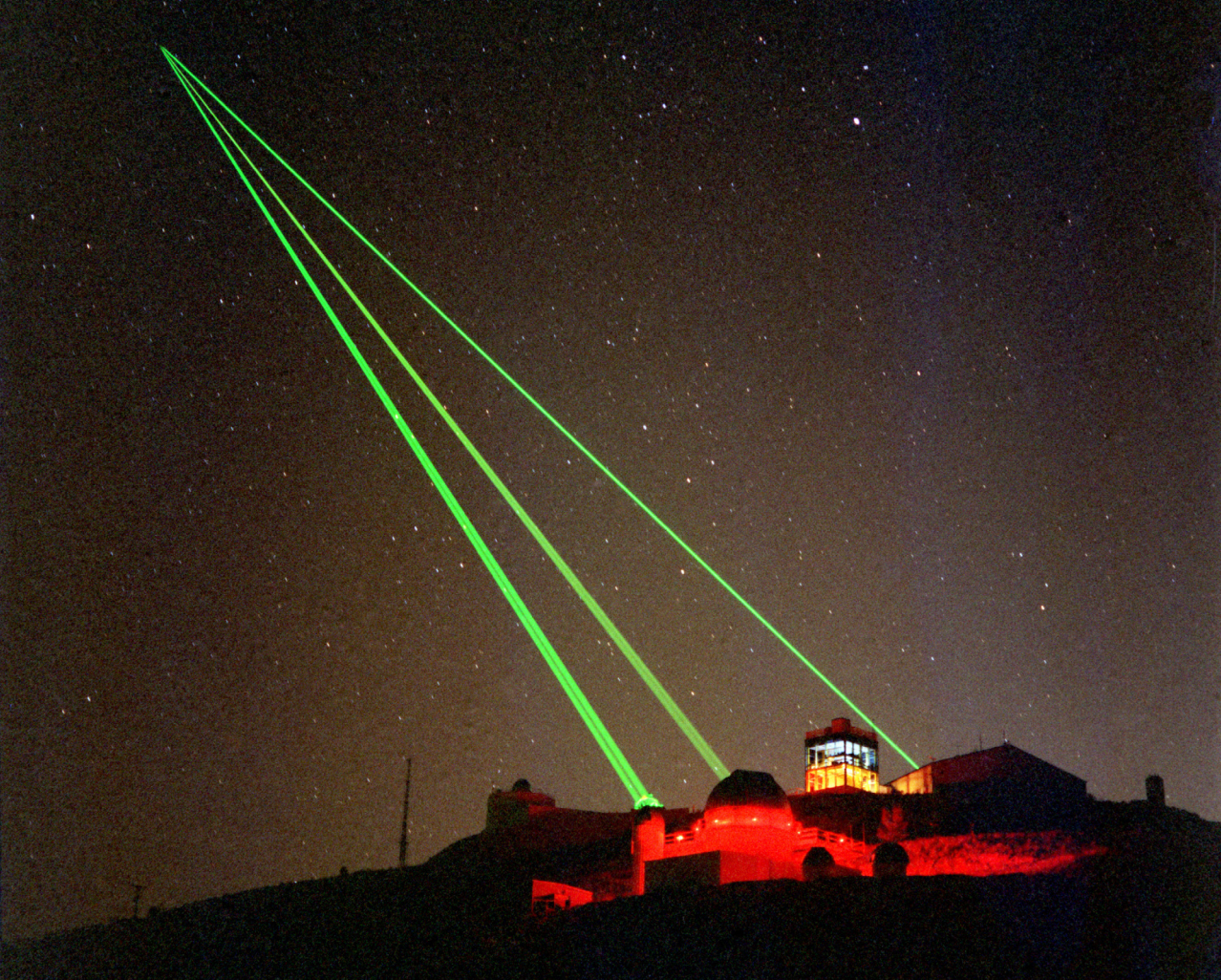




Omvärldsanalys Rymd 2020

Fokus på försvar och säkerhet

Sandra Lindström (red.), Kristofer Hallgren,
Seméli Papadogiannakis, Ola Rasmusson,
John Rydqvist och Jonatan Westman

Sandra Lindström (red.), Kristofer Hallgren,
Seméli Papadogiannakis, Ola Rasmusson,
John Rydqvist och Jonatan Westman

Omvärldsanalys Rymd 2020

Fokus på försvar och säkerhet

Titel	Omvärldsanalys Rymd 2020 – Fokus på försvar och säkerhet
Title	Global Space Trends 2020 for Defence and Security
Rapportnr/Report no	FOI-R--5077--SE
Månad/Month	Januari
Utgivningsår/Year	2021
Antal sidor/Pages	127
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	Flygsystem och rymdfrågor
FoT-område	Sensorer och signaturanpassningsteknik
Projektnr/Project no	E60966
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem

Bild/Cover: Tre gröna lasrar från Starfire Optical Range på Kirtland Air Force Base i New Mexico, USA. Anläggningen används bland annat för inmätning av objekt i låga satellitbanor. Den allmänna uppfattningen (men ej officiell) är att lasern även kan användas som ASAT-vapen. Källa: Directed Energy Directorate, US Air Force.

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Rapporten syftar till att ge en översikt av rymdområdets utveckling, framförallt under de senaste tre åren, och vilka trender som kan utläsas genom att studera hur omvärlden agerar inom området. Detta sätts i ett svenskt sammanhang för att lyfta fram utmaningarna och möjligheterna ur ett försvars- och säkerhetsperspektiv.

Rymdområdet växer globalt i omfattning för var år som går. Statliga och privata investeringar ökar, tjänstesektorn blir större, fler företag startar upp verksamhet inom rymdområdet och antalet rymdnationer ökar. Gränserna för vad som är tekniskt möjligt förflyttas längre ut i rymden. Rymdbaserad teknologi bidrar till ekonomisk, social och kulturell utveckling. Allt fler länder blir beroende av rymden, såväl för samhällsutveckling som för modern försvarsförmåga och nationell säkerhet. Trenden är även att rymdområdet växer i betydelse internationellt, såväl ekonomiskt som tjänstemässigt samt som försvars- och säkerhetspolitisk domän. Flera länder har skapat eller planerar att upprätta militära rymd-kommandon eller rymdtrupper, en tydlig signal om rymdens roll som operativ domän och som en ny arena för krigföring.

Rapporten belyser vikten av att Sverige hanterar rymdverksamhet ur ett helhetsperspektiv, där nationella och internationella, samt civila och militära aspekter tas i beaktande. En helhetssyn på rymdområdet är avgörande för att framgångsrikt konkretisera den nationella rymdstrategin.

Nyckelord: rymden, satellit, försvar, säkerhet, omvärldsanalys, försvarspolitik, säkerhetspolitik, trender, rymdteknik, möjligheter, utmaningar

Summary

This report provides an overview of the ongoing development within the space domain and covers global trends, technology, and policy developments. Placing this in a Swedish context allows us to highlight the challenges and opportunities from a national defence and security perspective.

The global interest in the space domain is growing every year. Governmental and private investments are increasing, the downstream sector is growing, the number of start-ups within the space domain increases, and there are more nations involved in the developments of space. The boundaries of what is technically possible are continuously pushed further out into space. Space technology contributes to economic, social, and cultural development. More countries are becoming dependent on space, both for societal development, for modern defence capability, and for the sake of national security. The space domain development has broad impacts, on the economy as well as on security and defence policy. An increasing number of countries are planning to establish space commands or space forces within their armed forces.

This report highlights the importance of these aspects when developing Swedish space policy. National perspectives and global developments, both civilian and military aspects, are crucial for a successful implementation of the Swedish national space strategy.

Keywords: space, satellite, defence, security, trends, defence policy, security policy, space technology, development, opportunities, challenges

Innehåll

Förkortningar.....	7
1 Inledning	9
2 Global utveckling inom rymdområdet med fokus på försvar och säkerhet	13
3 Rymd för försvar och säkerhet i Sverige	21
4 En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar.....	32
5 Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna	52
6 Rymdlägesbild - internationell utveckling och trender	82
7 Teknikutveckling inom spaning och övervakning från rymden	87
8 Diskussion och slutsatser	98
Litteraturförteckning	104
Bilaga A - Arbetsmetodik omvärldsbevakning och -analys	120
Bilaga B - Databaskällor	126

Förkortningar

AI Artificiell intelligens

ASAT Antisatellit

CSpOC Combined Space Operations Center

DG DEFIS Directorate-General for Defence Industry and Space

DGO Doktrin för gemensamma operationer

DL Djupinlärning

EDA European Defence Agency

ESA European Space Agency

FMSI Försvarsmaktens strategiska inriktning

FN Förenta Nationerna

FoT Forskning och teknikutveckling

FoU Forskning och utveckling

GEO *Geostationary orbit*

GIS Geografiskt informationssystem

GLONASS *Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*

GNSS *Global navigation satellite system*

GPS *Global Positioning System*

HEO *Highly elliptical orbit*

HPM *High power microwave*

HSIM *Hyper spectral imaging methods*

ISS *International Space Station*

LEO *Low earth orbit*

MEO *Medium earth orbit*

ML Maskininlärning

MSD Militärstrategisk doktrin

OOS *On-orbit servicing*

OSL Offentlighets- och sekretesslagen

PNT Position, navigation och tidssynkronisering

RPO *Rendezvous and proximity operations*

SAR Syntetisk aperturradar

SDA *Space domain awareness*

SPD *Space policy directives*

SpOC Space Operations Command

SSA *Space situational awareness*

SSC Swedish Space Corporation (svenska Rymdaktiebolaget)

SSN *Space Surveillance Network*

STM *Space traffic management*

SÖR Spaning och övervakning från rymden

1 Inledning

1.1 Bakgrund

FOI bedriver omvärldsbevakning och -analys inom rymdområdet med fokus på försvars- och säkerhetsfrågor. Verksamheten har pågått sedan 2003 och utförs på uppdrag av Försvarsmakten i den långsiktiga FoT-verksamheten (forskning och teknikutveckling).¹ Verksamheten bedrivs i treåriga uppdrag och i slutet av varje treårsperiod publiceras en sammanfattande omvärldsanalys för rymdområdet. Det här är den tredje rapporten i serien, den första publicerades 2014² och den andra 2017³.

Arbetet som bedrivs är en förutsättning för att förstå och förutse hur rymdområdet påverkar och kommer att påverka militär förmågeutveckling och nationell säkerhet på både kort och lång sikt. Syftet med rapporten är därför att ge en översikt av rymdområdets utveckling, framförallt de senaste tre åren, och vilka trender som kan utläsas genom att studera hur omvärlden agerar inom området. Detta sätts sedan i ett svenskt sammanhang för att lyfta fram utmaningarna och möjligheterna ur ett nationellt försvars- och säkerhetsperspektiv.

Arbetet innebär även att FOI kan stödja Regeringskansliet, Försvarsmakten och Rymdstyrelsen med underlag och synpunkter avseende de försvars-, säkerhets- och utrikespolitiska aspekterna på inriktningen av svensk rymdverksamhet och rymdpolitik. Detta avspeglas också i den här rapporten.

1.2 Förutsättningar och avgränsning

Insamling av information sker uteslutande från öppna källor, med andra ord offentligt tillgänglig information. Det kan handla om bevakning via konferensdeltagande och intervjuer med relevanta aktörer, samt genom att studera media och andra typer av publikationer. Genom att använda öppna källor kan informationen och analyser spridas till berörda aktörer i Sverige och på så sätt höja den allmänna medvetenheten och kunskapsnivån om frågorna. All statistik som presenteras i rapporten skall användas med försiktighet vad gäller absoluta värden, avsikten är att illustrera vilka trender det går att identifiera.

¹ Försvarsmaktens samlingsbeställning för forskning och teknikutveckling inom Sensorer och signaturanpassning (FoT SoS, AT.9220420).

² Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2014 Trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling*. Stockholm: FOI, 2014. FOI-R--3985--SE.

³ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

Den avgränsning som görs i arbetet och i analysen i den här rapporten är att endast de rymdfrågor som är relevanta för försvar och säkerhet hanteras. Eftersom rymdområdet är ett område där civila och militära intressen överlappar går det inte att dra en tydlig skiljelinje mellan vad som är relevant och inte relevant ur ett försvars- och säkerhetsperspektiv. Generellt avhandlas inte civil utforskning av solsystemet, däremot är bemannad rymdfart till månen och planeten Mars högst relevant ur ett säkerhetspolitiskt perspektiv.

Rapporten berör både försvars- och säkerhetsaspekter eftersom båda perspektiven är viktiga för uppbyggnaden av ett totalförsvar exempelvis både sådant som hanteras av regeringen och Regeringskansliet såväl som av flera olika försvarsmyndigheter. Utgångspunkten är att belysa möjligheter och risker samt även hot och utmaningar för militär förmågeutveckling och nationell säkerhet. I sammanhanget bör det noteras att FOI:s uppdrag är begränsat i omfattning vilket innebär att den här rapporten är en återspeglning av prioriteringar som har gjorts under projektets gång. Samtidigt finns det även inslag från verksamhet som har bedrivits utanför detta FoT-projekt.

1.3 Metodik

Rapporten ger i första hand en sammanfattning av utvecklingen under de senaste tre åren och baseras därför på arbete som har genomförts mellan 2018-2020. Metodiken är därför en blandning av en sammanställning av tidigare analyser och resultat samt av analyser som är baserade på ny information. Kapitlet *Global utveckling inom rymdområdet med fokus på försvar och säkerhet* och kapitlet *Rymd för försvar och säkerhet i Sverige* är båda sammanfattningar av genomfört arbete under åren 2018-2020, både arbete utfört i detta FoT-projekt och även i andra projekt, utredningar och övriga typer av arbeten. Inhämtning av information har skett via olika medier, konferensdeltagande, samverkan och diskussioner med andra myndigheter, intervjuer samt medverkan av medarbetare på FOI med olika sakkompetenser. Kapitlet *Diskussion och slutsatser* ger en analys och sammanfattning av omvärldsanalysen med fokus på möjligheter och utmaningar för Försvarsmakten och även utifrån ett totalförsvarsperspektiv. Kapitlet *En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar* tar avstamp från motsvarande kapitel i omvärldsanalysrapporten från 2017⁴ och kompletterar med data från de tre sista åren. Kapitlet utgör den kvantitativa analysen i rapporten och beskriver historisk utveckling med fokus på nuläge (2020). Informationen är baserad på en databas som FOI hanterar och kontinuerligt uppdaterar utifrån ett antal externa källor, se *Bilaga B - Databaskällor*. Kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna* är baserade på publikationer som FOI har gett ut mellan 2018-2020 med en del kompletterande information. De två sista kapitlen *Rymd-*

⁴ Ibid.

lägesbild - internationell utveckling och trender och *Teknikutveckling inom spaning och övervakning från rymden* är baserade på trendkort som har tagits fram mellan 2019-2020. Trendkorten har tagits fram i diskussion med sakkunniga på FOI och beskrivs mer detaljerat i *Bilaga A - Arbetsmetodik omvärldsbevakning och -analys*. Strukturen på trendkorten har inspirerats av Skölds⁵ upplägg och modifierats för att passa in i vårt arbete.

1.4 Läsanvisning

Rapporten inleds med en sammanfattning av den globala utvecklingen inom rymdområdet av relevans för försvar och säkerhet, se kapitlet *Global utveckling inom rymdområdet med fokus på försvar och säkerhet*. Sedan beskrivs motsvarande utveckling i Sverige i kapitlet *Rymd för försvar och säkerhet i Sverige*. Efter det följer ett kapitel med kvantitativ analys av satelliter och satellituppskjutningar samt förhållandet mellan olika rymdaktörer, se kapitlet *En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar*. Detta ligger även till grund för de trender som beskrivs i den inledande delen om global utveckling.

Sedan följer tre kapitel som är fristående fördjupningar. Dessa kapitel kan läsas helt fristående från övriga delar och består av uppdaterade sammanfattningar av andra publikationer som har publicerats av FOI mellan 2018-2020. Först följer en beskrivning av de dominerande rymdaktörerna, se kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna* och sedan följer två kapitel som beskriver teknikutveckling och trender inom två utvalda områden. Dessa avsnitt har även flera författare som presenteras nedan:

- *Rymdlägesbild - internationell utveckling och trender*.
Författare: Jonatan Westman (red.) och Matti Nylund.
- *Teknikutveckling inom spaning och övervakning från rymden*.
Författare: Seméli Papadogiannakis (red.), David Gustafsson, Lars Sjöqvist och Thomas Svensson.

Efter fördjupningarna avslutas rapporten med diskussion och slutsatser avseende utmaningar och möjligheter för svensk militär förmågeutveckling och nationell säkerhet, se kapitlet *Diskussion och slutsatser*.

I slutet återfinns en samlad förteckning över all referenslitteratur, se *Litteraturförteckning*, samt två bilagor. Första bilagan beskriver arbetsmetodiken för omvärldsbevakningen och -analysen i detta FoT-projekt. Metodiken är även grunden till rapportens utformning och till de slutsatser som presenteras i den här rapporten, se *Bilaga A - Arbetsmetodik*. Andra bilagan beskriver de källor som

⁵ Sköld, Henrik. *Framtidssäkra din organisation 10 steg för en effektiv omvärldsanalys*. 2:a upplagan. Recito, 2017. ISBN 978-91-7765-047-8.

hanteras i FOI:s databas och som används i den kvantitativa analysen, se *Bilaga B*
- *Databaskällor*.

2 Global utveckling inom rymdområdet med fokus på försvar och säkerhet

Detta kapitel avser att belysa försvars- och säkerhetsaspekter på den globala utvecklingen inom rymdområdet. Sammanfattningsvis betraktas utvecklingen utifrån domänen som helhet, baserat på hur olika aktörer agerar och hur teknikutvecklingen bidrar till förhöjd förmågeutveckling. I detta kapitel belyses särskilt rymden som operativ domän, rymdkapprustningen som sker där ASAT-förmågor (antisatellit) utvecklas och de tekniksprång som sker nu och framöver.

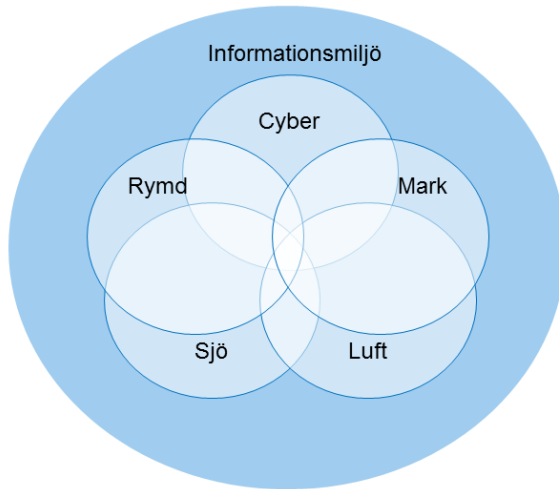
2.1 Rymdkapprustning och rymden som operativ domän

Rymdområdet genomgår sedan ett par år tillbaka en förändring på flera områden. Den övergripande geopolitiska fragmenteringen och ökade maktkampen mellan företrädare för konkurrerande ideologiska och politiska system avspeglar sig också i rymden. Det pågår en ny kapplöpning för att dominera rymden, att bli först att sätta människor på månen och Mars, och därmed demonstrera sin nationella styrka. En stor mängd nya aktörer har fått tillgång till teknik för utveckling av egna satelliter och ännu fler aktörer använder, förädlar och säljer vidare data som härrör från rymdbaserade tjänster. Militärt sett har synen på rymden skiftat från en understödjande roll till att den har ett strategiskt värde i sig själv. En följd av denna ändrade syn är en målmedveten upprustning av vapensystem med syfte att påverka eller skydda satelliter. Det innebär att både den upplevda och faktiska hotnivån har ökat. Hotet består av både kinetiska ASAT-vapen och icke-kinetiska vapen. Störning och förnekande av tillgång till satellitkommunikation och satellitbaserade PNT-tjänster (position, navigation och tidssynkronisering) samt cyberkrigföring mot rymdbaserade tjänster sker redan på regelbunden basis. Tester av ASAT-vapen har nyligen genomförts av både Ryssland⁶ och Indien⁷, se även kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna*. Även USA och Kina har testat ASAT-vapen på senare år.

⁶ Kingston Reif, Shannon Bugos. Arms Control Association. *Russia Tests ASAT Weapon, U.S. Says*. September 2020. <https://www.armscontrol.org/act/2020-09/news/russia-tests-asat-weapon-us-says> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁷ Kelsey Davenport. Arms Control Association. *Indian ASAT Test Raises Space Risks*. Maj 2019. <https://www.armscontrol.org/act/2019-05/news/indian-asat-test-raises-space-risks> (uppslagsdatum 2020-11-17).

I Försvarsmaktens senaste doktrin för gemensamma operationer från 2020⁸ beskrivs rymden numera som en fysisk domän jämte mark, sjö, luft och cyber, se Figur 1.



Figur 1 Illustration av operationsmiljön, inspirerad av en illustration av Anna-Karin Wetzig, Försvarsmakten.⁹

Försvarsmakten är inte ensam om denna statusuppgrädering av rymden, det är en genomgående global militär begreppsförändring som pågår. USA har gått längst genom att skapa en rymdstyrka (*Space Force*) som en separat vapengren¹⁰, för en fördjupning om USA se kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna*. Även bland annat Frankrike¹¹, Storbritannien¹² och Japan¹³ har förtydligat rymdens militära betydelse genom organisatoriska förändringar. I november 2019 valde

⁸ *Doktrin för gemensamma operationer 2020*. Stockholm: Försvarsmakten, 2020. M7739-354030. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/doktrin-for-gemensamma-operationer.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹ Ibid.

¹⁰ *Space Force* sorterar fortfarande under Flygvapnet, i likhet med hur marinkåren sorterar under Marinen.

¹¹ *Space Defence Strategy. Report of the "Space" working group*. Paris: The French ministry for the armed forces, 2019. <https://www.defense.gouv.fr/actualites/articles/florence-parly-devoile-la-strategie-spatiale-francaise-de-defense> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹² Andrew Chuter. DefenseNews. *Former fighter pilot picked to lead British military's space command*. 2020-01-15. <https://www.defensenews.com/global/europe/2020/01/15/former-fighter-pilot-picked-to-lead-british-militarys-space-command/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹³ Juan Pons. Atalayar. *Japan creates a minimalist Space Force to protect its satellites from attacks by China and Russia*. 2020-10-15. <https://atalayar.com/en/content/japans-minimalist-space-force-protect-against-china-russia-and-north-korea> (uppslagsdatum 2020-11-17).

också NATO att ändra sin syn till att inkludera rymden som en operativ domän.¹⁴ Det är inte av semantiska eller administrativa skäl som denna förändring genomförs utan det är en följd av den snabba förändring som sker inom rymdområdet och det faktum att rymden är en annorlunda fysisk miljö.

I USA har vikten av en korrekt och uppdaterad rymdlägesbild lyfts fram som en nödvändig förmåga under flera år. Numera anses den traditionella rymdlägesbilden, SSA (*space situational awareness*), inte vara tillräcklig utan det krävs även en domänförståelse, SDA (*space domain awareness*).¹⁵ Den stora skillnaden är att huvudsyftet med rymdlägesbilden och dess underliggande system är att övervaka rymden för att exempelvis undvika kollisioner medan domänförståelsen är en förutsättning för att kunna förstå, förutspå och förekomma hot samt förneka en motståndare tillträde till sina rymdsystem. Utöver kunskaper och inmättningsförmåga som krävs för en rymdlägesbild krävs också plattformskännedom, ett taktiskt kunnande och en förståelse för rymdmaktsteori.

2.2 Fler aktörer, fler satelliter och ökad tillgänglighet till rymden och rymdtjänster

Nya innovationer har tillsammans med en snabb teknikspridning inneburit en stor ökning av antalet aktörer i rymden, och därmed en kraftig ökning av antalet satelliter i bana runt jorden. För de närmaste 5-10 åren finns planer på flera stora konstellationer med hundra till tiotusentals satelliter i varje och antalet satelliter kommer troligtvis mångdubblas gentemot dagens antal, se även kapitlet *En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar*.

Antalet aktörer inom uppskjutningsbranschen ökar också, framförallt inom segmentet för mindre bäraraketer för uppskjutning av små satelliter. En viktig ny teknik är återanvändbarhet av bäraraketer och raketsteg. Flera aktörer försöker uppnå detta. Den ökade konkurrensen och möjligheten att återanvända delar av bäraketerna har pressat ned priset per kilo för uppskjutning med en faktor tio på bara de senaste tio åren.¹⁶

¹⁴ Martin Banks. DefenseNews. *NATO names space as an 'operational domain,' but without plans to weaponize it*. 2019-11-20. <https://www.defensenews.com/smr/nato-2020-defined/2019/11/20/nato-names-space-as-an-operational-domain-but-without-plans-to-weaponize-it/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵ Sandra Erwin. SpaceNews. *Air Force: SSA is no more; it's 'Space Domain Awareness'*. 2019-11-14. <https://spacenews.com/air-force-ssa-is-no-more-its-space-domain-awareness/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁶ Kostnaden har gått ner från ungefär 100 000 SEK per kilo till 10 000 SEK per kilo för utplacering i låg bana. FutureTimeline.net. *Launch costs to low Earth orbit, 1980-2100*. 2018-09-01. <https://www.futuretimeline.net/data-trends/6.htm> (uppslagsdatum 2020-11-17).

2.3 Teknikutveckling inom rymdområdet

Detta avsnitt sammanfattar övergripande teknikutvecklingen inom rymdområdet, för en fördjupning hänvisas läsaren till kapitel 11 om Rymden i FOI-rapporten *Militärteknik 2045 - Ett underlag till Försvarets maktens perspektivstudie*.¹⁷ Teknikutvecklingen inom rymdområdet går snabbt och visar inga tecken på att mattas av. Det sker stora framsteg på flera områden och ytterligare innovationer kan förväntas förändra området inom de närmaste åren. Hela området påverkas av utvecklingen, från tillverkning och uppskjutning av satelliter till nyttolaster och dataanvändning. På kort sikt förutses stora förändringar inom marksegmentet avseende antenner och framförallt inom tjänstesektorn där olika tjänster i allt större utsträckning automatiseras med maskininlärning och AI (artificiell intelligens).

Utvecklingen drivs i huvudsak av kommersiella aktörer men det ökande militära intresset för rymden och utveckling av offensiva förmågor mot rymdplattformar i form av ASAT-vapen tvingar också fram en utveckling av mer motståndskraftiga satelliter och satellitkonstellationer. Den ökande mängden satelliter har tillsammans med en mer komplex säkerhetssituation också inneburit att fler aktörer har behov av en rymdlägesbild och det finns idag ett flertal kommersiella aktörer som erbjuder denna typ av tjänster. Rymdlägesbild är också en förutsättning för ett hållbart nyttjande av rymden, ett område där framförallt FN driver på den internationella diskussionen kring framtida riktlinjer och avtal. Förbättringar efterfrågas både för inmätning förmåga och hur informationen kan komma till nytta för alla rymdaktörer.

För de som inte äger egna rymdsystem är frågan om tillgänglighet på systemen viktig. Det är osäkert hur tillgänglighet kommer att garanteras för ett system och hur de kontraktsbundna åtagandena kommer att uppfyllas vid en konflikt. De flesta väpnade styrkor nyttjar idag flertalet olika kommersiella rymdbaserade system och detta kommer sannolikt öka under perioden. I lokala konflikter mot tekniskt lågt kvalificerade motståndare har dessa system fungerat relativt väl. Däremot är det oklart hur sårbara systemen egentligen är i en global konflikt eller mot en kvalificerad motståndare.

2.3.1 Militära tillämpningar

De militära användningsområdena för rymdbaserade system är många. I vissa avseenden nyttjas de för att stödja och förstärka redan existerande militära förmågor i övriga domäner och i andra avseenden nyttjas de för att skapa nya förmågor och möjliggöra operationer som annars inte skulle vara möjliga. För att ytterligare dra nytta av de rymdbaserade systemen och dess förmågor har flera

¹⁷ Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.). *Militärteknik 2045 Ett underlag till Försvarets maktens perspektivstudie*. Stockholm: FOI, 2020. FOI-R--4985--SE.

länder påbörjat en process att operationalisera rymden med ett militärt fokus, det vill säga skapa dedikerade doktriner och processer för en dedikerad vapengren.

Som tidigare påpekats skiljer USA numera på den traditionella rymdlägesbilden, SSA, och en mer allomfattande militär förståelse för rymddomänen, SDA.¹⁸ En förutsättning för den ökade förståelsen för rymddomänen och all typ av verksamhet i, kring och mot denna är en väl utvecklad rymdlägesbild. Utvecklingen inom verksamhet kopplat till rymdlägesbild fördjupas i kapitlet *Rymdlägesbild - internationell utveckling och trender*.

Övervakningssatelliter var en av de första militära tillämpningarna av rymdsystem och tekniken utvecklas fortfarande. Det sker idag stora framsteg både på sensor- och tjänstesidan. En sensorteknik som utvecklats snabbt är SAR, syntetisk apertur-radar, där det idag finns kommersiella konstellationer som erbjuder högupplösta bilder.¹⁹ För optiska system börjar upplösningen på de kommersiella systemen närma sig en gräns för vad som är fysiskt möjligt och utvecklingen är idag fokuserad på multi- och hyperspektrala sensorer. Högupplösta IR-kameror är en efterfrågad förmåga som ännu inte kommersialiserats. Framöver är det framförallt nya tekniker för sensorfusion och nyttjande av AI som väntas få stor effekt för hur rymdbaserad spaning bedrivs. Tjänstesidan fokuserar på att erbjuda en analys av satellitbilderna, dvs. tyngdpunkten ligger inte längre i att leverera rådata. Flera aktörer erbjuder enkla nätbaserade gränssnitt där det går att antingen prenumerera på analyser eller köpa enstaka satellitbilder och analyser. I flera fall levereras bilderna av satelliter som ingår i en konstellation vilket innebär att tid till leverans är relativt kort. Beroende på vad som efterfrågas handlar det om dagliga leveranser till som längst ett par dagar. En fördjupning kring teknikutvecklingen kopplat till övervakning från rymden finns i kapitlet *Teknikutveckling inom spaning och övervakning från rymden*.

En viktig teknik som används militärt är satellitbaserad PNT där det mest kända systemet är amerikanska GPS. De senaste åren har andra liknande system utvecklats och färdigställts av Ryssland (GLONASS), Kina (BeiDou) och Europa (Galileo). Alla dessa system har idag en global täckning och är operativa. Det finns också regionala system hos Japan (QZSS) och Indien (IRNSS), med liknande funktion för specifika geografiska områden. För väpnade styrkor i väst är GPS och militär GPS det huvudsakliga systemet för PNT idag och kommer vara så även de närmaste åren. Även om den krypterade tjänsten inom det europeiska Galileo beräknas bli operativ inom ett par år är det i huvudsak ett civilt system. PNT-systemens störkänslighet har varit ett orosmoment under flera år och det sker regelbundet medveten störning av GPS-systemet både civilt och militärt. Enligt

¹⁸ Sandra Erwin. SpaceNews. *Air Force: SSA is no more; it's 'Space Domain Awareness'*. 2019-11-14. <https://spacenews.com/air-force-ssa-is-no-more-its-space-domain-awareness/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹ Finska Iceye kan erbjuda upp till 25 cm upplösning.

GSA (European GNSS Agency)²⁰ kommer Galileo redan 2021 ha funktioner som gör systemet mer robust mot vissa typer av störning.²¹ Även om mycket utveckling görs för att satellitnavigeringssystem ska vara robusta och störtlåga är det troligt att andra typer av alternativa navigeringsfunktioner utvecklas för att begränsa det kritiska beroende som idag finns till satellitnavigeringssystem.

Ett flertal aktörer har de senaste åren offentliggjort satsningar på enorma konstellationer i låg jordbana i syfte att skapa global bredbandstäckning. Konstellationerna kommer att inom kort konkurrera med markbaserad infrastruktur. Dessa tjänster är i huvudsak utvecklade för civilt bruk och skulle sannolikt även vara ett välkommet tillskott för vissa militära funktioner. För militärt bruk studeras även möjligheten att bygga tätt integrerade system bestående av kortvågs- och satellit-system. Genom en kombinerad nätstruktur bedöms ett sådant system skapa en redundans som tidigare inte medgivits med separata system.

Satellitssystem för tidig förvarning har traditionellt varit inriktade på att upptäcka ett strategiskt kärnvapenhot i form av interkontinentala ballistiska missiler. I samband med att nuvarande amerikanska satelliter har genomgått ett generations-skifte uppges de numera även ha kapacitet att upptäcka, klassificera och förvarna om andra typer av missiluppskjutningar.²²

2.3.2 Teknik för taktisk användning av rymden

Militärt sett har rymdbaserade förmågor börjat användas mer taktiskt och det finns en efterfrågan att snabbt kunna upprätta, fokusera eller vidmakthålla en förmåga som täcker in ett specifikt geografiskt område. Det är vad som kallas en responsiv rymdförmåga vilken bygger på korta ledtider och snabb uppskjutning. Det kan i vissa avseenden vara viktigare att få tillgång till den efterfrågade förmågan snabbt men med avkall på kvalitén, exempelvis lägre upplösning på satellitbilder.

Denna efterfrågan stöds av den utveckling som skett på senare år med exempelvis standardisering av komponenter och gränssnitt, additiv tillverkning (även kallat 3D-printing) samt serietillverkning. Satelliter kan idag utvecklas och skjutas upp med betydligt kortare ledtider än förut. Det finns även flera olika aktörer som erbjuder uppskjutning idag. Nya mobila och mer flexibla koncept är i utvecklings-skedet vilket ytterligare ökar möjligheterna till uppskjutning med kort varsel.

²⁰ GNSS står för *global navigation satellite system*.

²¹ Gutierrez, P. Inside GNSS. *Galileo to Transmit Open Service Authentication*. <https://insidengss.com/brussels-view-galileo-to-transmit-open-service-authentication/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²² Strout, Nathan. C4ISRNET. *US Space Force confirms Space Based Infrared System detected missile attack in January*. 2020-09-15. <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/09/15/space-forms-confirms-space-based-infrared-system-detected-missile-attack-in-january/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

I takt med utvecklingen av rymden som en egen operativ domän läggs ett stort fokus på att integrera rymdförmågorna i andra processer, exempelvis genom att sömlöst nyttja satellitbaserad kommunikation eller att koppla in rymdbaserade spaningsförmågor direkt i verkanskedjan.²³

2.3.3 Manövrerande satelliter

Dockning och formationsflygning med satelliter, RPO (*rendezvous and proximity operations*), är ett samlingsnamn för aktiviteter som rör precisionsmanövrar mellan två eller flera närbelägna satelliter. Standardförfarandet bygger på koordinerade manövrar, men även icke-kooperativa manövrar utvecklas. Utvecklingen av RPO påskyndas av den kommersiella sektorn där fokus ligger på OOS (*on-orbit servicing*). OOS innebär olika åtgärder för att förlänga livstiden för satelliter som redan ligger i bana runt jorden. Dessa åtgärder kan exempelvis vara att tillföra mer bränsle, uppdatera hårdvara, byta ut nyttolaster med mera. En utveckling av konceptet är det bredare OSAM-begreppet (*on-orbit service, assembly and manufacturing*) som i närtid även omfattar att montera ihop separata satellitelement i omloppsbana. Detta gör det möjligt att snabbt skapa satelliter med mer komplexa och stora strukturer än vad som idag är möjligt att skjuta upp i ett stycke.²⁴

RPO kan också användas militärt för satellitinspektioner och signalspaning. Genom att manövrera nära en annan satellit kan den inspekteras och dess förmåga bedömas. Om den manövrerande satelliten läggs i närliggande bana kan även riktad kommunikation avlyssnas. USA, Ryssland och Kina har idag satelliter som genomför manövrar som tyder på att denna typ av operationer genomförs. I princip kan även en manövrerande satellit användas som ett rymdvapen.

2.4 Sammanfattning

Hela rymdområdet växer i omfattning för varje år som går. Statliga och privata investeringar ökar, tjänstesektorn blir större, fler företag startar upp verksamhet inom rymdområdet, antalet rymdnationer ökar och gränserna för vad som är tekniskt möjligt förflyttas längre ut i rymden och i solsystemet. Efterhand som rymddomänen växer, ju större blir beroendet av rymden både civilt och militärt. Rymdverksamhet blir därför ett allt viktigare instrument för samhällsutveckling, ekonomi samt för försvars- och säkerhetspolitik.

²³ Nathan Strout. C4ISRNET. *Satellites played a starring role at Project Convergence*. 2020-10-12. <https://www.c4isrnet.com/digital-show-dailies/ausa/2020/10/12/us-army-uses-satellites-to-affect-the-state-of-the-battlefield/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁴ Notera att internationella rymdstationen (ISS) byggdes samman på detta sätt. Men den processen har varit helt manuell och tidsödande. Genom att monteringen kan ske autonomt med robotar förväntas processen kunna gå mycket snabbt.

Utvecklingen har bidragit till att det idag pågår en rymdkapprustning där flera länder utvecklar, testar och använder ASAT-vapen. Det handlar om allt ifrån att kunna störa satelliter till att kinetiskt kunna förstöra dem. Flera länder betraktar numer rymden som en operativ domän och anpassar både organisation och doktrin-utveckling därefter. Flera länder har eller planerar att skapa militära rymdstyrkor i någon form, en tydlig signal om att rymddomänen blir allt viktigare i modern krigföring. Dessa åtgärder syftar till att både kunna skydda egen rymdinfrastruktur och för att kunna möta konflikter, kriser och krig som uppstår i, involverar eller är riktade mot rymden. För att kunna uppnå detta läggs stor vikt vid domänförståelse vilket involverar det traditionella begreppet rymdlägesbild, samt kunskap om taktisk och strategisk rymdkrigföring.

Teknikutvecklingen går snabbt, inom 10-20 år kommer vem som helst kunna koppla upp sig på nätet med hjälp av satelliter oavsett plats på jorden. Det kommer vara möjligt att från en satellit kunna ta en bild över vilken plats på jorden som helst och få tillgång till den i realtid. Med hjälp av AI och maskininlärning kommer stora mängder data kunna processas från ett antal olika källor för att snabbt få ett beslutsunderlag. Tjänsterna kommer säljas kommersiellt vilket innebär att de kommer vara tillgängliga för alla.

3 Rymd för försvar och säkerhet i Sverige

Även om syftet med arbetet är att bevaka och analysera omvärlden behövs också en inblick i vad som sker i Sverige relaterat till försvar och säkerhet, framförallt för att kunna sätta den globala utvecklingen i ett svenskt sammanhang. Detta kapitel beskriver utvecklingen i Sverige under de senaste tre åren. Ett urval av viktiga utredningar, regeringsuppdrag och andra relevanta underlag presenteras.

I den senaste omvärldsanalysrapporten från 2017²⁵ noterades en något ökad medvetenhet om de utrikes-, försvars- och säkerhetspolitiska aspekterna inom rymdområdet i Sverige. Frågorna hade påtalats i flera olika politiska processer men hade inte konkretiserats. Under hösten 2017 och våren 2018 bedrevs ett arbete som resulterade i att en svensk rymdstrategi togs fram. Arbetet genomfördes på Regeringskansliet, under ledning av Utbildningsdepartementet och dåvarande ministern för högre utbildning och forskning Helene Hellmark Knutsson. Den 9 maj 2018 överlämnade regeringen en skrivelse till riksdagen med rubriken *En strategi för svensk rymdverksamhet*.²⁶ En översikt av skrivelsens innehåll, med fokus på försvar och säkerhet, följer i nästa avsnitt.

3.1 En strategi för svensk rymdverksamhet

Behovet av en samlad strategi för svensk rymdverksamhet har påtalats under en längre tid, exempelvis genomfördes det ett arbete för nästan tio år sedan som resulterade i ett inspel till en nationell rymdagenda (2011). Bakom rymdagendan stod företag, institut (myndigheter) samt universitet och högskolor inom den svenska rymdsektorn. Arbetet skulle fungera som en uppmuntran till beslutsfattare att utforma och vässa svensk rymdverksamhet. I rymdagendan föreslogs bland annat en nationell sammanhållen rymdpolitik.²⁷

Två år senare (2013) genomförde Riksrevisionen en granskning av den statliga styrningen av den samlade svenska rymdverksamheten. Den övergripande slutsatsen var att svensk rymdverksamhet inte nyttjades som en strategisk tillgång

²⁵ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

²⁶ Regeringens skrivelse 2017/18:259. *En strategi för svensk rymdverksamhet*. 2018-05-09. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁷ *Fördel Rymd. Om rymdområdet i Sverige - nyttor och förutsättningar*. Stockholm 2011. <http://www.linnkonsult.se/downloads/fordelrymd-110504b.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

samt att det saknades helhetssyn och uppföljning.²⁸ Detta ledde till att regeringen i april 2014 beslutade att utse en särskild utredare med uppdraget att föreslå en nationell rymdstrategi. Det var dåvarande landshövdingen i Västmanlands län Ingemar Skogö som utsågs till utredare. Betänkandet av Rymdutredningen presenterades i augusti 2015.²⁹ Betänkandet utgjorde sedan grund för den nationella rymdstrategin som redovisades i maj 2018.

Den nationella rymdstrategin innehåller många delar och det är viktigt att se till helheten av svensk rymdverksamhet, nedan redovisas mål och insatser relaterade till försvar och säkerhet. Ett strategiskt mål i strategin är:

”att statlig rymdverksamhet bidrar till att öka Sveriges säkerhet genom att bidra till att Sveriges utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen uppfylls och att den nationella militära förmågan stärks.”³⁰

För att uppnå detta föreslås följande insatser:

- ”statlig rymdverksamhet ska hanteras på ett strukturerat och samordnat sätt så att medvetenheten om rymdverksamhetens inverkan på Sveriges säkerhet och övriga utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen ökar,
- statliga aktörer ska verka för att alla svenska aktörer inom rymdområdet ska beakta Sveriges säkerhet och övriga utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen,
- civila och militära aktörer ska samverka om forskning och utveckling och användning av rymdsystem så att synergier mellan civil och militär rymdverksamhet tas till vara, och
- Rymdstyrelsen ska ha ett samordnande ansvar att initiera en nationell operationell rymdlägesbild i samverkan mellan berörda myndigheter.”³¹

Det är värt att notera att ett annat strategiskt mål handlar om att SSC ska ta hänsyn till Sveriges utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen vid internationella samarbeten, särskilt kopplat till verksamheten på Espace.

²⁸ Riksrevisionen granskar: staten på marknaden. Svensk rymdverksamhet - en strategisk tillgång? Stockholm: Riksrevisionen, 2013. RIR 2013:1. ISBN 978 91 7086 307 3. <https://www.riksrevisionen.se/rapporter/granskningsrapporter/2013/svensk-rymdverksamhet---en-strategisk-tillgang.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁹ En rymdstrategi för nytta och tillväxt. Stockholm: Rymdutredningen, 2015. SOU 2015:75. ISBN 978-91-38-24339-8. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/statens-offentliga-utredningar/en-rymdstrategi-for-nytta-och-tillvaxt_H3B375 (uppslagsdatum 2020-11-17).

³⁰ Regeringens skrivelse 2017/18:259. En strategi för svensk rymdverksamhet. 2018-05-09. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

³¹ Ibid.

Det finns också ett strategiskt mål av särskilt intresse för uppbyggnaden av ett totalförsvär. Det handlar om att begränsa riskerna med samhällets beroende av enskilda rymdtjänster. Där ska berörda myndigheter ha en dialog om hur de ska hantera riskerna samt identifiera och föreslå skyddsåtgärder för rymdinfrastruktur som är betydelsefull för samhällsviktiga funktioner.

3.2 Rymdstyrelsens strategi och civil-militär samverkan

Den 15 januari 2019 presenterade Rymdstyrelsen sin nya strategi.³² Den nationella rymdstrategin hade vid den tidpunkten inte lett till konkreta förslag om förändringar i Rymdstyrelsens instruktion, men de valde att föra över mål och insatser från den nationella rymdstrategin till sin. Detta innebär i praktiken att Rymdstyrelsens strategi snarare är en vision då allt i strategin i dagsläget inte ryms inom Rymdstyrelsens budgetram. Vid framtagandet av strategin arbetade Rymdstyrelsens inkluderande, intressenter har vid upprepade tillfällen bjudits in till diskussioner och för att lämna synpunkter. FOI har tagit vara på den möjligheten och bidragit aktivt. Nedan presenteras de delar i strategin som är av särskild vikt för försvars- och säkerhetsområdet.

I strategin betonas dubbla användningsaspekten som en ny utmaning i avseende att det blir allt vanligare att utnyttja synergier i form av gemensam teknikutveckling för både civil och militär rymdinfrastruktur. Detta leder i sin tur till höjda förväntningar och högre krav på Sverige som global rymdaktör.

Rymdstyrelsen, som en sammanhållande expertmyndighet för svensk rymdverksamhet, ska bland annat:

- ”Etablera mötesplatser för att öka erfarenhetsutbytet mellan aktörerna i svensk rymdverksamhet; ett exempel är att diskutera utrikes- och säkerhetspolitiska aspekter som grund för internationella samarbeten; ett annat exempel är att dra slutsatser om hur delegationer och industri kan samverka inom EU för bättre svensk utdelning.
- Ha en ledande och sammanhållande roll i civil-militär samverkan i ett totalförsvarsperspektiv i avsikt att realisera synergier inom såväl enskild teknikutveckling som kompletta infrastrukturprojekt.”³³

Rymdstyrelsen vill även säkerställa tillgången på säker, pålitlig och för Sverige relevant rymdinfrastruktur, bland annat genom att:

³² *Rymdstyrelsens strategi*. Stockholm: Rymdstyrelsen, 2019-01-15. <https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/strategi-och-policydokument/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

³³ Ibid.

- ”Tillgängliggöra kvalitetssäkrade rymddata och tjänster för innovatörer, entreprenörer och andra utvecklare i Sverige för ökad samhällsnytta och kostnadseffektivitet i offentlig verksamhet (t.ex. forskning, miljö och klimatövervakning, bättre resursutnyttjande av allmänna tillgångar inklusive civil och militär samverkan).”³⁴

I regleringsbrevet för budgetåret 2021 avseende Rymdstyrelsen³⁵ har det tillkommit två skrivningar som handlar om hänsynstagande till Sveriges utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen i enlighet med Sveriges rymdstrategi. Det ena är kopplat till den fortsatta utvecklingen av infrastrukturen vid Esrange och det andra är kopplat till ramanslaget för rymdforskning och rymdverksamhet.

3.3 Regeringens satsningar och uppdrag

3.3.1 Utökad förmåga till satellituppskjutningar vid Esrange

Såsom redovisades i omvärldsanalysrapporten 2017³⁶, fick Rymdstyrelsen i samverkan med SSC i september 2017 ett regeringsuppdrag för att utreda om det finns affärsmässiga förutsättningar att i framtiden skicka upp små satelliter från Esrange. Uppdraget återfinns i Rymdstyrelsens regleringsbrev 2017.³⁷ Sammanfattningsvis gjordes bedömningen att det finns affärsmässiga förutsättningar förutsatt beslut om statlig investering och att rymdlagen uppdateras. Följande redovisades:

- ”att det finns ett realistiskt scenario där SSC kan bedriva en kommersiell verksamhet utan förluster,
- att riskerna är hanterbara,
- att säkerheten är under kontroll,
- att SSC har realistiska planer kring val av partner.”³⁸

Det framgår inte av Rymdstyrelsens svar till regeringen vad det är för risker som avses och den säkerhetsfråga som belyses i underlaget är utmaningarna med

³⁴ Ibid.

³⁵ Regeringsbeslut II:54. *Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Rymdstyrelsen*. Solna: Regeringen, 2020-12-17. U2020/06608 (delvis) och U2020/06670.

³⁶ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

³⁷ Regeringsbeslut III:3. *Regleringsbrev för budgetåret 2017 avseende Rymdstyrelsen*. Solna: Regeringen, 2017-09-21. U2017/03743/F.

³⁸ Rymdstyrelsen: *Förutsättningar för små satelliter från Esrange*. 2018-01-11 (uppdaterad 2018-05-02). <https://www.rymdstyrelsen.se/nyheter/2018/forutsattningar-for-sma-satelliter-fran-esrange/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

dubbel användning (civil-militär). Sannolikt avses de risker och säkerhetsfrågor som SSC har identifierat kopplat till sin affärsplan.

Enligt regleringsbrevet ingick att beakta möjligheter och begränsningar rörande Sveriges utrikes- och säkerhetspolitik samt totalförsvaret. Detta behandlades översiktligt och i rapporten redovisas följande:

”Sveriges utrikes- och säkerhetspolitik, inklusive totalförsvaret påverkas men bedömningen är att omfattningen är begränsad”.³⁹

Det ingick inte i uppdraget att samverka med någon av försvarsmyndigheterna. Uppdraget redovisades för Utbildningsdepartementet i januari 2018.

I Regeringens nationella rymdstrategi som redovisades i maj 2018 pekades Esrange ut i ett av de strategiska målen:

”...infrastruktur på Esrange ska dimensioneras för att förbli en viktig nationell och europeisk strategisk resurs för nationell och internationell forskning, utveckling, demonstration, testverksamhet och annan rymdrelaterad verksamhet. Internationella samarbeten ska ske med hänsyn tagen till Sveriges utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen.”⁴⁰

Det står vidare att:

”statlig rymdverksamhet ska hanteras på ett strukturerat och samordnat sätt så att medvetenheten om rymdverksamhetens inverkan på Sveriges säkerhet och övriga utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen ökar, samt att statliga aktörer ska verka för att alla svenska aktörer inom rymdområdet ska beakta Sveriges säkerhet och övriga utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska intressen...”

Regeringen beslutade under sommaren 2018 att tillsammans med SSC satsa 80 miljoner kronor i utvecklingen av en försöksplats för rymdteknologi vid rymdcentret Esrange. Den nya försöksplatsen skall bidra till att utveckla Esrange ytterligare till att få kapacitet att utföra uppskjutningar av bäraketer som placerar små satelliter i omloppsbana runt jorden.⁴¹

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Regeringens skrivelse 2017/18:259. *En strategi för svensk rymdverksamhet*. 2018-05-09. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴¹ Regeringskansliet. *Regeringen investerar i rymden – Esrange får testbädd*. 2018-07-09. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2018/07/regeringen-investerar-i-rymden--esrange-far-testbadd/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

I april 2020 fick Rymdstyrelsen ett regeringsuppdrag för att beskriva och analysera de utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekterna av en utvecklad förmåga vid rymdbasen Esrange till att kunna sända upp satelliter till omloppsbana.⁴² Uppdraget hade som villkor att samråda med Försvarsmakten, Säkerhetspolisen, FOI, FMV, FRA och ISP (Inspektionen för strategiska produkter). I juni 2020 redovisades uppdraget i en öppen del och i en säkerhetsskyddsklassad del⁴³. I den öppna delen konstateras att olika institutioner i Sveriges ställs inför större och delvis nya utmaningar inom såväl internationell säkerhetspolitik som nationell försvarspolitik, samt att det kommer behöva etableras beredskap och processer för att hantera dessa utmaningar. Det konstateras vidare att:

”...en utökad förmåga på Esrange kan bli en utrikes-, säkerhets- eller försvarspolitisk belastning om inte föreslagna åtgärder genomförs parallellt med utvecklingen på Esrange.”⁴⁴

De åtgärder som föreslås är följande:

- Att resurser bör allokeras så att Sverige kan utöka deltagandet i internationella organ för att följa den internationella utvecklingen och aktivt delta i förhandlingar om internationella avtal, riktlinjer och normer på rymdområdet.
- Att regeringen bör inrätta funktionen rymdrättsexpert för att tolka avtal, förstå konsekvenserna för Sverige och föreslå förhandlingsposition i internationella samarbeten.
- Att Sverige bör etablera en operationell rymdlägesbild med tillhörande analysförmåga.
- Att en översynsfunktion bör tillskapas för att biträda regeringen i hanteringen av utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter av rymd. En av översynsfunktionens viktigaste uppgifter blir att samla in, värdera, analysera och koordinera kunskap om hur andra nationer avser att utnyttja rymden i fred, kris och krig.
- Att regeringen bör se över om förordningar, föreskrifter och/eller ägar-direktiv behöver förtydligas och resurser tillskjutas för att Säpo och Försvarsmakten bereds möjlighet för att kunna värdera, godkänna och

⁴² Regeringsbeslut U2020/02122/F. Uppdrag till Rymdstyrelsen att beskriva och analysera utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter av en utökad förmåga vid Esrange. 2020-04-02. <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/04/uppdrag-till-rymdstyrelsen-att-beskriva-och-analysera-utrikes--sakerhets--och-forsvarspolitiska-aspekter-av-en-utokad-formaga-vid-esrange/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴³ Enligt 15 kap. 1§ OSL Utrikessekretess.

⁴⁴ Begäran om samråd avseende beskrivning och analys av utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter av en utökad förmåga vid Esrange. Rymdstyrelsen, 2020-05-26. Dnr. 55/20.

ingripa i syfte att förhindra upplåtelse av svenska faciliteter och kapaciteter som kan påverka Sveriges säkerhet.

Den 14 oktober i år (2020) presenterade regeringen ett beslut om att inom kort kunna genomföra satellituppskjutningar från Esrange.⁴⁵ Regeringen kommer finansiera verksamheten med 90 miljoner över tre år. Målet är att skjuta upp den första satelliten från Esrange om två år (2022).⁴⁶

Regeringskansliet arbetar med en handlingsplan för att arbetet med en uppskjutning från Esrange skall kunna fortskrida med hänsyn tagen till genomförda utredningar. Ett arbete som redan påbörjats är ett regeringsuppdrag för översyn av regelverket för svensk rymdverksamhet, detta utvecklas i nästa avsnitt.

3.3.2 Översyn av regelverket för svensk rymdverksamhet

I enlighet med den nationella rymdstrategin har Sveriges regering beslutat att göra en översyn av den svenska rymdlagen och anslutande rymdförordning. Den nu gällande svenska rymdlagen⁴⁷ är från 1982 och ska moderniseras. Enligt Regeringskansliet behövs det en:

”...långsiktigt hållbar reglering av rymdverksamheten som beaktar internationella regelverk och nationella säkerhetsbehov.”⁴⁸

En uppdaterad rymdlag har efterfrågats från både kommersiellt och säkerhetspolitiskt håll. Uppdraget presenterades i början av april 2020 och ska redovisas den 17 september 2021 (redovisningsdatumet har förlängts, från början angavs 1 juni 2021). Som särskild utredare har Göran Lundahl, lagman vid Lunds tingsrätt, utsetts.⁴⁹ Enligt direktivet ska utredaren bland annat:

- ”ta ställning till om det i rymdlagen bör införas bestämmelser om vilka krav som ska gälla för att få tillstånd till rymdverksamhet och om staten bör omfattas av tillståndsplikt,

⁴⁵ Regeringskansliet. *Fortsatt utveckling av Esrange*. 2020-10-14. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/10/fortsatt-utveckling-av-esrange/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴⁶ SVT Nyheter. *Klartecken för satellituppskjutningar från Esrange – regeringen satsar 90 miljoner*. 2020-10-15. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norrboten/antligen-klartecken-for-satellituppskjutningar-fran-esrange> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴⁷ SFS 1982:963. *Lag (1982:963) om rymdverksamhet*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-1982963-om-rymdverksamhet_sfs-1982-963 (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴⁸ Regeringskansliet. *Rymdlagen utreds*. 2020-04-03. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/04/rymdlagen-utreds/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁴⁹ Regeringskansliet. *Rymdlagen utreds – ny utredare blir Göran Lundahl*. 2020-09-17. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/09/rymdlagen-utreds--ny-utredare-blir-goran-lundahl/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

- undersöka om det är lämpligt att i rymdlagen införa bestämmelser om skydd för rymdmiljön och förebyggande av uppkomsten av rymdskrot, och
- vid översynen ta hänsyn till Sveriges utrikes-, säkerhets- och försvars-politiska intressen och folkrättsliga förpliktelser samt bedöma om skydd för Sveriges säkerhet bör regleras i rymdlagen.”⁵⁰

I uppdraget ingår att inhämta synpunkter från flera olika instanser, både civila myndigheter och försvarsmyndigheter, samt även från relevanta bransch-organisationer och andra berörda aktörer. Ett antal sakkunniga och experter, bland annat från Försvarsmakten och FOI, har förordnats att ingå i Rymdlagsutredningen.

3.4 Försvarsmaktens inriktning inom rymdområdet

Detta kapitel redovisar Försvarsmaktens inriktning inom rymdområdet sammanställd utifrån offentliga publikationer. Försvarsmakten tog fram en rymdstrategi för kommande tioårsperiod (2015-2025) som skickades ut på remiss i oktober 2015.⁵¹ Strategin har inte fastställts i ett officiellt dokument och kan därför inte redovisas här. Däremot har arbetet fungerat som underlag för andra processer. I Försvarsmaktens strategiska inriktning 2015⁵², även kallad FMSI 2015, återfinns de militärstrategiska målsättningarna med rymdrelaterad verksamhet:

- ”Säkerställa efterfrågad tillgång till rymdbaserade tjänster inom områdena Spaning och övervakning från rymden, Rymdlägesbild, Positionering, Navigering och Tidssynkronisering och Satellitkommunikation.
- Främja bevarandet av rymden som en internationell, gränsöverskridande gemensam resursdomän genom att stödja ett ansvarsfullt och säkert uppträdande i rymden.
- Följa teknikutvecklingen och andra länders nyttjande av rymden för att skapa underlag så att medvetna beslut kan tas i tid i syfte att säkerställa framtida tillgång till rymdbaserade tjänster.
- Främja nationellt rymdsamarbete i syfte att maximera synergier.

⁵⁰ Regeringskansliet. *Översyn av regelverket för rymdverksamhet*. 2020-04-15. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommitteredirektiv/2020/04/dir.-202034/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁵¹ *Remiss avseende Försvarsmaktens Rymdstrategi*. Stockholm: Försvarsmakten, 2015-09-11. FOI-2015-1483:1.

⁵² *Försvarsmaktens Strategiska Inriktning 2015 ändringsutgåva 1 (FMSI 2015 Ä1)*. Stockholm: Försvarsmakten, 2016-07-01. FM2015-1597:7. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/vart-uppdrag/bilaga-1-fm2025-1597-7-fmsi-2015-a1.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

- Stödja bevarande och vidareutveckling av en nationell forsknings- och teknikutvecklingsbas.”⁵³

Den strategiska inriktningen utgör Överbefälhavarens övergripande inriktning av Försvarsmaktens verksamhet och utveckling. Dokumentet ligger till grund för kommande verksamhetsplaner och ska vara ekonomiskt realiserbar. Den används även för att inrikta långsiktiga studier och försvarsplanering.

I mars 2016 fastställdes Försvarsmaktens militärstrategiska doktrin, även kallad MSD 16. Doktrinen beskriver hur Försvarsmakten, med tillgängliga förmågor och resurser, ska lösa de uppgifter som riksdag och regering beslutat om. Den militärstrategiska doktrinen är förklarande och inriktande och ska främst ses som en kompass som i kombination med gott omdöme ska ge vägledning för Försvarsmaktens personal. Dokumentet är ett högnivådokument på så sätt att det inte presenteras några specifika förmågor och resurser utan diskussionen förs kring begrepp som system, vapen, ledning, underrättelse etc. Det förutsätts därför att rymdsystem och rymdtjänster ingår i de bredare skrivningarna. Rymden nämns däremot specifikt när manöverkrigföring beskrivs, i perspektivet att förmåga till skydd mot övervakning från rymden ska utvecklas för att kunna åstadkomma övervakning på marken och havet.⁵⁴

I juli 2020 fastställdes Försvarsmaktens doktrin för gemensamma operationer 2020, även kallad DGO 2020.⁵⁵ DGO:n omsätter den militärstrategiska doktrinen i ett operativt sammanhang. Med det menas att den beskriver hur stridskrafter sätts samman och samverkar för att förebygga väpnat angrepp, snabbt möta ett väpnat angrepp och därefter genomföra försvarsoperationer under en konflikt. Den beskriver såväl planering som genomförande av operativ och taktisk verksamhet. I DGO:n beskrivs rymden som en av fem domäner som utgör den fysiska miljön (övrige är mark, sjö, luft och cyber). De fem domänerna tillsammans med aktörer och informationsmiljön utgör tillsammans vad som benämns operationsmiljön. I DGO:n beskrivs rymddomänen enligt:

”en del av operationsmiljön där plattformar kan användas för övervakning, spaning, kommunikation, navigering och tidsangivelser för underrättelseinhämtning, planering och genomförande av insatser.”⁵⁶

⁵³ Ibid.

⁵⁴ *Militärstrategisk doktrin - MSD 16*. Stockholm: Försvarsmakten, 2016. M7739-354028. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/militarstrategisk-doktrin-2016-ny.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁵⁵ *Doktrin Gemensamma operationer 2020*. Stockholm: Försvarsmakten, 2020. M7739-354030. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/doktrin-for-gemensamma-operationer.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁵⁶ Ibid.

Vidare beskrivs hur Försvarsmakten delar in ryldbaserade tjänster i följande fyra områden:

- Spaning och övervakning från rymden
- Rymlägesbild
- Position, navigation och tidssynkronisering
- Satellitkommunikation.

Något som särskilt tas upp i domänbeskrivningen av rymd är rymlägesbild och hur viktigt det är för att skapa sig en uppfattning om en motståndarens förmåga samt för att minska exponeringen av egen verksamhet.

I den så kallade perspektivplaneringen, PerP, förutser Försvarsmakten militärstrategiska trender, framtida konflikters karaktär och insatsmiljöer i ett 20-års perspektiv. Slutsatserna kan ses som Överbefälhavarens sätt att förmedla synen på omvärlden och framtiden. Den senaste rapporten är från 2018 och där beskrivs försvarsmaktskoncept och -strukturer för år 2035. Rapporten används även som underlag inför försvarsinriktningsperioden efter 2020.⁵⁷ En viktig del i rapporten behandlar teknikutvecklingen och hur den sannolikt ser ut år 2035. Detta ska sedan omsättas i forskning och utveckling samt studier för framtida militär förmågeutveckling. Rymlrelaterade förmågor tas upp som ett av flera teknikområden av särskild relevans:

”Effekterna av utvecklingen bedöms vara teknikspridning till allt fler aktörer, ökade militära rymlförmågor och ett allt större beroende av rymlsystem. Utmaningar är en ökad mängd rymlskrot, ett mer sårbart samhälle samt en risk för rymlkrig.”⁵⁸

Varje år inriktar Försvarsmakten den forskning och teknikutveckling som skall bedrivas de kommande fem åren. I den senaste inriktningen, även kallad IFoU 21, meddelades planer på att inrätta ett nytt FoT-område kallat Rymlsystem från och med år 2021.⁵⁹ Det tolkar författarna som en tydlig viljeinriktning för att satsa på och utöka forskning och teknikutveckling inom rymlområdet.

3.5 Sammanfattning

Behovet av en nationell rymlstrategi har funnits under lång tid. Framförallt avseende en sammanhållen rymlpolitik med en helhetssyn på rymlverksamhet i

⁵⁷ Slutredovisning av Försvarsmaktens perspektivstudie 2016-2018 - Tillväxt för ett starkare försvar. Försvarsmakten, 2018. FM2015-13192:15. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/perspektivplan/slutlig-redovisning-av-perspektivstudien-2016-2018.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Inriktning av Försvarsmakten forskning och utveckling 2021-2025 (IFoU 21). Försvarsmakten, 2020-01-27. FM2019-15634:2.

Sverige. I den nationella rymdstrategin som regeringen tog fram 2018 var detta något som betonades i hanteringen av statlig rymdverksamhet. Både civila och militära intressen ska beaktas i svensk rymdverksamhet och synergier ska tas till vara. Rymdverksamhet ska även bidra till att försvars- och säkerhetsintressen uppfylls och att den nationella militära förmågan stärks.

Rymdstyrelsen har tagit hänsyn till skrivelsen i utformandet av sin rymdstrategi (2019) för att kunna agera som en sammanhållande expertmyndighet för svensk rymdverksamhet och föra samman civila och militära intressen. Ett konkret särskilt beslut om uppdrag, från regeringen till Rymdstyrelsen under 2020, i linje med den nationella rymdstrategin, rörde utrikes, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter på satellituppskjutning från Esrange. Uppdraget gav Rymdstyrelsen stöd att samråda med andra myndigheter, vilket i sin tur ledde till att Rymdstyrelsen skärpte sin initiala bedömning från 2018. Detta är ett tydligt exempel på behovet av civil-militär samverkan för svensk rymdverksamhet. Det andra konkreta uppdraget är den pågående Rymdlagsutredningen vilken kan komma att ytterligare stärka den civila och militära samverkan inom rymdområdet. Under färdigställandet av denna rapport har det inkommit ytterligare ett regeringsuppdrag till Rymdstyrelsen som skall hantera etableringen av en operationell rymdlägesbild. Även här är civil-militär samverkan en förutsättning.

Rapporten redovisar Försvarsmaktens inriktning inom rymdområdet på samma sätt som andra länders militära avsikter brukar beskrivas, genom att studera offentlig tillgänglig litteratur och media. Det går utifrån detta att dra slutsatsen om att Försvarsmakten numera betraktar rymdområdet som viktigt och som ett prioriterat område där nya satsningar kommer att ske framöver.

4 En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar

Detta kapitel utgör det kvantitativa underlaget för rapportens slutsatser. Här redovisas historisk utveckling och nuläge (2020) avseende antalet satelliter och satellituppskjutningar samt förhållandet mellan olika rymdaktörer. Syftet är att illustrera både den växande omfattningen av, och generella trender inom, rymd-området. Informationen som presenteras är en uppdatering och vidareutveckling av motsvarande kapitel i omvärldsanalysrapporten från 2017.⁶⁰

Underlaget är till största del hämtat från FOI:s interna databas som i sin tur bygger på öppen data från en rad olika källor, se *Bilaga B - Databaskällor*. Informationen från de olika källorna är olika avseende både format och innehåll. Varje källa sammanställer sin information utifrån ett visst behov och det är därför inte trivialt att sammanfoga all information i en databas, felaktigheter kan därför förekomma. Tillförlitligheten i källorna bedöms som tillräckligt goda för att ge en översiktlig bild och framförallt för att utläsa trender. Det kan förekomma vissa osäkerheter i absoluta tal och de bör därför användas med viss försiktighet.

4.1 Satellituppskjutningar - historik

Den 4:e oktober 1957 sköt dåvarande Sovjetunionen upp Sputnik-1 vilket blev den första satelliten i omloppsbana runt jorden. Uppskjutningen markerade bokstavligen startskottet på en resa som skulle komma att förändra världen. Sputnik-1 följdes kort därefter av ytterligare en sovjetisk satellit, Sputnik-2, och inom ett år hade USA och Ryssland var för sig skjutit upp ytterligare en handfull satelliter runt jorden. Sedan rymdfartens start har nästan 5600 uppskjutningar ägt rum och sammanlagt har de lyft upp mer än 9800 satelliter till olika banor runt eller bortanför jorden.⁶¹

I Figur 2⁶² visas antalet uppskjutningar per år från och med 1957 fram till och med november 2020 (blå staplar). Den sista blå stapeln för år 2020 förväntas öka med ytterligare ca 20-40 uppskjutningar innan året är slut. Redan tio år efter den första uppskjutningen nåddes en nivå med i snitt över 100 uppskjutningar per år, en nivå

⁶⁰ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

⁶¹ Dessa siffror är en avrundning och innefattar allt fram till och med november 2020. Jonathan's Space Home Page används för uppskjutningar och CSpOC används för antal satelliter, se *Bilaga B - Databaskällor*.

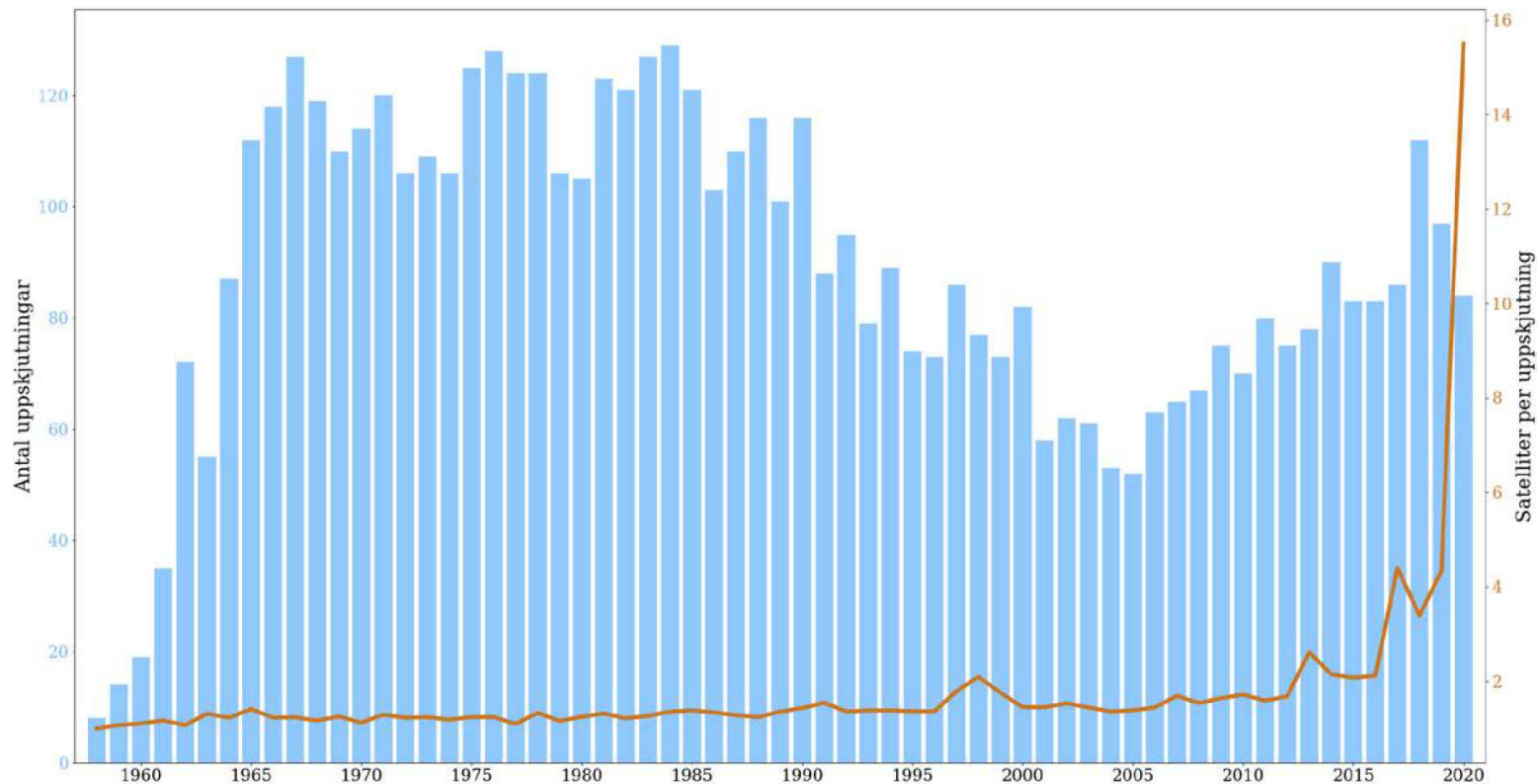
⁶² Källa: CSpOC, tabellen visar alla uppskjutningar som har resulterat i ett objekt i rymden även om objektet inte nödvändigtvis levererades till rätt bana. Utgångspunkten är att alla objekt i CSpOC:s databas är objekt som kontinuerligt mäts in. Se *Bilaga B - Databaskällor*.

som höll i 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 genom att studera vilken typ av satelliter som sköts upp. Med start i början på 60-talet började Sovjetunionen skicka upp optiska spaningssatelliter i stor skala. Den vanligaste typen gick under namnet Zenit och under närmare 25 års tid skickades fler än 500 Zenit-satelliter upp. 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 optiska spaningssatelliter under benämningen Corona, om än inte i lika stora volymer som Sovjetunionen.

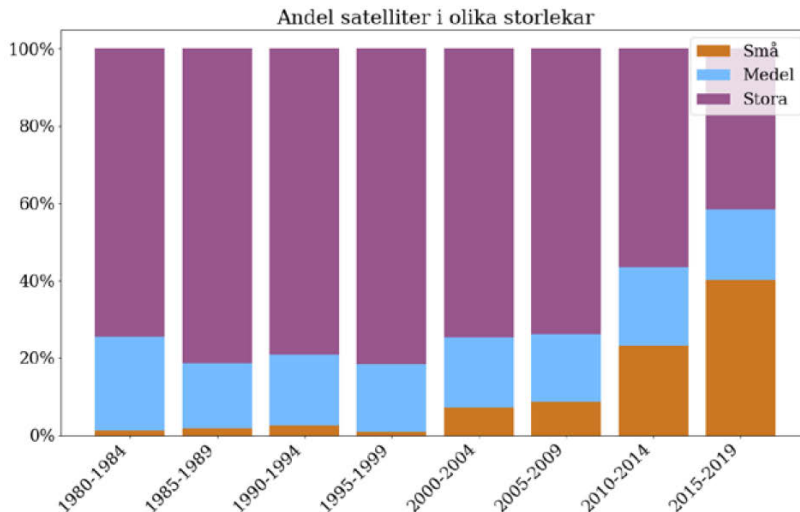
Figur 2 visar även att uppskjutningstakten sänktes efter kalla krigets slut. Under 2000-talets början genomfördes omkring totalt 50 uppskjutningar per år. En tydlig trend över de senaste femton åren är att antalet uppskjutningar ökat för att i dag återigen ligga på en nivå kring runt 100 uppskjutningar per år. Den stora skillnaden idag jämfört med tiden under kalla kriget är att det nu är fler länder än USA och Ryssland som skjuter upp satelliter, framförallt Kina. Tidigare har uppskjutning av satelliter varit förbehållet statliga aktörer men på senare år har uppskjutningar även genomförts av kommersiella aktörer. Det är redan en ansenlig del av antalet uppskjutningar som genomförs kommersiellt, särskilt av det amerikanska företaget SpaceX.

Hur utvecklingen kommer se ut framöver är svårt att spekulera kring, men ett antal faktorer talar för fortsatt ökning. Dels ökar antalet länder som nyttjar rymden vilket med största sannolikhet kommer att öka efterfrågan på satellituppskjutningar. Dels förväntas fler kommersiella aktörer ta sig in på marknaden, speciellt avseende att skjuta upp små bäraraketer för små satelliter. Detta kommer i sin tur pressa ned kostnaderna för en uppskjutning vilket öppnar upp möjligheten för ännu fler aktörer att skicka upp en satellit.

En annan tydlig trend som pågått under en tid 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 (se orange linje i Figur 2). En signifikant ökning i antalet satelliter per uppskjutning, i snitt per år, kan ses från och med år 2012 för att under de senaste åren stiga kraftigt. Den mycket kraftiga ökningen under år 2020 beror endast på satelliterna som SpaceX har skjutit upp.



Figur 2 Totala antalet uppskjutningar per år (blå staplar) och antalet satelliter per uppskjutning i snitt per år (orange linje).



Figur 3 Relativa fördelningen av satelliter baserat på storlek. Varje stapel motsvarar ett femårsintervall från 1980 till 2019. Färgerna representerar satelliter i olika storlek: små (orange), medel (blå) och stora (lila).⁶³

Trenden med fler satelliter per uppskjutning sammanfaller med att små satelliter (exempelvis så kallade CubeSats och NanoSats) blivit populära och att dessa oftare skjuts upp i stora grupper. I Figur 3 visas hur den relativa fördelningen mellan stora (lila), medelstora (blå) och små (orange) satelliter utvecklats över de senaste fyra decennierna. Observera att alla satelliter som har skjutits upp inte har klassats utifrån storlek, figuren visar endast 75 % av alla satelliter så förändringen är mer en indikation på utvecklingen.

Det är tydligt att andelen små satelliter ökar och andelen stora satelliter minskar i förhållande till totala antalet satelliter. Notera att detta inte nödvändigtvis betyder att antalet stora satelliter minskar. Under nästa femårsperiod kommer trenden i förhållandet troligtvis förändras. SpaceX står bakom ca 75 % av det totala antalet satelliter som hittills har skjutits upp 2020. Dessa satelliter, benämnda Starlink, kommer sannolikt klassas som medelstora eller stora. Sammantaget kommer antalet uppskjutningar fortsatt öka, även om det sannolikt blir en tillfällig minskning under 2020 på grund av covid-19.

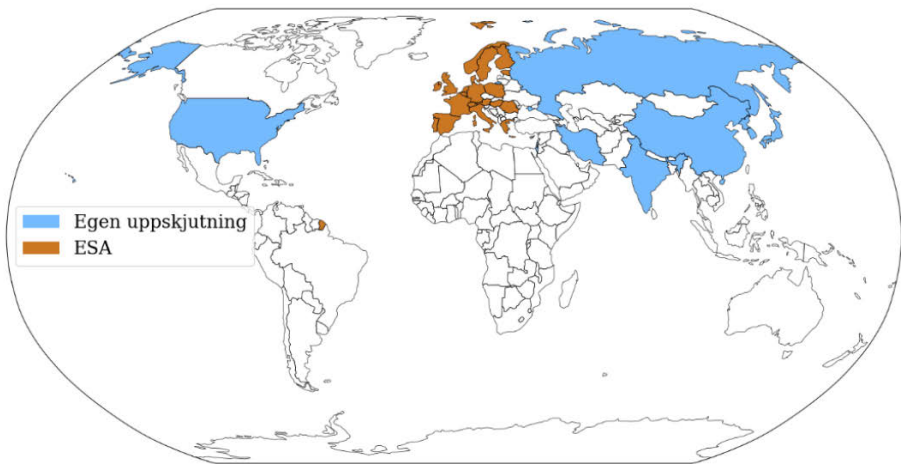
SpaceX utvecklar en ny typ av bäraket för att kunna ta människor till månen och Mars, kallad Starship. Målet är att landa på månen redan år 2022. Med denna bär-

⁶³ Som mått på satellitstorlek har radarmålytan, RCS (*radar cross section*), använts för respektive satellit. Detta hämtas från CSPOC. Trots att RCS inte alltid motsvarar verklig storlek ger det en ungefärlig bild av utvecklingen. Små satelliter har en radarmålyta som är mindre än 0,1 m², medelstora ligger mellan 0,1 och 1 m² och stora satelliter är större än 1 m². Se *Bilaga B - Databaskällor*.

raket kommer de kunna ta med sig 400 satelliter per uppskjutning för utplacering i låg bana runt jorden vilket drastiskt kommer öka antalet satelliter per uppskjutning.⁶⁴

4.2 Uppskjutningskapacitet

Det är fortfarande relativt få länder som har egen kapacitet till att skjuta upp satelliter i omloppsbana runt jorden. Med egen kapacitet avses att ett land, med statlig finansiering, har ett eget aktivt bäraketprogram för att kunna skjuta upp både civila och militära satelliter. Idag är det elva länder som har förmågan att skjuta upp satelliter, se Figur 4. Ordnade efter första uppskjutning är dessa: Ryssland (Sovjetunionen 1957), USA (1958), Frankrike (1965, idag via europeiska rymdorganisationen ESA), Japan (1970), Kina (1970), Indien (1980), Israel (1988), Ukraina (1991), Iran (2009), Nordkorea (2012) och Sydkorea (2013). Flera europeiska länder finansierar uppskjutningskapacitet via ESA, även Sverige. ESA:s första uppskjutning genomfördes 1979. I Figur 4 markeras dessa länder i orange.



Figur 4 Länder som har egen uppskjutningskapacitet år 2020 (blått) och länder som har uppskjutningskapacitet via den europeiska rymdorganisationen ESA (orange). Källa: FOI.

Sydkorea genomförde sin första uppskjutning 2013 med raketen KSLV-1. Första steget i denna raket är delvis byggt i Ryssland och vidareutvecklat av Sydkorea.

⁶⁴ Sheetz, Michael. CNBC. *SpaceX wants to land Starship on the moon within three years, president says, with people soon after*. 2019-10-27. <https://www.cnbc.com/2019/10/27/spacex-president-we-will-land-starship-on-moon-before-2022.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Vissa bedömer att Sydkorea ännu inte nått en fullt oberoende uppskjutningskapacitet. Sydkorea är i testfasen av nästa generations raket, KSLV-2, och i den ersätts det ryska raketsteget med ett egentillverkat sådant.

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, de har sedan dess avvecklat sin kapacitet.

Det amerikanska företaget Rocket Lab⁶⁵ är det första privat finansierade företaget med egen uppskjutningskapacitet. De skjuter upp små satelliter med deras bärraket Electron från en uppskjutningsplats i Nya Zeeland sen 2018. Eftersom det inte är staten Nya Zeeland som finansierar Rocket Lab så betraktas inte Nya Zeeland som ett land med egen uppskjutningsförmåga. Antalet privata aktörer kommer att bli fler framöver, framförallt aktörer som utvecklar mindre bärraketer för uppskjutning av mindre satelliter.⁶⁶

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

Flera länder undersöker möjligheterna att genomföra uppskjutningar från egna territorier, men istället för att utveckla egna bärraketer använda bärraketer som utvecklats av länder med etablerade bärraketsprogram. Till denna kategori hör Sverige med de framtida satellituppskjutningarna från Esrange. ESA har ett liknande upplägg där de har köpt in ryska Soyuz-raketer, som komplement till ESA:s bärraketer Ariane och Vega, som ESA skjuter från Franska Guyana.

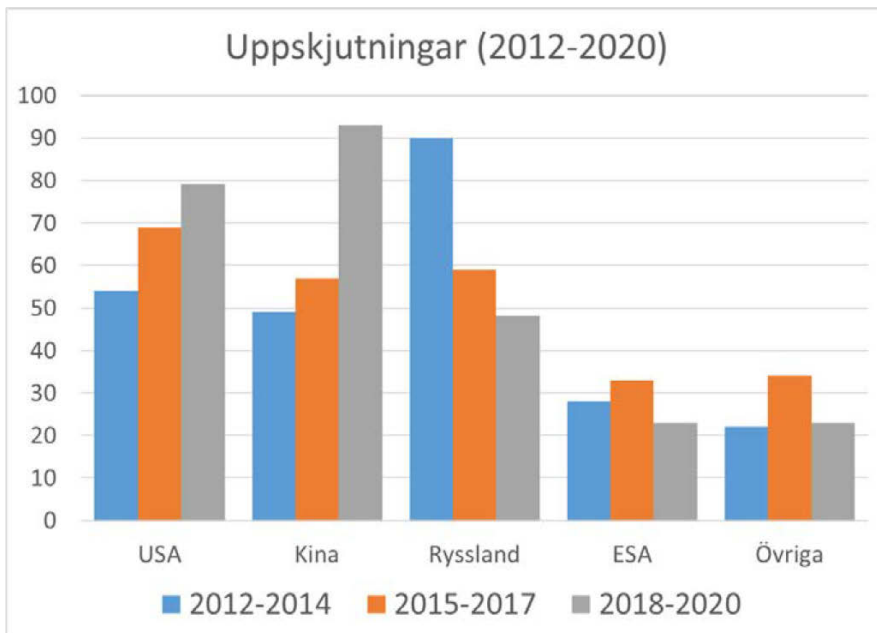
Figur 5 visar en jämförelse av antalet uppskjutningar för de dominerande aktörerna: USA, Kina, Ryssland och ESA samt övriga. I figuren är antalet uppskjutningar uppdelade i tre perioder, 2012-2014 (blå), 2015-2017 (orange) och 2018-2020 (grå) i syfte att visa utvecklingen under de senaste åren. Observera att staplarna inte visar vilket land som satelliterna tillhör utan endast vilken aktör som genomförde uppskjutningen.

Under hela nioårsperioden har USA, Kina och Ryssland alla skjutit upp ca 200 gånger vardera. Däremot skiljer sig trenden åt. USA har ökat antalet uppskjutningar för varje treårsperiod, då ingår elva uppskjutningar som det amerikanska företaget Rocket Lab har genomfört från Nya Zeeland under den senaste treårsperioden. Kina och Ryssland har nästan exakt motsatta trender. Kina

⁶⁵ Rocket Lab. <https://www.rocketlabusa.com/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁶⁶ NewSpace Index. *Small Satellite Launchers*. <https://www.newspace.im/launchers> (uppslagsdatum 2020-11-17).

har nästan fördubblat antalet uppskjutningar mellan den första och den senaste tidsperioden vilket återspeglar den satsning som Kina genomför inom rymdområdet, se även avsnittet om Kina i kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymd-aktörerna*. Ryssland har istället nästan halverat antalet uppskjutningar mellan samma tidsperioder. Detta sammanfaller med de ekonomiska svårigheter som Ryssland har genomgått sedan annektering av Krim 2014 och efterföljande sanktioner, se avsnittet om Ryssland i kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymd-aktörerna*. Det är också tydligt att Ryssland inte riktigt återhämtat sig under de senaste tre åren då antalet uppskjutningar blev ännu färre.



Figur 5 Jämförelse av antalet uppskjutningar för de största aktörerna plus övriga under treårsperioderna: 2012-2014 (blå), 2015-2017 (orange) och 2018-2020 (grå).⁶⁷

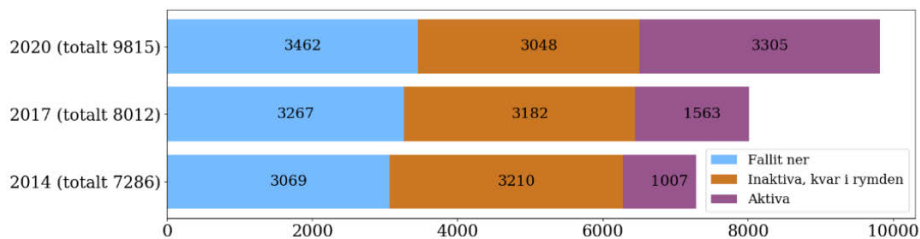
ESA ligger i snitt runt 30 uppskjutningar per år, notera att 25 % av dessa uppskjutningar har skett med den ryska Soyuz-raket från Franska Guyana. Bland övriga länder står Indien och Japan för majoriteten av uppskjutningarna, övriga enstaka uppskjutningar har genomförts av Iran, Israel, Nordkorea och Sydkorea. I en del länder har verksamheten stått helt stilla under covid-19 pandemin, Indien har exempelvis inte genomfört en enda uppskjutning på elva månader i år (2020),

⁶⁷ Stapeln för 2018-2020 visar uppskjutningar fram till och med november 2020. Figuren inkluderar alla uppskjutningar som placerade ett objekt i bana, det innebär inte nödvändigtvis att alla objekt placerades ut i rätt bana. Källa: Jonathan's Space Home Page, se *Bilaga B - Databaskällor*.

det förklarar den något låga nivån av uppskjutningar mellan 2018-2020, framförallt för ESA och övriga länder.

4.3 Rymdnationer

Sedan den första uppskjutningen av Sputnik-1 har det fram tills idag (november 2020) skjutits upp fler än 9 800 satelliter, varav majoriteten har placerats i omloppsbana runt jorden.⁶⁸ Av dessa har nästan 3 500 brunnit upp i atmosfären eller fallit tillbaka ner på jorden. Kvar i rymden finns därmed drygt 6 350 satelliter varav ca 3 300 är aktiva och resterande ca 3 000 är inaktiva och får betraktas som rymdskrot, dvs. de är inte längre funktionella och kommer att fortsätta ligga kvar i sina banor under en lång tid framöver. I Figur 6 visas en jämförelse av antal uppskjutna och kvarvarande satelliter idag (överst), för tre år sedan (mitten) och för sex år sedan (nederst). Mellan 2014 och 2017 sköts det upp lite mer än ca 700 satelliter, medan det under de tre senaste åren har skjutits upp ca 1 800 satelliter vilket är mer än en fördubbling i jämförelse med perioden innan.



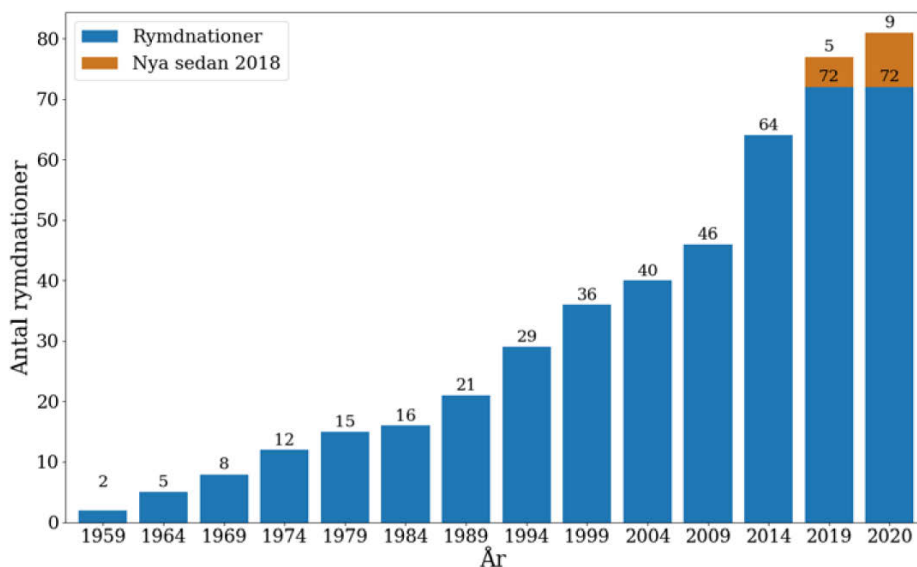
Figur 6 Totala antalet uppskjutna satelliter idag (2020), 2017 och 2014. Antalet satelliter som har brunnit upp i atmosfären eller fallit ner (blått), antalet inaktiva satelliter (orange) och antalet aktiva satelliter (lila).⁶⁹

Under dessa sex år (2014-2020) då det har tillkommit ca 2 500 nya satelliter har det endast fallit ner ca 400 satelliter. Däremot har antalet inaktiva satelliter minskat något, vilket innebär att en del av de inaktiva satelliterna från 2014 har fallit ner (ca 5 %). I och med den utveckling som sker, och alla stora konstellationer som annonseras, kommer det att bli en drastisk ökning av antalet satelliter inom de kommande tre åren. Det kommer att vara av kritisk betydelse att dessa konstellationer aktivt implementerar lösningar för ett hållbart nyttjande av rymden för att begränsa mängden kvarvarande inaktiva satelliter och förebygga kollisioner, något som annars riskerar att leda till stora mängder nytt rymdskrot.

⁶⁸ Undantaget är exempelvis vissa forskningssatelliter som placerats i omloppsbana runt andra himlakroppar i solsystemet.

⁶⁹ Källa: CSpOC används för totala antalet uppskjutna satelliter, för 2020 presenteras antal satelliter till och med november. För en bedömning om satelliterna är aktiva, inaktiva eller har fallit ner används en kombination av CSpOC och UCS, se *Bilaga B - Databaskällor*.

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 7 visar den kumulativa utvecklingen av antalet rymdnationer i femårsintervall från 1957 fram till i dag (2020). Antalet nya rymdnationer under 2018-2020 visas i orange och uppgår till nio länder. Dessa är Kenya, Costa Rica, Bhutan, Jordanien, Nepal, Sri Lanka, Sudan, Rwanda och Slovenien. Av deras satelliter tillhör alla kategorin små satelliter och de flesta är så kallade cubesats eller nanosatelliter. Sudans satellit är en optisk avbildande satellit som kommer användas både civilt och militärt.⁷⁰



Figur 7 Kumulativ ökning av antalet rymdnationer, dvs. länder som har eller har haft egna satelliter i rymden. Antalet nya länder som tillkommit sedan 2018 visas i orange och uppgår till nio länder.⁷¹

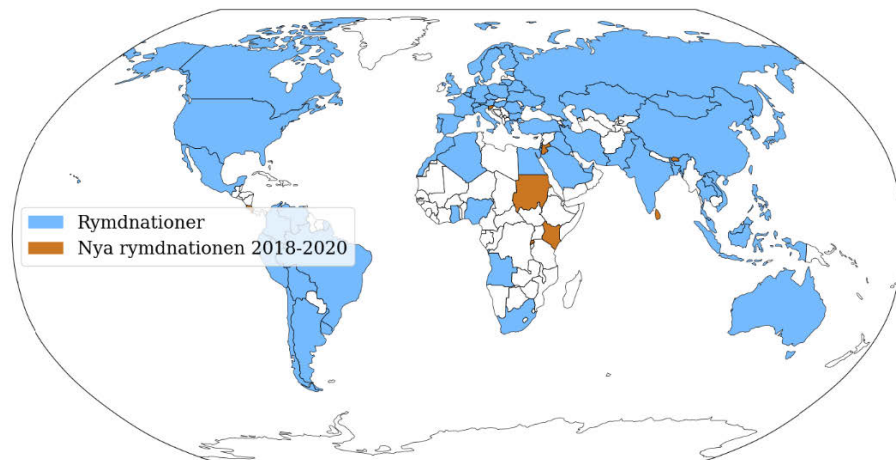
I Figur 8 (karta) presenteras samma data (som i Figur 7) geografiskt. I dag kan 81 länder räkna sig som rymdnationer och antalet fortsätter att öka allteftersom nyttan med rymden tydliggörs, tekniken blir mer tillgänglig och kostnaderna minskar. De blåmarkerade länderna är de som fick sin första satellit 2017 eller tidigare (72 länder) medan de orangefärgade länderna är de som tillkommit sedan 2018 (nio länder). I det här sammanhanget är det viktigt att komma ihåg att det inte alltid är självklart hur det definieras när ett land fått sin första satellit. Exempelvis utvecklas

⁷⁰ Space in Africa. *Sudan Has Launched Its First Satellite; A Remote Sensing Satellite*. 2019-11-03. <https://africanews.space/sudan-has-launched-its-first-satellite-a-remote-sensing-satellite/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁷¹ Källa: Informationen hämtas från CSpOC, landskoder översätts med hjälp av FN:s ISO-standard för nationer. Det som inte redovisas är aktörer som inte motsvarar ett land, exempelvis olika organisationer som ESA och NATO eller multinationella företag. Se *Bilaga B - Databaskällor*.

satelliter allt oftare gemensamt mellan flera länder och det går också numera att köpa färdiga satelliter från kommersiella leverantörer. Beroende på hur sådana samarbeten betraktas kan listan på rymdnationer se olika ut. Syftet här är i första hand att påvisa den övergripande trenden för länder som står som ägare för och användare av en satellit oavsett om tekniken är inhemsk eller inte. Till rymdnation räknas inte länder som endast köper satellittjänster från kommersiella leverantörer.

Afrika är fortsatt den kontinent där flest länder saknar egna satelliter även om många tillkommit på senare år. Flera afrikanska länder visar ett växande intresse för rymden och ser satsningar på rymdteknik som tillväxt- och välfärdsskapande. Afrikanska unionen antog 2019 en afrikansk rymdstrategi för samhällelig, politisk och ekonomisk integration.⁷²



Figur 8 Rymdnationer, dvs. länder som har eller har haft satelliter i rymden. Blå länder är de som fick sin första satellit under 2017 eller tidigare, medan orangea länder är de som tillkommit sedan 2018. Källa: FOI.

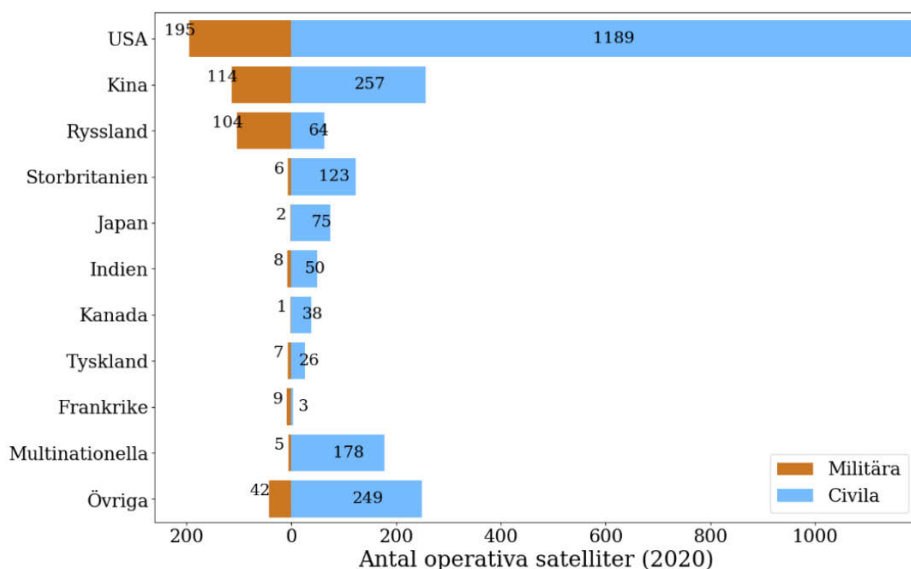
4.4 Antal satelliter per land

Att studera antal satelliter per land eller förändringen av antalet satelliter över tid kan ge en indikation på hur ett visst land investerar i rymdområdet. Precis som vid definitionen av nya rymdnationer i stycket ovan kan det emellertid i många fall vara svårt att avgöra vilket eller vilka länder som en viss satellit tillhör. I de fall då

⁷² *African Space Strategy for Social, Political and Economic Integration*. Addis Ababa: African Union Commission, 2019. <https://au.int/en/documents/20191007/african-space-strategy-towards-social-political-and-economic-integration> (uppslagsdatum 2020-11-17).

ett satellitprojekt bedöms utgöra ett samarbete mellan flera länder kan satelliten därför ha flera länder som ägare. Exempelvis anses 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.

Statistiken som presenteras i det här avsnittet ger en översiktlig bild av antalet satelliter per land trots vissa tveksamheter vad gäller informationen på individuell satellitnivå. Flera olika källor används, se *Bilaga B - Databaskällor* för att identifiera vilket land en satellit tillhör. Värdena bör därför användas med viss försiktighet, återigen är det trender och förhållandet mellan olika rymdaktörer som belyses.



Figur 9 Antal aktiva satelliter per land uppdelade på militära (oranger) och civila (blå) satelliter. Kategorin Övriga innehåller samtliga länder som inte presenteras separat.⁷³

Figur 9 visar en uppdelning av civila (blå) och militära (orange) satelliter för de nio största rymdaktörerna sett till antal operativa satelliter (vid tidpunkten 1:a augusti 2020). Det bör noteras att en klassning utifrån civila respektive militära satelliter kommer att vara subjektiv då satelliter i många fall har dubbla användningsområden, dvs. de kan användas både militärt och civilt. 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

⁷³ Källa: UCS, figuren visar hur det såg ut den 1 augusti 2020, se *Bilaga B - Databaskällor*.

militära segmentet och mellan antalet satelliter för respektive land. En satellit klassas här som militär om den kategoriseras som militär i databasen, även om den också används civilt.

Figuren visar att de tre stora rymdaktörerna: USA, Ryssland och Kina tillsammans äger ca 70 % av alla operativa satelliter. Beaktas endast militära satelliter blir dominansen än större då de tre stora aktörerna tillsammans nästan äger 85 % av alla operativa militära satelliter. Det blir också tydligt att det finns betydligt fler civila än militära satelliter, inte ens en femtedel av alla operativa satelliter är för militärt bruk.

Japan är en av de nationer som har relativt många operativa satelliter och deras rymdprogram har traditionellt sett endast varit civilt. Av de stora rymdnationerna är Japan det enda landet som tidigare inte uppgett sina satelliter som militära, numera har de uppgett att två satelliter är för militärt nyttjande.

Kategorin multinationella innehåller alla satelliter där organisationer innehållande flera länder uppges som ägare, exempelvis ESA, eller om det är internationella företag som exempelvis Eutelsat.

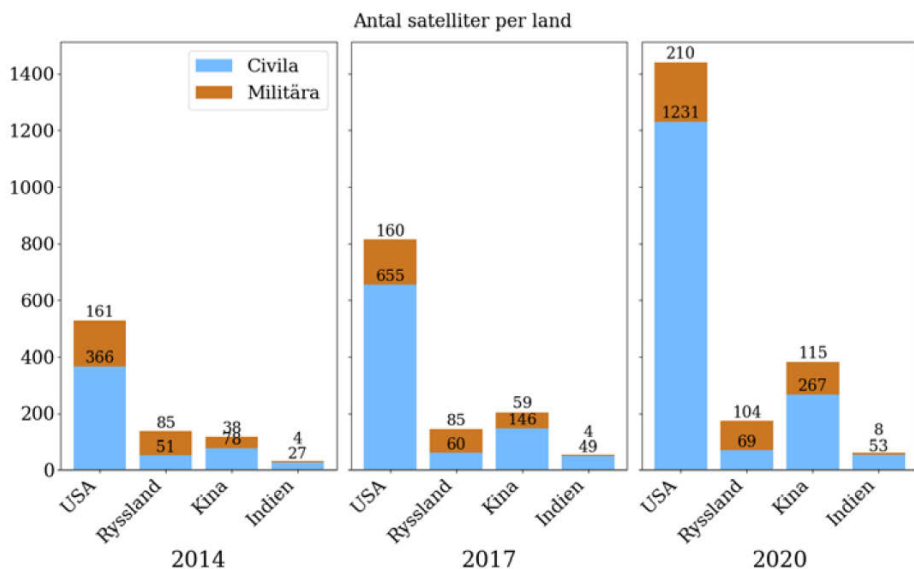
Kategorin övriga innehåller resterande länder med operativa satelliter i rymden. De flesta av dessa länder har bara en eller som mest ett par satelliter. Den militära delen i denna kategori domineras av Israel, Italien och Spanien. Colombia, Danmark, Luxemburg och Qatar skickade upp sina militära satelliter under 2018, Egypten under 2019 och Iran under 2020. Övriga skickade upp sina militära satelliter tidigare än 2018 och de är: Australien, Brasilien, Chile, Förenade Arab-emiraten, Mexiko, Sydafrika, Sydkorea och Turkiet.

4.5 De stora rymdnationerna

Figur 10 visar en jämförelse mellan antal satelliter för de största rymdnationerna USA, Ryssland, Kina och Indien, för åren 2014, 2017 och 2020. 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 under perioden. Denna utveckling konstaterades redan för tre år sedan och är nu ännu tydligare. På sex år har Kina mer än tredubblat sitt satellitinnehav. Viss försiktighet bör iakttas vid jämförelse av denna typ av data över tid då en del 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 Kinas och Rysslands rymdprogram i många avseenden betraktas vara i paritet med varandra och de båda länderna ses som de två näst största rymdaktörerna. Ryssland har ökat sitt innehav något under de senaste sex åren främst avseende militära satelliter. Ryssland har alltid haft fler militära satelliter än civila.

Även USA har nästan tredubblat sitt innehav av satelliter på sex år. Det är värt att notera att ökningen till största del har skett på den civila sidan, framförallt

kommersiellt. Företaget SpaceX står ensamt för en tredjedel av alla civila satelliter som har skjutits upp bara under 2020. För femton år sedan (2005) var förhållandet mellan civila och militära satelliter i USA 50/50, idag utgör de militära satelliterna endast 15 %.



Figur 10 Antal operativa satelliter för länderna USA, Ryssland, Kina och Indien uppdelat på åren: 2014, 2017 och 2020. Staplarna visar både antalet civila (blå) och militära (orange) satelliter.⁷⁴

Figur 10 inkluderar också Indien. Indiens rymdprogram har liksom det kinesiska utvecklats starkt under de senaste tio åren. Antalet satelliter har dubblats på sex år och Indien har på allvar stigit fram som en av världens mest framträdande rymdnationer.

4.6 Satelliter

Som konstaterades i inledningen av det här kapitlet fyller satelliter en rad olika funktioner och de kan därmed delas in i olika kategorier beroende på vilken uppgift de har. Exempelvis kan satelliter delas in i kommunikationssatelliter, jordobservationsatelliter (inom det militära ibland benämnt SÖR), forskningssatelliter, navigationssatelliter, osv.

⁷⁴ Siffrorna är tagna från UCS:s satellitdatabasfiler som publicerades: 2014-08-01, 2017-09-01 och 2020-08-01. Union of Concerned Scientists. *USC Satellite Database*. 2020-08-01. <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Det går också 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 tidigare är det snarare regel än undantag att satelliter används både för civila och militära syften. Det pratas 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.

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. Därför följer en kort introduktion till satellitbanor i nästa avsnitt.

4.6.1 Kort introduktion till satellitbanor

Satellitbanor delas traditionellt in i några olika typer beroende på höjden över marken, se Figur 11:

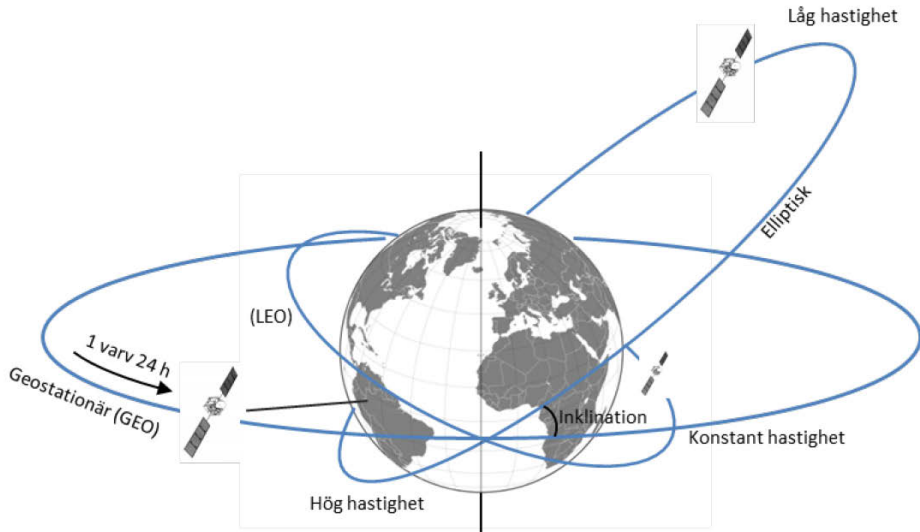
- LEO (*low earth orbit*) för satelliter på låga höjder (ca 200 – 2 000 km)
- MEO (*medium earth orbit*) för medelhöga höjder (ca 2 000 – 36 000 km)
- GEO (*geostationary orbit*) för den geostationära banan vid ca 36 000 km över ekvatorn
- HEO (*highly elliptical orbit*) extremt elliptiska banor som t.ex. Molnijabanan vars höjd över jordytan varierar mellan 500 km och 40 000 km.

Satelliternas hastighet relaterar till dess banhöjd och för varje banhöjd krävs det en minimumhastighet för att satelliten ska kunna upprätthålla sin omloppsbana. Allmänt gäller att vid *lägre* banhöjder har satelliter en *högre* hastighet. I LEO är omloppstiden typiskt mellan 90 och 120 minuter, medan en satellit i MEO kan ha en omloppstid på flera timmar.

Vid avståndet 35 786 km över jordens yta är hastigheten sådan att omloppstiden blir synkroniserad med jordens rotation, ca ett dygn. 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).

Att placera satelliter i GEO är speciellt fördelaktigt för kommunikations- och TV-satelliter eftersom det då är möjligt att 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 vilket medför

fördröjningar i kommunikationslänkarna och en lägre upplösning för jord-avbildande satelliter, vilket bland annat medför att det generellt sett inte är lämpligt att placera spaningssatelliter i GEO även om undantag finns främst när det gäller signalspaning och tidig förvarning.



Figur 11 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 sådan att ett varv runt jorden tar 24 timmar, dvs. satelliten kommer alltid befinna sig över samma plats på jordytan. Notera att avstånden i figuren inte är skalenliga.

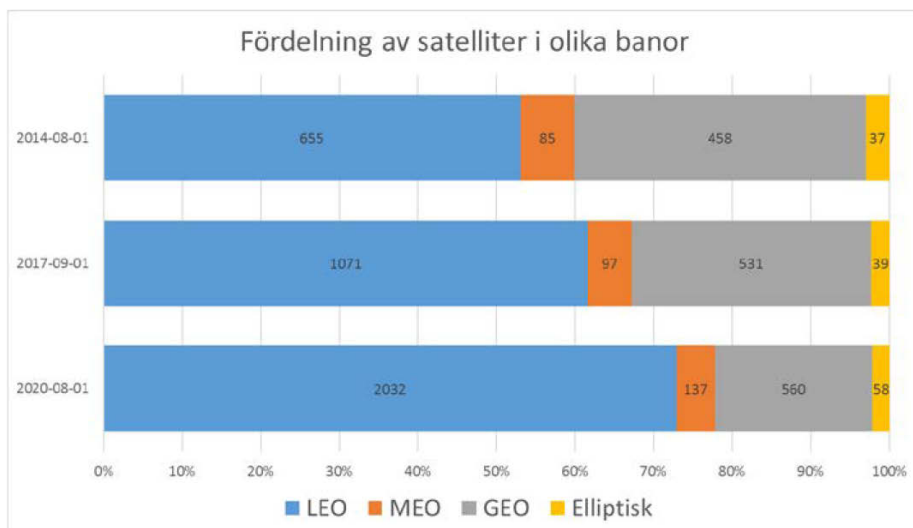
Det naturliga valet för jordobservationssatelliter är LEO, vilket även gäller för militära spaningssatelliter. Ju närmare jordytan satelliten befinner sig desto högre blir bildupplösningen. Nackdelen med spaningssatelliter i LEO är de extremt höga hastigheterna. En LEO-satellit i de lägsta banorna (250 - 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 satelliten flyttas upp i högre banor.

Navigationssatelliter, som GPS-systemet, är ett exempel på en kompromiss, dessa placeras istället i höga MEO. Signalstyrkan blir relativt låg pga. de långa avstånden (upp till ca 20 000 km), men med relativt få satelliter (ett 30-tal) fås global täckning med flera synliga satelliter åt gången från alla platser på jordytan.

Alla satellitbanor är inte cirkulära, dvs. har konstant höjd över jordytan. En satellitbana kan också vara elliptisk, se Figur 11. 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 mest tid 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 satellit uppför sig då nästan som en geostationär satellit, fast med täckning över högre latituder istället för över ekvatorn.

Figur 12 visar hur de operativa satelliterna i bana runt jorden är fördelade på de olika bantyperna samt hur fördelningen har förändrats mellan 2014, 2017 och 2020. Under 2014 befann sig ca 50 % procent av alla satelliter i LEO och ca 40 % i GEO och resterande 10 % antingen i MEO eller i elliptiska banor. I år (2020) har förhållandet ändrats till att 70 % av alla satelliter befinner sig i LEO och 20 % i GEO, resterande ca 10 % i MEO eller i elliptiska banor. Detta är till största del på grund av de nya stora konstellationerna som har skickats upp i LEO.



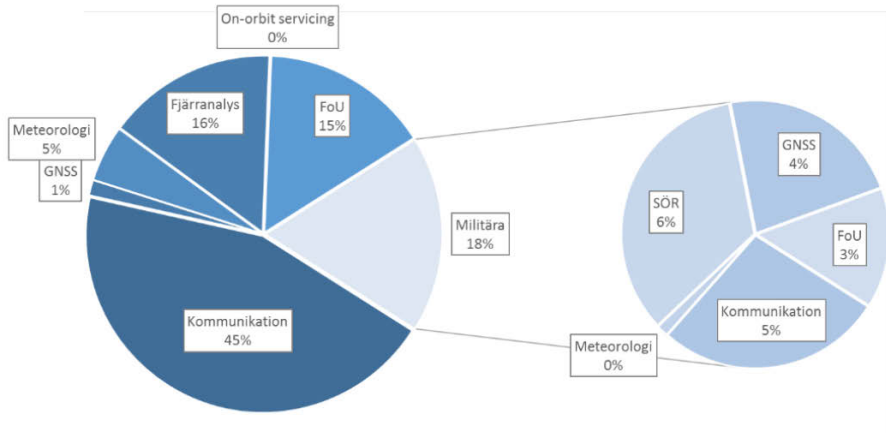
Figur 12 Fördelning av satelliter i olika banor: LEO, MEO, GEO och elliptiska för tre tidpunkter under 2014, 2017 och 2020.⁷⁵

4.6.2 Satellitkategorier

Figur 13 visar en uppdelning av alla aktiva satelliter i bana runt jorden baserat på om de är civila eller militära samt vilken kategori de tillhör. Det vänstra diagrammet visar uppdelningen mellan civila och militära satelliter, samt en nedbrytning av de civila satelliterna i olika huvudkategorier. Det högra diagrammet visar motsvarande nedbrytning för de militära satelliterna. Andelsmässigt är det inte stor skillnad i jämförelse med för tre år sedan, däremot har antalet satelliter ökat med ca 1000 st till totalt 2750 st (2017: 1737 st).

⁷⁵ Värden är tagna från UCS:s satellitdatabasfiler som publicerades: 2014-08-01, 2017-09-01 och 2020-08-01. Union of Concerned Scientists. *USC Satellite Database*. 2020-08-01.
<https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Typer av aktiva satelliter 2020



Figur 13 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. Alla procentsatser relaterar till det totala antalet aktiva satelliter (2750 st).⁷⁶

4.6.2.1 Civila satelliter

Det har tillkommit 885 civila satelliter sedan förra rapporten (2017: 1371 st). Den största kategorin bland de nu totalt 2256 civila satelliterna är kommunikations-satelliter (45 %), där antalet har dubblerats på de senaste tre åren. Den stora skillnaden vid jämförelse med tre år sedan är att det har tillkommit betydligt fler kommunikationssatelliter i låg bana. Kategorierna Fjärranalys och FoU (forskning och utveckling) utgörs av 16 % respektive 15 %. Kategorin Fjärranalys avser i huvudsak jordobservationssatelliter och de ligger för det mesta i låga banor, i denna kategori ingår även en SSA-satellit. I FoU ingår rena forskningssatelliter och även teknikdemonstratorer. Till skillnad från andra satellittyper ligger forskningssatelliter i alla olika typer av banor. Kategorin Meteorologi utgör 5 %.

Det är värt att notera att det på den civila sidan finns väldigt få satelliter i kategorin GNSS (*global navigation satellite systems*), endast en procent. Skälet till detta är att de flesta navigeringssystem är militära även om de givetvis används civilt. De som uppges som civila satellitnavigationssatelliter är europeiska Galileo, det indiska regionala systemet IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*) och det japanska regionala systemet QZS (*Quazi-Zenith Satellite System*). Galileo består numera av 22 satelliter och har en initial operativ förmåga. Enligt aktuell

⁷⁶ Källa: En kombination av UCS satellitdatabas från 2020-08-01 och CSpOC, se *Bilaga B - Databaskällor*.

plan beräknas konstellationen vara fullt operativ under 2023. Det finns även en satellit för *on-orbit servicing*.

Det som inte framgår tydligt av Figur 13 är att antalet operativa satelliter som kategoriseras som kommersiella idag är något fler än antalet statligt ägda satelliter. Det är även denna kategori av satelliter som snabbast ökar i antal och som drastiskt kommer att öka i och med planerna på stora kommersiella konstellationer.

4.6.2.2 Militära satelliter

De militära satelliterna utgör nästan en femtedel (18 %) av alla operativa satelliter, vilket motsvarar 494 stycken. Det har tillkommit 128 militära satelliter sen förra rapporten (2017: 366 st). På den militära sidan är SÖR (spaning och övervakning från rymden) och Kommunikation de två största kategorierna med 168 respektive 136 satelliter. Som påpekats ovan bör dessa värden tolkas försiktigt eftersom satelliter kan nyttjas både av civila och militära användare. Exempelvis köps kommersiella tjänster även för att nyttjas militärt.

På samma sätt som för de civila satelliterna ligger den övervägande delen av de militära kommunikationssatelliterna i GEO, det finns även system i LEO och HEO. Ryssland har traditionellt nyttjat Molnija-banor för militära signalspanings- och kommunikationssatelliter. Ett exempel är *Meridian*-systemet, som är ett ryskt militärt kommunikationssystem.

I kategorin SÖR ingår alla bildalstrande optiska och radarbaserade spanings-satelliter, signalspaningssatelliter och sju SSA-satelliter. Som konstaterades ovan ligger de bildalstrande spaningssatelliterna typiskt i låga LEO-banor medan signal-spaningssatelliter 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, oftast är det oklart om ett system används primärt av militära eller civila användare.

Nästa kategori bland de militära satelliterna är GNSS som utgörs av 111 satelliter vilket inkluderar de tre dominerande navigeringssystemen: amerikanska GPS, ryska GLONASS och kinesiska BeiDou (även känt som Compass). GPS- och GLONASS-konstellationerna är placerade i MEO-banor på en banhöjd om ca 20 000 km medan BeiDou har komponenter i både MEO och GEO.

Kategorin FoU utgörs av 72 militära satelliter, majoriteten är teknikdemonstratorer uppskjutna av USA. Här bör det noteras att Kina har 40 st så kallade teknikdemonstratorer som de uppger som civilt statliga, de redovisas alltså inte som militära utan som en del av de civila FoU-satelliterna. Den sista militära kategorin Meteorologi består av sju satelliter.

4.7 Sammanfattning

Utvecklingen inom rymdområdet går snabbt och det finns i dag få samhällssektorer som inte är beroende av rymdinfrastruktur och tillhörande tjänster. Några av alla tillämpningar är kommunikation⁷⁷, PNT (position, navigation och tidssynkronisering)⁷⁸, jordobservation⁷⁹ och forskning. Över hela världen bidrar rymdbaserad teknologi till ekonomisk, social och kulturell utveckling. Fler länder blir beroende av rymden, såväl för samhällsutveckling som för modern försvarsförmåga och nationell säkerhet. Trenden är att rymdområdet även växer i betydelse, såväl ekonomiskt som tjänstemässigt och som säkerhetspolitisk domän.

Antalet raketuppskjutningar per år har dubblerats på de senaste 15 åren och är idag lika många som under kalla kriget. Idag är det flera länder, utöver USA och Ryssland, som har kapacitet att skjuta upp satelliter, framförallt bidrar Kina till antalet. Flera länder har bäraketprogram under utveckling men det är inte längre endast stater som skjuter upp satelliter utan numera genomförs en stor del av uppskjutningarna av kommersiella aktörer. Flera kommersiella aktörer håller på att utveckla bäraketer, framförallt små bäraketer för små satelliter. Marknaden håller på att förändras från ett monopol hos ett fåtal statliga bäraketprogram till allt ifrån att företag etablerar sig i andra länder och skjuter upp från arrenderad mark (exempelvis som Rocket Lab) och till att kommersiella aktörer köper in bäraketer utvecklade i andra länder för att skjuta upp från eget territorium (som SSC från Esrange). Allt detta bidrar till att kostnaderna för satellituppskjutningar sjunker.

På senare år har trenden visat att andelen små satelliter ökar och att andelen stora satelliter minskar. Den trenden kommer att brytas enkom på grund av uppskjutningarna som SpaceX kommer att genomföra i närtid. Totala antalet satelliter som skjuts upp varje år ökar. Idag har det snart skjutits upp totalt 10 000 satelliter räknat från första satelliten 1957. En tredjedel av dessa är idag aktiva, en tredjedel är inaktiva och ligger kvar i bana runt jorden, det vill säga utgör rymdskrot, och en tredjedel har brunnit upp i atmosfären eller har fallit ner. Det är betydligt fler satelliter som skickas upp än som brinner upp eller faller ner, vilket bidrar negativt till rymdskrotsproblematiken. Sett till det totala antalet satelliter, 10 000 st, är det svårt att förstå konsekvenserna av de stora konstellationer som planeras framöver. Exempelvis planerar SpaceX att skicka upp 30 000 satelliter.

⁷⁷ *Alltid uppkopplad – satellitkommunikation gör det möjligt*. Rymdstyrelsen, 2016.
<https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/publikationer/alltid-uppkopplad/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

⁷⁸ *Navigera i vardagen – satelliterna visar vägen i samhället*. Rymdstyrelsen, 2015.
<https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/publikationer/navigera-i-vardagen/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

⁷⁹ *Med blicken mot jorden – satellitbilder för samhällsnytta och forskning*. Rymdstyrelsen, 2013.
<https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/publikationer/med-blicken-mot-jorden/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Antalet rymdnationer ökar med mer än ett land per år, idag har runt 81 länder haft sin första satellit i rymden. Det är relativt lätt att införskaffa en satellit idag antingen genom att köpa en färdig satellit eller genom att bygga upp en nationell kapacitet med hjälp av andra länder. Nya länder skickar oftast upp en liten satellit som första satellit. Även om flera länder har satelliter är fördelningen bland länderna fortfarande relativt ojämn. USA, Ryssland och Kina äger tillsammans 70 % av alla operativa satelliter. USA dominerar vad gäller antalet operativa satelliter medan Ryssland och Kina numera är jämförbara.

Av alla operativa satelliter uppges endast en femtedel användas för militärt bruk. Runt 25 länder har militära satelliter men USA, Ryssland och Kina äger tillsammans 85 % av alla operativa militära satelliter.

Precis som med uppskjutningar har andelen satelliter som ägs av kommersiella aktörer ökat drastiskt på senare tid. Det är inte längre stater som äger större delen av de operativa satelliterna. Numera utgör kommersiella aktörer en större andel. Företaget SpaceX har idag fler operativa satelliter än vad staten USA har.

5 Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna

Detta kapitel beskriver utvecklingen hos de största rymdaktörerna: USA, Kina, Ryssland och Indien. Även utvecklingen inom EU tas upp ur försvars- och säkerhetsperspektivet. De olika avsnitten är baserade på tidigare publikationer, främst mellan 2018-2020, samt innehåller även nyheter.

5.1 USA

Sedan Trump tillträdde som president i USA januari 2017 har det tagits ett flertal stora försvars- och säkerhetsrelaterade policybeslut kring rymdområdet. Redan i juli 2017 återinförde president Trump det nationella rymdrådet (*National Space Council*) med representation på ministernivå från samtliga större departement under ledning av vicepresident Mike Pence. I samarbete med det nationella rymdrådet har sedan Vita huset utfärdat ett antal rymddirektiv⁸⁰, SPD (*space policy directives*), på endast fyra år. Här följer en översikt:

- Rymddirektiv 1: Utökning av det bemannade rymdprogrammet (december 2017)
- Rymddirektiv 2: Förenklade regelverk för kommersiellt utnyttjande av rymden (maj 2018)
- Rymddirektiv 3: Nationell policy för trafikledning i rymden (juni 2018)
- Rymddirektiv 4: Etablerandet av rymdstyrkan (*Space Force*) som en egen vapengren (december 2019)
- Rymddirektiv 5: Principer för rymdsystems cybersäkerhet (september 2020)

Vidare utfärdade Vita huset i samarbete med nationella säkerhetsrådet (*National Security Council*) under 2018 en ny nationell rymdstrategi⁸¹ (*National Space Strategy*) som täcker in militär, civil och kommersiell rymdverksamhet. Den tidigare rymdstrategin från 2011 (som togs fram under president Obama) berörde endast militär rymdverksamhet. Den nya strategin har inte gjorts offentlig i sin helhet.

⁸⁰ Office of Space Commerce. *National Space Council Directives*.
<https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-council-directives/>
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸¹ WhiteHouse.gov. *President Donald J. Trump is Unveiling an America First National Space Strategy*.
<https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-unveiling-america-first-national-space-strategy/>
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

Rymddirektiven klassas formellt som *presidential memoranda* och anger ambition och inriktning inom vissa specifika sektorer eller områden. Direktiven berör ofta detaljer inom ett stort antal olika områden, på en övergripande nivå kan de beskrivas enligt nedan.

Rymddirektiv 1 ger NASA uppdraget att, tillsammans med partners från privata sektorn, åter sätta människor på månen och senare skicka bemannade rymdfärder till planeten Mars. Som ett första steg ska människor skickas bortom LEO-bana, dvs. längre ut än låg jordbana.

Rymddirektiv 2 ger departement och myndigheter uppdraget att gå igenom det existerande regelverket för kommersiell rymdverksamhet för att effektivisera och ensa detta.

Rymddirektiv 3 berör trafikledning i rymden, STM (*space traffic management*), främst kopplat till regelverk för rymdfart och till övervakning i form av en gemensam rymdlägesbild. Förutom det övergripande syftet att öka den operativa säkerheten fungerar STM även som förtroendeskapande åtgärd och har därmed en tydlig säkerhetspolitisk dimension.⁸² Ett förslag i direktivet är även att ansvaret för de civila delarna av rymdlägesbild flyttas från försvarsdepartementet till handelsdepartementet, i syfte att få en tydligare uppdelning mellan den öppna och internationellt viktiga rymdlägesbildsverksamheten (som i praktiken stödjer den övervägande delen av världens satellitoperatörer) och den nationella militära delen av rymdlägesbildsverksamheten.

Rymddirektiv 4 etablerar den amerikanska rymdstyrkan (*Space Force*) som en egen vapengren, den sjätte vapengrenen inom USA:s väpnade styrkor jämte armén, flygvapnet, flottan, marinkåren och kustbevakningen. Militär rymdverksamhet har haft sin främsta organisatoriska hemvist hos flygvapnet, stegvis ska över 16 000 personer flytta över till den nya vapengrenen. Ett av målen med införandet av rymdstyrkan är att få en mer samordnad styrning av USA:s militära rymdresurser och säkerställa USA:s obehindrade utnyttjande av sina rymdbaserade resurser. Rymdstyrkorna kommer initialt ta över flygvapnets rymdaktiviteter men det är fortfarande en öppen fråga om de rymdprogram som drivs inom armén och flottan kommer lyftas in under rymdstyrkan. Organisatoriskt kommer rymdstyrkan framöver delas upp i tre kommandon:

- SpOC (Space Operations Command) med ansvar för viss utbildning samt uppskjutning och drift av satelliter.
- SSC (Space Systems Command) med ansvar för utveckling, upphandling, införande och vidmakthållande av rymdsystem.

⁸² J. Rydqvist, S. Lindström, D. Faria. *Amerikansk rymdpolicy under Trump*. Stockholm: FOI, 2018. FOI Memo 6545.

- STAR (Space Training and Readiness Command) med ansvar för rekrytering och grundutbildning.

Med det ökande rymdfokuset återinförs även USSPACECOM (United States Space Command) för ledning av militära rymdoperationer. Denna funktion har i närmare två decennier legat som en del inom USSTRATCOM (United States Strategic Command).

Rymddirektiv 5 sätter upp principer för cybersäkerhet och föreskriver dessa principers användning för amerikansk statlig (civil), militär och kommersiell rymdverksamhet. Till stor del är detta grundat i liknande säkerhetsprinciper för jordbundna system, och med ett antal rymdspecifika tillägg. Principerna täcker marksegment, användarsegment och rymdsegment samt alla stadier från design till operativ drift. Ett syfte med direktivet är att öka medvetenheten om intrång och industrispionage riktat mot amerikansk rymdindustri. Direktivet lyfter även behovet av att minska beroendet av utländska leverantörer och att i de fall där det inte är möjligt se till att de utländska leverantörerna uppfyller uppställda säkerhetskrav.

Etablerandet av rymdstyrkan har även föranlett militära policyförändringar. I juni 2020 antogs två viktiga styrande dokument: Rymdstyrkans första doktrin, *Spacepower*⁸³, och försvarsdepartementets nya militära rymdstrategi, *Defence Space Strategy*⁸⁴. Rymdområdet har omnämnts i doktriner hos de olika vapengrenarna tidigare, men dels utformades dessa innan rymden officiellt började betraktas som en arena för krigföring, dels tog de av naturliga skäl inte det helhetsgrepp som rymdstyrkan nu haft möjlighet och mandat att genomföra. Försvarsdepartementets militära rymdstrategi som ger området en inriktning för de närmaste tio åren är hemlig, men en öppen sammanfattning har publicerats. Strategin ska uttryckligen:

”möta den nya verkligheten att motståndare har flera avancerade vapen skapade för att kunna användas mot USA:s militära satelliter och förneka USA en militär nyckelförmåga”⁸⁵.

En annan viktig punkt som nämns i sammanfattningen är att USA ska arbeta för internationella uppförandekoder i rymden.

USA:s militära rymdprogram har sedan en tid tillbaka gått från att nästan uteslutande vara en statlig angelägenhet med ett fåtal stora leverantörer, till att i

⁸³ United States Space Force. *Space Capstone Publication Spacepower Doctrine for Space Forces*. Headquarters United States Space Force, juni 2020.
https://www.spaceforce.mil/Portals/1/Space%20Capstone%20Publication_10%20Aug%202020.pdf
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸⁴ Department of Defense. *Defence Space Strategy Summary*. DoD, juni 2020.
https://media.defense.gov/2020/Jun/17/2002317391/-1/-1/1/2020_DEFENSE_SPACE_STRATEGY_SUMMARY.PDF (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸⁵ Ibid. Författarnas översättning.

ökande utsträckning även nyttja både små och stora kommersiella rymdföretag. Försvarsdepartementet bedömer i sin rymdstrategi att USA måste fortsätta på den inslagna vägen och öka sin innovationshastighet för att inte halka efter i den tekniska rymdkapprustningen, där motståndarna utökar sina militära rymdförmågor genom att vara snabba på att anamma kommersiell rymdteknik. Den tekniska rymdkapprustningen betonas även i Vita husets nyligen antagna nationella strategi för kritisk och ny teknik, *National Strategy for Critical and Emerging Technologies*⁸⁶, som anger rymdteknik som ett av tjugo tekniska nyckelområden för hela statsapparaten.

Både den militära rymdstrategin och strategin för kritisk och ny teknik pekar explicit ut Kina och Ryssland som de största hoten mot USA:s dominans. På en teknisk nivå anser USA att dessa länder orättmätigt försöker tillskansa sig strategiskt viktigt tekniskt kunnande. På en strategisk och operativ nivå utökar båda länderna sin förmåga till att förneka USA tillgång till rymdbaserade resurser. För att möta detta hot kommer rymdstyrkan ta in över 1 000 cybersoldater som ska säkra upp amerikanska rymdsystem och samtidigt utveckla nya system för att tillfälligt kunna störa ut satelliters kommunikationslänkar i de inledande skedena av en konflikt.⁸⁷

Det bör noteras att i USA:s nationella säkerhetsstrategi⁸⁸ från 2018 påpekas att hot mot lednings- och underrättelseförmågan, ett vitalt intresse för USA som utgör en del av den strategiska kärnvapenförmågan och som är beroende av rymdresurser, skulle tolkas som så allvarligt att signifikanta motåtgärder i så fall skulle komma ifråga, även om dessa hot skulle vara icke-nukleära. Ett angrepp på dessa system, med vilka medel det än må vara, skulle innebära en avsevärd upptrappning av konfliktnivån med åtföljande motåtgärder.

Det nationella rymdrådet har under 2020 arbetat med en revidering av den nationella rymdpolicyn (*National Space Policy*) som lanserades av president Obama 2010. Under färdigställandet av denna rapport publicerades den nya rymdpolicyn.⁸⁹ Notabelt är att USA i detta arbete har konsulterat internationella parter, även Sverige, vilket tros vara första gången så sker och avspeglar att USA inser

⁸⁶ *National Strategy for Critical and Emerging Technologies*. Washington: Vita huset, oktober 2020. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/10/National-Strategy-for-CET.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸⁷ Capaccio, Anthony. Bloomberg. Politics. *U.S. Builds Ground-Based Arsenal to Jam Russia, China Satellites*. 2020-04-17. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-17/u-s-space-force-is-arming-to-jam-russian-and-chinese-satellites> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸⁸ *National Security Strategy of the United States of America*. Washington: Vita huset, December 2017. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁸⁹ Whitehouse.gov. *Statement from the President on the National Space Policy*. 2020-12-09. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/statement-president-national-space-policy/> (uppslagsdatum 2020-12-11).

värdet av internationell samverkan inom rymdområdet trots deras dominans som rymdaktör.

På senare år har USA skrivit bilaterala avtal med flera länder, framförallt inom rymdlägesbildsområdet. De senaste ansträngningarna har varit Artemis-avtalen⁹⁰, vilka utgör ett villkor för att kunna samarbeta med NASA inom ramen för deras fortsatta utforskning av månen, Mars, kometer och asteroider. Frågan är nu om tyngdpunkten i den amerikanska rymdpolitiken fortsatt kommer ligga på bilaterala diskussioner eller om USA kommer lägga lika stor vikt i multilaterala forum som exempelvis inom FN.

Sammanfattningsvis har det skett en hel del i amerikansk rymdpolitik på relativt kort tid. Det har varit ett uppvaknande kring Kinas etablering som en av världens största rymdaktörer. Inriktningen på senare år tycks ha gått ut på att kraftsamla för att bibehålla sin position som ledande rymdnation och för att inte bli omsprungna. Det är sannolikt att Bidenadministrationen kommer fortsätta en offensiv rymdpolitik, även om formerna skulle kunna se lite annorlunda ut.

5.2 Ryssland

Ryssland är fortfarande en världsledande rymdnation, men de tappar mark jämfört med USA och Kina. Sett till antalet operativa satelliter i bana runt jorden är det numera Kina, inte Ryssland, som är världens andra största rymdnation efter USA. Under 2000-talet har Ryssland genomfört en nysatsning på sin rymdverksamhet och både utökat och moderniserat sin militära och civila satellitflotta. I FOI:s senaste omvärldsanalysrapport från 2017⁹¹ presenterades en särskild redovisning av nuvarande och framtida utmaningar för Rysslands rymdprogram. I detta kapitel följer därför en sammanfattning av utvecklingen sedan dess. För närmare information kring antalet militära och civila satelliter som Ryssland har skjutit upp de senaste tre åren hänvisas till kapitlet *En statistisk sammanfattning av satelliter och satellituppskjutningar*.

Ryssland lider alltjämt av kvalitetsproblem⁹² inom de nationella industriprogrammen som försenat planerade satellituppskjutningar. Sanktionerna som infördes efter Rysslands annektering av Krim 2014 har inneburit ytterligare förseningar. Framförallt handlar det om brister inom området avancerad och rymdhärdad elektronik, komponenter som tidigare importerats från USA och Europa. Förutom ett flertal nya satelliter har Ryssland de senaste åren annonserat nya

⁹⁰ Hallgren, K., Sundberg, T. *Artemisavtalen och dess påverkan på internationella rymdsamarbeten*. Stockholm: FOI, 2020-11-04. FOI-Memo 7323.

⁹¹ Lindström, S. (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

⁹² SPUTNIK. 3 Proton-M Rockets Sent Back to Manufacturer Over Quality Control Issues – *Space Industry Source*. 2020-04-10, <https://sptnkne.ws/BZnC> (uppslagsdatum 2020-11-17).

satsningar på sitt bäraketprogram och återupptagande av bygget av Vostotjnyj-kosmodromen. Vostotjnyj är en ny uppskjutningsplats på rysk mark och är tänkt att frigöra Ryssland från kontraktet med Kazakstan om nyttjandet av uppskjutningsplatsen Bajkonur. Satsningarna innebär troligtvis att den nationella produktionen av elektronikkomponenter nu har börjat fungera, alternativt har de fått möjlighet att importera komponenterna från andra länder.^{93, 94}

Ryssland och Kina har påbörjat vissa samarbeten inom rymdområdet men det finns fortfarande en misstro mellan länderna vilket troligen dämpar möjligheterna till djupare samarbete. Noterbart är ett samarbete avseende system för tidig förvarning av interkontinentala ballistiska missiler, ett samarbete som ska omfatta både mark- och rymdbaserade komponenter.⁹⁵ Idag är det endast USA och Ryssland som har rymdbaserade system för tidig förvarning så detta skulle öka Kinas försvarsmöjligheter betydligt. På grund av USA:s hårda utrikespolitik mot både Ryssland och Kina kan det innebära ytterligare stärkt samarbete länderna emellan.⁹⁶

Ryssland har också en lång historia av att stötta Indiens rymdprogram inom flera strategiska områden. Historiskt har det handlat om bäraketer, navigering och vetenskap.⁹⁷ Idag är det framförallt inom bemannad rymdfart som Indien får ta del av rysk teknik och indiska astronauter ges möjlighet att träna i Ryssland.⁹⁸

5.2.1 Policy och långsiktig strategi

Ryssland anser att rymden är ett strategiskt viktigt område för såväl försvar och nationell säkerhet som för ekonomi och industri.⁹⁹ Enligt Putin visar erfarenheter från kriget i Syrien på stor nytta av rymdsystem och att tillgången till olika

⁹³ Luzin, Pavel. DefenseNews. *Russia is behind in military space capabilities, but that only drives its appetite*. 2020-04-02, <https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2020/04/02/russia-is-behind-in-military-space-capabilities-but-that-only-drives-its-appetite/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁴ Weeden, B. och Samson, V. *Global Counterspace Capabilities: An open source assessment*. Secure World Foundation, 2020. <https://swfound.org/counterspace/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁵ Rajagopalan, R.P. The Diplomat. *Russia-China Strategic Alliance Gets a New Boost with Missile Early Warning System*. 2019-10-25, <https://thediplomat.com/2019/10/russia-china-strategic-alliance-gets-a-new-boost-with-missile-early-warning-system/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁶ Gorenburg, D. Russian Military Reform. *An Emerging Strategic Partnership: Trends in Russia-China Military Cooperation*. 2020-04-29, <https://russiamil.wordpress.com/2020/04/29/an-emerging-strategic-partnership-trends-in-russia-china-military-cooperation/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁷ Mathieu, C. *Assessing Russia's space cooperation with China and India Opportunities and Challenges for Europe*. Wien: ESPI, juni 2008. Report 12. <https://www.files.ethz.ch/isn/124767/espi%20final%20report%20ric.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁸ Manifest IAS. *Indo-Russian Space Cooperation*. <https://www.manifestias.com/2019/09/05/indo-russian-space-cooperation/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

⁹⁹ Gorki. TASS. *Regaining leadership in space is matter of prestige and security for Russia, PM says*. 2019-06-13. <https://tass.com/politics/1063622> (uppslagsdatum 2020-11-17).

rymdförmågor måste säkras med utveckling och samarbete mellan rymdbranschen och de väpnade styrkorna.¹⁰⁰ Deras civila och militära rymdprogram är sedan tidigare hårt sammanknutna. Den 23 mars 2016, antogs det federala rymdprogrammet för 2016-2025 (FKP-25). Programmet är en långsiktig strategi med indikationer på ekonomiska satsningar. Den faktiska budgeten beslutas årligen av Kreml för tre år i taget och justeras utifrån den ryska ekonomins faktiska utfall. Med de historiskt låga oljepriserna våren 2020 och därmed sänkta inkomster från oljeindustrin kan inte den planerade budgeten för rymdområdet upprätthållas. Den ursprungliga budgeten för FKP-25 har redan sänkts med nästan 10 % och fler nedskärningar förväntas till en följd av covid-19.¹⁰¹ Budgetproblemen försvåras av att hela ryska rymdbranschen och Roskosmos dras med stora korruptionsproblem med följden att flera projekt försenas och fördröjas kraftigt.^{102, 103}

Det är svårt att bedöma den militära rymdbudgeten då dessa uppgifter inte är offentliga, enligt bedömningar från forskare på Foreign Policy Research Institute kan det röra sig om en miljard USD.¹⁰⁴

Ryssland hävdar att USA:s nya rymdstyrka är en tydlig indikation på Trump-administrationens vilja att ytterligare militarisera rymden och en eskalation av ett redan spänt läge.¹⁰⁵ Enligt den ryska generalstabschefen och biträdande försvarsminister, Valery Gerasimov, tvingar detta Ryssland att öka satsningarna på rymdområdet och att utarbeta nya asymmetriska metoder för att hantera hotet.¹⁰⁶ Ryssland har tillsammans med Kina lagt fram förslag i FN om avtal för att förbjuda vapen i rymden. I ljuset av både de ryska och kinesiska testerna av ASAT-vapen har dessa avtalsförslag snarare setts som försök att balansera USA:s maktposition

¹⁰⁰ Redstar. *В небе и космосе мы способны на большее*. 2019-05-17. <http://redstar.ru/v-nebe-i-kosmose-my-sposobny-na-bolshee/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰¹ TASS. *Federal space program cut by 150 billion rubles until 2025*. 2020-08-25. <https://tass.ru/kosmos/9280803> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰² Nur-Sultan. TASS. *Corrupt officials removed from Vostochny spaceport construction*. 2019-11-12. <https://tass.com/science/1088232> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰³ The Moscow Times. *'No End in Sight' to Fraud in Russia's Space Agency, Top Investigator Says*. 2019-05-17. <https://www.themoscowtimes.com/2019/05/17/no-end-in-sight-russias-space-agency-top-investigator-says-a65618> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰⁴ Luzin, Pavel. DefenseNews. *Russia is behind in military space capabilities, but that only drives its appetite*. 2020-04-02. <https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2020/04/02/russia-is-behind-in-military-space-capabilities-but-that-only-drives-its-appetite/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰⁵ Ryssland har haft en liknande organisation sedan 1992: Ministry of Defence of the Russian Federation Space Forces. *Aerospace Defence Forces*. <https://eng.mil.ru/en/structure/forces/cosmic.htm> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰⁶ TASS. *US creating pretexts for militarization of space — Russian General Staff*. 2019-03-03. <https://tass.com/defense/1047214> (uppslagsdatum 2020-11-17).

än seriösa initiativ till att undvika en militär kapprustning i rymden och därmed aldrig fått acceptans av väst.

5.2.2 Arbete med uppskjutningsplatser

Ryssland har tillgång till två nationella uppskjutningsplatser, Plesetsk och Vostotjnyj och i december 2019 förlängdes avtalet med Kazakstan om fortsatt nyttjande av Bajkonur till år 2050. Sedan 2019 skjuts alla militära satelliter upp från Plesetsk-basen i nordvästra Ryssland. Ursprungligen var det tänkt att den nya kosmodromen Vostotjnyj skulle ersätta Bajkonur som uppskjutningsplats för det bemannade rymdprogrammet. Bygget har kantats av problem och förseningar samt överskridit budget vid ett flertal tillfällen sedan starten. I slutet av 2019 offentliggjordes en utredning om korruptionen vid bygget och ett stort antal personer har dömts för förskingring.^{107, 108}

Uppskjutningsrampen för bärraketten Sojuz-2 har däremot färdigställts och är operativ sedan 2016. Fram till och med mars 2020 hade endast fem uppskjutningar genomförts härifrån. Även Angara-programmet (se mer om detta nedan) ska ha en egen uppskjutningsplats vid Vostotjnyj. Arbetet med denna ramp har försenats och återupptogs under 2019. Nuvarande plan gör gällande att första uppskjutningen ska ske år 2023, vilket är en försening med tre år i jämförelse med vad som angavs 2017.^{109, 110}

5.2.3 Arbete med det ryska bärraketprogrammet

Angara-programmet är ett större program som idag omfattar två olika bärraketer, Angara-1.2 och Angara-A5.¹¹¹ Programmet är signifikant eftersom det är de första bärraketerna som utvecklats helt i Ryssland, tidigare bärraketer är modifierade varianter som ursprungligen utvecklades i Sovjetunionen. Angara-A5 är tänkt ta över efter Proton från och med år 2025 och testsköts för första gången i december

¹⁰⁷ Bodner, Matthew. SpaceNews. *The long road to Vostochny: Inside Russia's newest launch facility*. 2019-01-30. <https://spacenews.com/the-long-road-to-vostochny-inside-russias-newest-launch-facility/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰⁸ Roache, Madeline. Time. *Putin's Vostochny Project Meant to Reestablish Russia as a Space Superpower. Now It's Plagued by Corruption*. 2019-11-19. <https://time.com/5732370/putin-vostochny-space-center-theft/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁰⁹ RussianSpaceWeb. *Work on foundation of Angara pad in Vostochny*. 2020-05-13. <http://www.russianspaceweb.com/vostochny-angara-2019.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁰ Sandra Lindström (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

¹¹¹ ILS. *Khrunichev holds meeting to discuss Angara progress*. 2019-02-28. <https://www.ilslaunch.com/khrunichev-holds-meeting-to-discuss-angara-progress/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

2014.¹¹² Nästa testuppskjutning var planerad till december 2019 men har blivit försenad och planeras ske under hösten 2020 från Vostotjnyj med ytterligare tre uppskjutningar från Plesetsk under 2021.^{113, 114}

I januari 2018 undertecknade Putin ett beslut om att starta utvecklingen av en *super heavy*¹¹⁵ bärraket kallad Jenisej. Arbetet fortskrider och i mars 2020 meddelades det att tillverkningen av delar till programmet har påbörjats.^{116, 117} Denna bärraket motsvaras i USA av NASA:s *Space Launch System* och SpaceX *Falcon Heavy*.

Ryssland utvecklar också bärraketer som går att återanvända. I oktober 2020 presenterades en konceptuell design av Amur-SPG. Enligt ett kontrakt mellan Roskosmos och Progress ska tester av den nya metandrivna raketmotorn ske år 2024 och den första uppskjutningen är planerad till år 2026.¹¹⁸

5.2.4 Militärt agerande i och mot rymden

Militärt sett har Ryssland agerat offensivt i och mot rymden de senaste åren. Det finns flera indikationer på operativt nyttjande av olika typer av offensiva rymdförmågor, bland annat under kriget i Ukraina.¹¹⁹ Det handlar framförallt om förmågor för att förneka motståndarens nyttjande av rymdbaserade tjänster, exempelvis genom störning av GPS och satellitkommunikation.

Det finns också indikationer på att det pågår utveckling av flera olika typer av ASAT-vapen, kinetiska såväl som icke-kinetiska.¹²⁰ Ryssland har minst ett pro-

¹¹² Graham, William. NASA Spaceflight.com. *Russia's Angara 5 debuts with maiden launch*. 2014-12-22. <https://www.nasaspaceflight.com/2014/12/russias-angara-5-maiden-voyage/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹³ TASS. *New test-launch of Angara-A5 carrier rocket planned for 2nd-3rd quarter of this year*. 2020-02-12. <https://tass.com/defense/1119257> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁴ TASS. *Russia's space agency may launch three Angara carrier rockets next year*. 2020-08-25. <https://tass.com/science/1193543> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁵ *Super heavy* är inte ett väldefinierat begrepp. I USA menas bärraketer med förmåga att lyfta minst 50 ton. Bedömningarna av Jenisejs lyftkapacitet skiftar mellan 35 och 80 ton.

¹¹⁶ Russian Aviation. *Roscosmos starts manufacturing components of super-heavy Yenisei rocket*. 2020-03-19. <https://www.ruaviation.com/news/2020/3/19/14849/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁷ *Russia starts adapting RD-180 engine used in US for super-heavy Yenisei Rocket*, 2020-04-22. https://www.spacedaily.com/reports/Russia_starts_adapting_RD_180_engine_used_in_US_for_super_heavy_Yenisei_Rocket_999.html (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁸ SpaceDaily. *Russia to launch first reusable rocket with payload in 2026*. 2020-10-05. <https://tass.com/science/1208675> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹¹⁹ Weeden, B. och Samson, V. *Global Counterspace Capabilities: An open source assessment*. Secure World Foundation, 2020. <https://swfound.org/counterspace/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²⁰ Harrison, T. et.al. *Space Threat Assessment 2020*. Washington: Center for Strategic and International Studies (CSIS), mars 2020. <https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2020> (uppslagsdatum 2020-11-17).

gram för direkt kinetisk ASAT-förmåga, Nudol, som testats vid ett flertal tillfällen, senast i april 2020. Enligt US Space Command genomfördes även ett ryskt ASAT-test i juli 2020 då ett objekt med hög hastighet lämnade en rysk satellit (på engelska kallat *co-orbital* ASAT).¹²¹ Inget av de ryska ASAT-testen har varit destruktiva. Om testen var avsedda att träffa ett mål men misslyckades är svårt att uttala sig om. Utöver dessa kinetiska test finns det indikationer på att ett system med förmåga att blanda satelliter är operativt.¹²²

Den ryska satelliten Luch/Olymp har manövrerat fram till och troligtvis genomfört inspektioner av andra länders satelliter i geostationär bana. Utöver detta har Ryssland också börjat agera offensivt i låga jordbanor. Under 2018 och 2019 har Ryssland skjutit upp ett flertal mindre satelliter och genomfört olika typer av precisionsmanövrar med dessa.¹²³ Ett exempel är den ryska satelliten Kosmos-2542 som kort efter utplacering i bana började manövrera närmre och följa en hemlig amerikansk spanings satellit.¹²⁴ Det är oklart om dessa satelliter enbart är till för inspektion av andras satelliter eller också syftar till att testa och utveckla ASAT-vapen.¹²⁵ Sammantaget ger detta en bild av att Ryssland arbetar strukturerat och medvetet för att återta förmågor och system som fanns under Sovjet-tiden.

5.2.5 Militära satelliter

De moderna ryska styrkorna kräver avancerad teknik och därmed även tillgång till rymdbaserade tjänster. För att säkra detta nyttjar Ryssland både militära satelliter och satelliter med dubbel användning (civil-militär).¹²⁶

Vid ett regeringssammanträde i augusti 2018 uppgavs det att Ryssland hade tillgång till 10 satelliter för övervakning och att de inom ett par år förväntades ha tillgång till 23 satelliter.¹²⁷ Sedan dess har endast två operativa satelliter för över-

¹²¹ United States Space Command. *Russia conducts space-based anti-satellite weapons test*. 2020-07-23. <https://www.spacecom.mil/MEDIA/NEWS-ARTICLES/Article/2285098/russia-conducts-space-based-anti-satellite-weapons-test/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²² Hendrickx, Bart. *The Space Review*. *Peresvet: a Russian mobile laser system to dazzle enemy satellites*. 2020-06-15. <https://www.thespacereview.com/article/3967/1> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²³ Weeden, B. och Samson, V. *Global Counterspace Capabilities: An open source assessment*. Secure World Foundation, 2020. <https://swfound.org/counterspace/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²⁴ Hennigan, W.J. *Time*. *Exclusive: Strange Russian Spacecraft Shadowing U.S. Spy Satellite, General Says*. 2020-02-10. <https://time.com/5779315/russian-spacecraft-spy-satellite-space-force/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²⁵ Ibid.

¹²⁶ President of Russia. *Meeting on developing an orbital satellite group*. 2013-11-29. <http://en.kremlin.ru/events/president/news/19722> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²⁷ President of Russia. *Meeting on space sector development*. 2018-08-08. <http://en.kremlin.ru/catalog/keywords/123/events/58275> (uppslagsdatum 2020-11-17).

vakning skjutits upp (fyra om satelliter för tidig förvarning räknas in) och ytterligare tre stycken planeras att skutas upp i närtid (Bars-M3, Obzor-R och Neutron) vilket antyder att det finns flera uppskjutningar att vänta den närmsta tiden.

På senare år har det skjutits upp ett flertal militära kommunikationssatelliter, två satelliter för tidig förvarning samt flera statliga kommunikationssatelliter. De senare har ofta utvecklats i samarbete med europeiska företag, däribland Thales¹²⁸ och Astrium/Airbus¹²⁹. Satellitflottan för kommunikation är därmed numera relativt modern. När det gäller satelliter för jordövervakning förlitar de sig på äldre satelliter. Idag finns det enbart en rysk militär konstellation av spaningssatelliter, Persona-konstellationen, vilken sköts upp mellan 2012 och 2015. Den var kraftigt försenad vid uppskjutning så det är rimligt att anta att tekniken kan dateras ytterligare några år bakåt. Flera annonserade projekt inom både signal- och optisk spaning har försenats. De satelliter som skjutits upp för övervakning är fyra civila satelliter inom Kanopus-V-konstellationen som därmed är fullständig. Den första satelliten i konstellationen skickades upp redan 2012 och satelliterna har relativt låg upplösning (2-10 meter). Ryssland har byggt och skjutit upp övervaknings-satelliter till Egypten¹³⁰ under samma period, vilket innebär att förmågan till att utveckla optiska spaningssatelliter upprätthålls.

Satellitnavigationssystemet GLONASS är fortsatt ett prioriterat program och utvecklingen fortskrider, om än långsamt. Satelliter av typen GLONASS-K1 har skjutits upp sedan 2011 och är nu en operativ del av konstellationen. Nästa generation, GLONASS-K2, är försenad bland annat på grund av komponentsanktioner och innehåller nu uteslutande ryska komponenter.¹³¹ De första satelliterna har genomgått initiala tester och uppskjutningar bedöms starta 2022.

¹²⁸ Thales. *Yamal-601 satellite in orbit*. 2019-05-31.

<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/yamal-601-satellite-orbit> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹²⁹ Clark, S. *Spaceflight Now. Proton rocket launches with Russian-European comsat*. 2015-12-24.

<https://spaceflighnow.com/2015/12/24/proton-rocket-to-launch-russian-european-comsat/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹³⁰ TASS. *Russia to produce new EgyptSat-A satellite instead of failed EgyptSat-2*. 2017-01-09.

<https://tass.com/science/924077> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹³¹ Luzin, P. The Jamestown Foundation. *Multiple Challenges Hinder Russian Efforts to Modernize Its Satellite Navigation System*. 2020-04-27. <https://jamestown.org/program/multiple-challenges-hinder-russian-efforts-to-modernize-its-satellite-navigation-system/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

5.3 Kina

Detta kapitel är till stor del baserat på FOI:s rapport om Kinas rymdprogram som publicerades 2019.¹³²

Kinas utveckling inom rymdområdet har närmast exploderat under 2000-talet och särskilt under de senaste tio åren. Redan 2011 gjorde Kina för första gången fler (19 st) uppskjutningar än USA (18 st) men det var under en omställningsperiod i USA och Ryssland gjorde samma år 33 uppskjutningar. Under 2018 stod Kina för första gången för flest enskilda uppskjutningar i världen och trenden har fortsatt.¹³³ Kinas målmedvetna satsning förändrar den styrkebalans vad gäller rymd-utveckling som varit rådande ända sedan rymdålderns början, att USA är den mest avancerade rymdnationen och Ryssland den enda utmanaren. Kina kommer framöver att ligga i absolut framkant vad gäller militära, civila och kommersiella rymdförmågor liksom inom explorativ rymdforskning. Detta innebär att Kina har ökad kapacitet för maktprojektion på regional och global nivå, såväl militärt som ekonomiskt och politiskt.

Nationella strategier som prioriterar och lagstadgar civil-militär integrering, tekniköverföring genom lagliga eller olagliga metoder och nationella säkerhetslagar som tvingar individer att samarbeta med landets säkerhetsstrukturer är viktiga delar av den kinesiska industri- och innovationsstrategin och därmed även för rymdsektorn.

Att Kina också på ett mer övergripande plan har visat sig berett att använda hot, påtryckningar samt socialt och etniskt förtryck (inklusive militär makt-demonstration), för att få sin vilja igenom på hemmaplan och internationellt är också ett faktum andra länder måste förhålla sig till när rymdprogrammet bedöms.

5.3.1 Kinas rymdprogram utvecklas

Starten på Kinas rymdprogram spåras tillbaka till 1950-talet.¹³⁴ Kulturrevolution och forskningsfientlig inställning i den maoistiska partiapparaten hindrade framsteg under programmets två första årtionden. De små resurser som fanns lades på missil- och kärnvapenutveckling. Först 1970 sköt Kina upp sin första satellit.¹³⁵ Civila tillämpningar och det symboliska värdet av att behärska rymdfart prioriterades länge och beslutsfattare såg liten eller ingen nytta med militära rymd-

¹³² Lindström, S. och Rydqvist, J. *Kinas rymdprogram och rymdförmågor*. Stockholm: FOI, 2019. FOI-R--4718--SE.

¹³³ Gunter's Space Page. *Chronology of Space Launches*.
<https://space.skyrocket.de/directories/chronology.htm> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹³⁴ Cheng, Dean. *China's Military Role in Space*. Strategic Studies Quarterly, vårnumret, 2012: s. 55.

¹³⁵ Smith, M.S. *China's Space Program: An Overview*. Congressional CRS Report for Congress, 2003-10-21. <http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=11007> (uppslagsdatum 2020-11-17).

förmågor. I början av 1980-talet hade Kina endast ett fåtal kommunikations-satelliter i drift. Först i den sjunde femårsplanen, som lanserades 1986, fick rymd-området utökade resurser som del av en långsiktig satsning på högteknologisk utveckling. Militära rymdförmågor hade fortsatt låg prioritet.¹³⁶

Den avgörande omsvängningen kom i kölvattnet av USA:s Irak-invasion 1991. Den högteknologiska amerikanska kampanjen satte djupt avtryck i den kinesiska försvarsmaktens studie- och planeringsverksamhet. Kriget beskrevs som ett "lokalt krig under högteknologiska förhållanden" i PLA:s strategiska inriktning 1993 och konceptet blev ett fokus för reformeringen av Kinas försvarsmakt.¹³⁷ Stödsystem i rymden var avgörande för att nå framgång i den nya tidens krig. Efter 2004 var den uttalade kinesiska målsättningen att kunna "vinna lokala och informationsintensiva krig" i Kinas närområde. Den mest hotfulla motståndaren definierades nu som USA.¹³⁸

Den amerikanska teknologiöverlägsenheten i rymden gjorde att Kina från och med 1990-talet riktade in sig på att bygga ASAT-förmågor för att kunna slå mot amerikanska rymdsystem, ett sätt att utjämna oddsen genom så kallad asymmetrisk krigföring. Kina inledde också utveckling av egna rymdbaserade stödsystem. Samtidigt som den militära rymdutvecklingen tog fart accelererade även de civila programmen. I oktober 2003 skickade Kina, som tredje land efter Ryssland och USA, upp sin första bemannade rymdfarkost. Det bemannade rymdprogrammet hade åtminstone tre huvudskäl: nationell prestige, forskning inom rymdområdet och militära fördelar med att bemästra bemannad rymdfart. Taikonaut-programmet, som det populärt benämns, inrättades formellt 1998 inom kinesiska försvarsmaktens ram.

5.3.2 Rymdprogrammets policy och organisation i den nya eran

Med Xi Jinpings makttilträde 2012 trädde Kina in i en period av politisk, ekonomisk och militär förändring, i Kina ofta omtalad som den nya eran.¹³⁹ Rymd-området påverkades på flera sätt såväl industriellt som programmatiskt och militärt. Utvecklingen inom rymdprogrammet kopplades till andra högteknologiska områden som till exempel AI, cyber och klimatövervakning. I ett tal 2013

¹³⁶ Chen, Yamping. *Chinas space policy – a historic review*. Space Policy. Vol. 37, nr 3, augusti 2016: s. 176-177. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026596461630145X> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹³⁷ Ministry of National Defense The People's Republic of China. *China's Military Strategy*. Part III. <http://eng.mod.gov.cn/Database/WhitePapers/2014.htm> (uppslagsdatum 2018-11-17).

¹³⁸ Ibid.

¹³⁹ Xinhua. China Daily. *Xi Jinping and China's new era*. 2019-09-30. <https://www.chinadaily.com.cn/a/201909/30/WS5d92051ca310cf3e3556e6bf.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

sade Xi att Kinas "rymddröm är en del av drömmen att göra Kina starkt".¹⁴⁰ Att öka den nationella maktprojiceringsförmågan med hjälp av rymdprogrammet kompletterades av den symboliskt viktiga prestigen som ett avancerat rymdprogram skulle ge Kina. Rymdframgångar visar på styrka och framsteg inom vetenskap, innovation och självutvecklad teknologi. Viktiga målsättningar, både då och nu, i Kinas och kommunistpartiets strategiska vision.

I komplement till policyuttalanden från kommunistpartiets ledning styrs utvecklingen inom högteknologiska sektorer inklusive rymdprogrammet av ett antal allmänna och specifika strategidokument. Det viktigaste övergripande dokumentet är femårsplanerna. I den senaste (13:e) från 2015 lanserades en övergripande industri- och teknikstrategi känd under namnet *Made in China 2025*.¹⁴¹ Ökad nationell självförsörjning inom högteknologiska sektorer med hjälp av smart innovativ tillverkning är en huvudambition. Att "koordinera ekonomisk och militär utveckling" är en huvudstrategi. Därför skall civil-militär integrering uppmuntras för att gynna och understödja försvarsmoderniseringen och öka Kinas konkurrenskraft.¹⁴²

Sedan 2015 har både den övergripande utvecklingen och rymdprogrammet speglat femårsplanens ambitioner. Några andra strategier och lagar som också påverkar rymdprogrammet på ett övergripande sätt är:

- Den nationella samordningsfunktion i form av Kommissionen för civil-militär integrering som skapades 2017 med president Xi som ordförande.¹⁴³ Liknande organisationer skall skapas på regional och lokal nivå för att fullfölja femårsplanen.¹⁴⁴
- Den nya underrättelselagen från 2017 som bland annat stadfäster att alla medborgare och organisationer har ansvar för statlig säkerhet.¹⁴⁵ Med-

¹⁴⁰ Xinhua. *Backgrounder: Xi Jinping's vision for China's space development*. 2017-04-24. <http://english.cctv.com/2017/04/24/ARTIZBj8dd7ULWfpwuw8nJp5170424.shtml> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴¹ Wubbeke et. al. *Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Meric Institute for China Studies, 2016. <https://meric.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf> (uppslagsdatum 2020-09-10).

¹⁴² *The 13th Five Year Plan for Economic and Social Development of the Peoples Republic of China*. Del XIX, kapitel 78-79, 2016. https://en.ndrc.gov.cn/policyrelease_8233/201612/P020191101482242850325.pdf (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴³ Ministry of National Defense. *Xi to head civil-military integration body*. 2017-01-23, http://eng.mod.gov.cn/leadership/2017-01/23/content_4774840.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴⁴ *The 13th Five Year Plan for Economic and Social Development of the Peoples Republic of China*. Del XIX, kapitel 78-79, 2016.

¹⁴⁵ Government of Canada. *Chinas intelligence law and the country's future intelligence competitions*. <https://www.canada.ca/en/security-intelligence-service/corporate/publications/china-and-the-age-of->

borgare och organisationer är skyldiga att samarbeta med underrättelseorgan. Underrättelsemyndigheter har också rätt att utan restriktioner få ta del av information, dokumentation och hårdvara av vilket slag som helst.

- Nya riktlinjer från kommunistpartiets ledning som gäller relationen mellan partiet och det privata näringslivet.¹⁴⁶ I ett tal inför en partikonferens påpekade President Xi vikten av enhetsfrontens arbete för att främja en mer hälsosam utveckling inom näringslivet.¹⁴⁷ Initiativet bygger vidare på riktlinjerna i femårsplanen och är ytterligare ett steg i riktning mot starkare partikontroll över det privata näringslivet.¹⁴⁸

Kommunistpartiet har under de senaste åren strävat efter att stärka sitt grepp om hela det kinesiska samhället genom att stifta nya lagar och utöva starkare centraliserad styrning. Under de senaste fem åren har det lett till att gränserna mellan stat, näringsliv och civilsamhälle suddats ut. Den prioriterade rymdsektorn är inget undantag. Politiska, ekonomiska och militära ambitioner kommer att innebära ökad integration och samordning mellan de civila och militära delarna av rymdprogrammet.¹⁴⁹

Kinas senaste officiella rymdstrategidokument, *Kinas rymdaktiviteter 2016*, speglar inte hela utvecklingen inom rymdprogrammet.¹⁵⁰ Dokumentet framställer Kinas rymdverksamhet som en i huvudsak fredlig och civil sektor. Större satsningar som aviseras i strategin handlar om vidareutveckling och diversifiering av bäraketsförmågan. Fjärranalysförmågan med optisk- och radarövervakning av land, hav och atmosfären skall stärkas. Kinas egen satellitnavigeringsförmåga, via BeiDou-systemet, färdigställdes under 2020. Det bemannade rymdprogrammet fortsätter, med målet att bygga en egen rymdstation i omloppsbana (Kina har haft två rymdlaboratorier i omloppsbana tidigare) och sannolikt i förlängningen bemannade månfärder. Nätverket av markstationer och uppskjutningsplatser skall utökas för att förbättra förmåga och öka operativ flexibilitet. Slutligen lägger dokumentet stor vikt vid att förespråka utökat internationellt samarbete. Redan 2020

strategic-rivalry/chinas-intelligence-law-and-the-countrys-future-intelligence-competitions.html
(uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴⁶ Xinhua. *Xi Focus: Xi stresses promoting healthy development of private sector*. 2020-09-16: http://www.xinhuanet.com/english/2020-09/16/c_139373545_2.htm (uppslagsdatum 2020-09-17).

¹⁴⁷ Buckley, C. och Bradsher, K. New York Times. *China's Communists to Private Business: You Heed Us, We'll Help You*. 2020-09-17. <https://www.nytimes.com/2020/09/17/business/china-communist-private-business.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴⁸ Dotson, J. Jamestown Foundation. *The CCP's New Directives for United Front Work in Private Enterprises*. 2020-09-28. <https://jamestown.org/program/the-ccps-new-directives-for-united-front-work-in-private-enterprises/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁴⁹ Shih, Lea. *Aerospace Experts in China's New Leadership*. China Focus, 2017-10-27.

¹⁵⁰ *China's Space Activities in 2016*. The 4th version of white paper, Briefing. China National Space Administration, 2017.

har Kina tagit stora steg mot att förverkliga rymdstrategins prioriterade satsningar, vilka diskuteras nedan.

Det som inte finns med i dokumentet är beskrivningar av rymdprogrammets militära och maktpolitiska nytta. Övergripande syn på militära rymdfrågor finns beskrivna i de senaste försvarsvitböckerna, *Kinas militära strategi* från 2015 och *Kinas nationella försvar i den nya eran* från 2019.^{151,152} I vitboken från 2015 diskuteras rymd jämte cyber som spetsförmågor kopplade till den pågående högteknologiska revolutionen:

”Den globala militära revolutionen framskrider. Långräckviddiga, smarta obemannade smygteknologiska vapen blir allt mer effektiva. Yttre rymden har blivit en strategisk faktor i den internationella konkurrensen, en arena som kan ge operativa fördelar (*commanding height*) och därför måste behärskas. De egna rymdresursernas säkerhet kommer att värnas så att de kan fortsätta främja nationell ekonomi och social utveckling.”¹⁵³

I vitboken från 2019 omnämns rymden inte längre bland de mest högteknologiska områdena, AI, kvantinformation, *internet of things*, anges som områden i militärrevolutionens framkant. Rymden beskrivs istället som en etablerad militär domän:

”Hoten mot rymd- och cybersäkerhet är allvarliga...Rymden är en avgörande domän i den internationella strategiska konkurrensen. Rymdsäkerhet är avgörande för nationell och social utveckling.”¹⁵⁴

I 2013 års utgåva av *Militärstrategisk vetenskap* som sammanställs av militärvetenskapsakademien, AMS (Academy of Military Science), finns en fördjupad analys av de militära rymdförmågornas roll i ett större försvarssammanhang.¹⁵⁵ Även om dokumentet publicerades för länge sedan ger det en bild av hur Kina ser på militär rymd. Tre operationstyper är centrala när det gäller rymdförmågor. För det första skall rymdförmågorna kunna leverera *informationsstöd* för att skapa beslutsöverläge. För det andra skall rymdförmågorna bidra till *avskräckning*. För

¹⁵¹ Ministry of National Defense. *White paper 2014*. http://eng.mod.gov.cn/publications/2016-07/13/content_4768294.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵² Ministry of National Defense. *Chinas National Defence in the New Era*. 2019-07-24. http://eng.mod.gov.cn/publications/2019-07/24/content_4846452.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵³ Xinhua. The State Council The People's Republic of China. *Chinas Military Strategy*. 2015-05-27. http://english.www.gov.cn/archive/white_paper/2015/05/27/content_281475115610833.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵⁴ Ministry of National Defense. *Chinas National Defence in the New Era*. 2019-07-24. http://eng.mod.gov.cn/publications/2019-07/24/content_4846452.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵⁵ Taylor, Fravel, M. China's Changing Approach to Military Strategy: The Science of Military Strategy from 2001 and 2013. I *The Evolution of China's Military Strategy*, Joe McReynolds (red.), s 6. DC: Jamestown Foundation Washington, 2016.

det tredje gäller det att de samlade flyg-, rymd- och cyberstyrkorna ska kunna utföra *offensiva och defensiva rymdoperationer* för att säkra att rymdförmågor förblir intakta i kris och krig, till exempel genom cyberattacker eller fysisk ASAT-förmåga.¹⁵⁶

Kina har under många år gjort stora satsningar på en robust och effektiv ASAT-förmåga. I januari 2007 genomförde Kina ett uppmärksammat ASAT-test. Med en missil sköt de ner en av sina egna satelliter. Testet blev hårt kritiserat eftersom det skapade stora mängder rymdskrot. Kina har även kapacitet att som en sista option skjuta upp missiler med kärnvapenladdningar för att slå ut många satelliter.¹⁵⁷ Detta skulle oundvikligen även drabba kinesiska satelliter. Ett antal test med satelliter som manövrerar på ett onormalt sätt och närmar sig andra satelliter har genomförts. Testerna visar att Kina har kapacitet att närma sig andra satelliter. Det ger förmåga att övervaka, spana, störa eller förstöra målsatelliten. Den allmänna uppfattningen är att sådana experiment fungerar som teknologidemonstratorer för Kinas ASAT-program.¹⁵⁸

Enligt kinesisk media har Kina också lyckats blanda en av sina egna satelliter med laser från marken. En amerikansk satellit skall ha störts på liknande sätt när den passerade över Kina. Kinesisk media har också rapporterat om utveckling av miniatyriserade HPM-vapen för placering på skepp, vilket indikerar att dessa skulle kunna monteras på missiler eller på en satellit. Kina anses även ha utvecklat telekrigsförmåga för att kunna störa ut satellitkommunikation och GPS-signaler och de har redan varit inblandade i flera cyberattacker mot amerikanska satelliter.¹⁵⁹

Organisatoriskt är det också otydligt vilka delar av Kinas rymdprogram som är kommersiella samt vilka som tjänar statliga och militära syften. Hundratals forskningsinstitut och industrier i Kina arbetar med rymdrelaterad forskning, utveckling och tillverkning. Konkurrensen är ofta hård och vid behov samordnar den centrala statsförvaltningen resurser för att snabbt nå ett mål. Ett samtidigt decentraliserat och mycket centraliserat system karaktäriserar det kinesiska rymdprogrammets organisation. Återkommande omorganisationer inklusive namnbyten, hemlighetsmakeri och vilseledning bidrar till ytterligare svårigheter att

¹⁵⁶ Spacewatch Asia Pacific. *Future Space Wars: China's PLAAF Intends to Extend Its Reach into Space*. https://spacewatch.global/2018/11/future-space-wars-chinas-plaaf-intends-to-extend-its-reach-into-space/?utm_source=SpaceWatch.Global+-+Newsletter+GDPR&utm_campaign=beebf6bec3-EMAIL_CAMPAIGN_1_22_2018_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_1f589bedb0-beebf6bec3-536823809 (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵⁷ Harrison, Johnson och Roberts. *Space Threat Assessment 2018*. Washington: CSIS, 2018. <https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2018> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁵⁸ Clark, Colin. *China Satellite SJ-17, Friendly Wanderer?* 2018-04-18. <https://breakingdefense.com/2018/04/china-satellite-sj-17-friendly-wanderer/> (uppslagsdatum 2018-12-05).

¹⁵⁹ Ibid.

förstå det kinesiska rymdprogrammet.^{160, 161} Nominella, formella och verkliga makt- och ansvarsstrukturer stämmer inte alltid överens.

Bland viktiga rymdorganisationer i Kina märks industriadministrationen SASTIND som ansvarar för vetenskap, teknologi och industrisamordning i det nationella försvarets tjänst inklusive rymdområdet.¹⁶² Rymdstyrelsen CNSA är direkt underordnad SASTIND. Rymdstyrelsen är formellt den ledande rymdaktören i Kina, men i praktiken har den begränsade funktioner och makt.¹⁶³ Försvarsmaterielverket, GAD spelar en betydelsefull roll vad gäller all militär och vissa civila rymdrelaterade aktiviteter.¹⁶⁴ Under GAD finns också den organisation som ansvarar för och samordnar det kinesiska bemannade rymdprogrammet, CMSEO (China Manned Space Engineering Office).¹⁶⁵ Myndigheten för satellituppskjutning och spårning, CLTC lyder formellt under SASTIND. Betydande delar av den dagliga verksamheten drivs av personal och genom organisationer som lyder under GAD.¹⁶⁶

I slutet av 2015 upprättades en ny funktion för rymd- och cyberfrågor inom försvarsmakten, de så kallade strategiska stödsystemstrupperna, SSF.¹⁶⁷ Av den begränsade information som finns tillgänglig framgår det att SSF bland annat har till uppgift att skapa bättre koppling mellan militär rymdverksamhet och försvarsmaktens övergripande operativa förmåga.¹⁶⁸ I FOI-rapporten *Kinas rymdprogram och rymdförmågor*¹⁶⁹ finns en mer utförlig beskrivning av rymdaktörer i Kina.

¹⁶⁰ Aliberti, Marco. *When China Goes to the Moon*. Wien: Springer, s. 8, 2015.

¹⁶¹ Cheng, Dean och Murray, Kerry. Orbital Dragons: Implications of Chinese Access to Dual-Purpose Space Technologies. I *Dual Purpose Technologies: Opportunities and Challenges for US Policymaking*, Williamson (red.), s 72. Washington DC: Space Policy Institute, 2001.

¹⁶² SASTIND. www.sastind.gov.cn (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁶³ Aliberti, Marco. *When China Goes to the Moon*. Wien: Springer, s. 11-12, 2015.

¹⁶⁴ Zhao, Yun. *National Space Law in China: An overview of the Current Situation and Outlook for the Future*. BRILL, s. 30-31, 2015.

¹⁶⁵ Lan, Chen. *Is The Chinese Manned Space Programme a Military Programme?* Go Taikonauts! Issue 1, 2011, s. 12. http://www.go-taikonauts.com/images/newsletters_PDF/GoTaikonauts1.pdf (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁶⁶ Stokes, Mark och Easton, Ian. China's Space Capabilities and the US. I *Routledge Handbook of Chinese Security*, Yu Dittmer, s 336. London & New York: Routledge, 2015.

¹⁶⁷ Pollpeter, Kevin L., Chase, Michael S. och Heginbotham, Eric. *The Creation of the PLA Strategic Support Forces and its Implications for Chinese Military Space Operations*. Santa Monica: Rand Corporation, 2017.

¹⁶⁸ *Ibid.*, s. 15.

¹⁶⁹ Lindström, S. och Rydqvist, J. *Kinas rymdprogram och rymdförmågor*. Stockholm: FOI, 2019. FOI-R--4718--SE.

Diskrepansen mellan den kinesiska officiella retoriken och faktiskt agerande i rymdfrågor genererar ett betydande mått av skepsis, åtminstone i säkerhets- och försvarskretsar. I USA finns flera som hävdar att Kina i det fördolda har startat en offensiv militär rymdkapplöpning.¹⁷⁰ En studie drar slutsatsen att Kina har gjort stora landvinningar i förmågor som främjar försvar och säkerhet, men att ekonomisk och politisk nytta inte är alls lika utvecklat och ligger efter i relation till ambitionerna.¹⁷¹

Kommersiella rymdaktörer är en ny företeelse i Kina. Tidigare har rymdprogrammet i praktiken varit ett statligt monopol men nu uppmuntrar och stödjer staten etablering av privata företag. Det beror både på den internationella trenden med mer kommersiell rymdverksamhet och ligger också i linje med den kinesiska FoU-modellen, till exempel inom AI, där privata aktörer är avgörande för teknikutveckling. De privata aktörerna planerar att i ett medellångt perspektiv konkurrera på den internationella marknaden för att skjuta upp små satelliter. Det finns fyra huvudaktörer inom den privata sektorn: Expace, Landspace, iSpace och OneSpace.

Expace avknoppades från ett statligt bolag 2016 och tog över uppskjutningar av den då redan operativa rakettyper Kuaizhou-1A. Målet är att erbjuda prisvärda konkurrenskraftiga uppskjutningar internationellt.¹⁷² Det nära samarbetet med staten gör att Expace har en stabil efterfrågan från både det statliga programmet och privata aktörer.¹⁷³

Landspace är det privata bolag som lyckats attrahera mest kapital. Företaget har utvecklat en egen bärraket. Den första uppskjutningen med bärraketen Zhuque-1 genomfördes 2018, men misslyckades.¹⁷⁴ Sedan dess arbetar företaget på att förbättra tillförlitlighet och att utveckla bränsletyper.¹⁷⁵

¹⁷⁰ Pollpeter, K., Anderson, E., Wilson, J. och Yang, F. *China Dream, Space Dream: China's Progress in Space Technologies and Implications for the United States*. US-China Economic and Security Review Commission, s. 115, 2015.
https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China%20Dream%20Space%20Dream_Report.pdf
(uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷¹ Ibid, s. iii.

¹⁷² Spaceflight101. *China's 'Speedy Vessel' races into Orbit on first Commercial Satellite Deployment*. 2017-01-09. <https://spaceflight101.com/kz-1a-jilin-1-03-launch-success/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷³ Guo, Mengto. *Via Satellite. How Soon until Private Chinese Launch Providers are Global Competitors?* 2020-05-01. <http://interactive.satellitetoday.com/via/may-2020/how-soon-until-private-chinese-launch-providers-are-global-competitors/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷⁴ Gunther's Space Page. *ZhuQue-1*. https://space.skyrocket.de/doc_lau/zhuque-1.htm
(uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷⁵ Guo, Mengto. *Via Satellite. How Soon until Private Chinese Launch Providers are Global Competitors?* 2020-05-01. <http://interactive.satellitetoday.com/via/may-2020/how-soon-until-private-chinese-launch-providers-are-global-competitors/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

iSpace blev 2019 den första privata aktören i Kina att lyckas skjuta upp en satellit i omloppsbana med en egenutvecklad bärraket, Hyperbola-1. iSpace utvecklar också en större bärraket, Hyperbola-2, som skall ha ett återanvändbart raketsteg. Enligt mediauppgifter är första testet planerat till 2021.¹⁷⁶

Under 2018 blev OneSpace det första företaget att skjuta upp en egenutvecklad bärraket, även om det var en sub-orbital testraket. Flera tester följde men den första uppskjutningen till omloppsbana, som genomfördes 2019, misslyckades.¹⁷⁷

Kinas privata aktörer har på kort tid expanderat och utvecklat bärraketer för statlig och kommersiell uppskjutning av små satelliter. Fler aktörer kommer troligen att slå sig in på marknaden. Några av de som ligger i startgrupparna är S-Motor, JiuZhou YunJian, SpaceTrek, Galaxy Space, Deep Blue Space och Xinghe Power.

5.3.3 Kinas uppskjutningsförmåga

Kina driver fyra landbaserade platser för uppskjutning och har även förmåga att skjuta upp från en havsbaserad plattform. Uppskjutningsplatserna är:

- Jiuquan i Ejn i Inre Mongoliet
- Taiyuan utanför Xinzhou i Shanxi
- Wenchang utanför Wenchang på ön Hainan
- Xichang i Liangshan, Sichuan
- Havsbaserad uppskjutning från fartyget De Bo 3

Jiuquan är Kinas allra första uppskjutningsplats. Härifrån skjuts satelliter till låga och medelhöga banor, i huvudsak för jordobservation och signalspaning. Runt en tredjedel av alla kinesiska satelliter som har skjutits upp härifrån anges som militära. Alla uppskjutningar i det första kinesiska bemannade programmet Shenzhou¹⁷⁸, aktivt mellan 1999-2016, genomfördes från Jiuquan.

Taiyuan-basen används för att skjuta upp satelliter till banor med hög inklinations, ofta till solsynkrona banor. Cirka en fjärdedel av satelliterna som har skjutits upp härifrån sedan 1988 klassas som militära. Bland dessa finns ett antal militära spaningssatelliter i Yaogan-serien, både optiskt avbildande och SAR-satelliter. Satelliter med hög upplösning som ingår i det statliga, och på papper civila,

¹⁷⁶ Hui, Lu. Xinhua. *China's private reusable rocket to be launched in 2021*. 2019-10-18. http://www.xinhuanet.com/english/2019-10/18/c_138482839.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷⁷ Guo, Mengto. Via Satellite. *How Soon Until Private Chinese Launch Providers are Global Competitors?* 2020-05-01. <http://interactive.satellitetoday.com/via/may-2020/how-soon-until-private-chinese-launch-providers-are-global-competitors/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁷⁸ Aerospace Technology. *Shenzhou Manned Spacecraft Programme*. <https://www.aerospace-technology.com/projects/shenzhou-spacecraft-programme-china/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

programmet CHEOS¹⁷⁹ (*China High-resolution Earth Observation System*) har också skjutits upp från Taiyuan.

Wenchang är Kinas nyaste uppskjutningsplats. Den första uppskjutningen genomfördes 2016. Uppskjutningsplatsen nyttjas för uppskjutning av tunga laster, till exempel för att skjuta upp sonder till månen och Mars, samt i framtiden för att lyfta delar till den nya bemannade rymdstationen.¹⁸⁰ Wenchang ligger kustnära vilket förenklar tunga transporter dit. Det möjliggör i sin tur uppskjutning av större och tyngre satelliter och bärraketer.¹⁸¹

Från Xichang skjuts de flesta satelliter upp till geostationär bana, det är satelliter som används för radio- och TV-sändningar, kommunikation och väderobservation. BeiDou-satelliterna i Kinas eget satellitnavigeringssystem har också skjutits upp från Xichang. En betydande andel, nära hälften, av uppskjutningarna från Xichang uppges vara militära.

Under 2019 genomförde Kina sin första havsbaserade uppskjutning.¹⁸² Lasten på de två genomförda uppskjutningarna har bland annat utgjorts av spaningssatelliter med optiska sensorer.

Med sina fem olika uppskjutningsplatser har Kina förutsättningar för att skjuta upp alla typer av bärraketer, från lätta och mobila för små satelliter, till stora och tunga för geostationär bana och interplanetära missioner. De har därmed en oberoende kapacitet för att skjuta upp alla olika typer av satelliter med hjälp av en stor mängd olika raketmodeller. Kina kommer även i ökande utsträckning att erbjuda konkurrenskraftiga uppskjutningar för internationella och kommersiella kunder.

Det statliga bärraketprogrammet består av en familj raketer benämnda CZ (Chang Zheng). En variant med beteckningen kallad YZ (Yuan Zheng) bygger på CZ-modeller och har tillförts ett övre raketsteg för att kunna placera ut en satellit direkt i rätt bana, istället för att satelliten själv justerar sin egen bana med eget bränsle. Forskningsinstitutet CALT (China Academy of Launch Vehicle Technology) respektive SAST (Shanghai Academy of Spaceflight Technology) är de två

¹⁷⁹ UNOOSA. *China High-resolution Earth Observation System (CHEOS) and its Latest Development*. 2014. <http://www.unoosa.org/pdf/pres/stsc2014/tech-47E.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁰ Sinodefence. *Chang Zheng-5*. 2017-08-21. <http://sinodefence.com/cz-5/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸¹ Sinodefence. *Wenchang Space Launch Centre*. 2017-08-22. <http://sinodefence.com/wenchang-space-launch-centre/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸² Jones, Andrew. Space.com. *China launches 9 satellites into space from ocean platform*. 2020-09-15. <https://www.space.com/china-rocket-launch-from-sea-platform-jilin-1-gaofen-3.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

huvudsakliga raketstillverkarna i Kina. Båda är underställda Kinas försvarsdepartement.¹⁸³

5.3.4 Aktuell utveckling

De senaste åren har Kina gjort än snabbare framsteg inom rymdområdet. Ett urval av viktigare händelser under 2020 är värda att särskilt uppmärksamma:

- I maj 2020 testflög Kina en ny rymdkapsel som skall kunna användas under längre rymdtransporter, till exempel till månen. Kapseln har plats för upp till sex personer.¹⁸⁴
- I juni 2020 sköt Kina upp den sista satelliten i BeiDou-konstellationen. Därmed har Kina slutfört uppbyggnaden av den egna satellitnavigeringsförmågan och uppnått global täckning.¹⁸⁵
- I juli 2020 sköt Kina upp en mission till planeten Mars med en satellit som skall lägga sig i omloppsbana runt Mars och en landare.¹⁸⁶
- I september 2020 sköt Kina för andra gången upp satelliter från sin havsbaserade plattform. Det var bärraketen ZF-11 som användes och som är konstruerad för att med kort ledtid kunna skjuta upp satelliter. Lasten bestod av två spanings satelliter.¹⁸⁷
- I september 2020 genomförde Kina den första testflygningen med ett experimentellt återanvändbart rymdplan.¹⁸⁸ Farkosten omgärdas av sekretess och antas likna det obemannade amerikanska rymdplanet X-37.¹⁸⁹

¹⁸³ NTI. *China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC)*. 2011-11-21. <https://www.nti.org/learn/facilities/64/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁴ Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *First launch of Long March 5B lifts Next Generation Crew Space Capsule*. 2020-05-04. <https://www.nasaspaceflight.com/2020/05/china-next-generation-crew-capsule/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁵ Space.com. *China launches final Beidou satellite to complete GPS-like navigation system*. 2020-06-23. <https://www.space.com/china-launches-final-beidou-navigation-satellite.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁶ NASA Spaceflight.com. *China seeks "Heavenly Question" with ambitious Tianwen-1 mission to Mars*. 2020-07-22. <https://www.nasaspaceflight.com/2020/07/china-ambitious-tianwen1-mars/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁷ Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *China bounces back with Long March 11 launch of nine satellites*. 2020-09-14. <https://www.nasaspaceflight.com/2020/09/china-bounces-back-long-march-11-nine-satellites/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁸ Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *China launches experimental spaceplane*. 2020-09-04. <https://www.nasaspaceflight.com/2020/09/china-launches-experimental-spaceplane/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁸⁹ Space.com. *China's reusable experimental spacecraft returns to Earth after two day mystery mission*. 2020-09-08. <https://www.space.com/china-experimental-reusable-spacecraft-mystery-mission-lands.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

5.3.5 Sammanfattning och observationer

Det kinesiska rymdprogrammet uppvisar en betydande grad av civil-militär integration. Kina avser att till fullo nyttja rymdresursers dubbelanvändningsförmåga för att stärka kommunistpartiets maktställning och bygga makt för ökad internationell konkurrenskraft.

Kina har blivit allt mer ambitiöst och har på lång sikt som mål att bli en ledande rymdnation, helst den främsta. Det första målet har Kina på kort tid redan uppnått tack vare snabb teknisk och organisatorisk utveckling, samt effektivt nyttjande av internationella samarbeten och tekniktransfer in i det kinesiska rymdprogrammet.

Kina har idag med sina fem uppskjutningsplatser förutsättningar för att skjuta upp alla typer av bäraketer. Det inkluderar en snabbt ökande förmåga till så kallad *responsive space*, vilket innebär exempelvis att snabbt kunna ersätta kritiska system. De har för avsikt att bygga ytterligare en uppskjutningsplats för kommersiella uppskjutningar. Kina har även en oberoende kapacitet för att skjuta upp alla olika typer av satelliter som de har behov av såväl militärt som civilt och kommersiellt. Inom 15-20 år har de även kapacitet för bemannade färder till månen och Mars.

I framtida konflikter ser Kina informations- och beslutsöverläge som helt avgörande. Rymdresurserna är kritiska för många av dessa funktioner, både för Kina och för deras potentiella motståndare. Att skapa sig ett överläge i rymden är därför avgörande. Rymden ses också som en av de två arenor (cyber är den andra) där konflikt först kan bryta ut. Kina har uppvisat kapacitet till rymdkrigföring i de flesta avseenden, däremot är det svårt att uttala sig om hur mogen deras teknik är och hur pass integrerat det är i deras försvar.

Kinas organisation samt deras finansierings- och ledningsstrukturer inom rymdområdet uppvisar en mycket stark militär koppling. Till exempel är Kinas rymdstyrelse underordnad flera militära organisationer och försvarskopplade industri-konglomerat.

5.4 Indien

Det här avsnittet är baserat på ett tidigare utgivet FOI Memo *Indiens rymdprogram - fokus på försvar och säkerhet*.¹⁹⁰ Arbetet är genomfört i samverkan med en studie kring Indiens inrikes-, utrikes- och försvarspolitik som bedrevs under våren 2019.¹⁹¹ Studien lyfte fram Indiens ambition att bli en ledande makt internationellt. Vidare beskrevs Indien som en av världens snabbast växande större

¹⁹⁰ Lindström, Sandra. *Indiens rymdprogram - fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2019. FOI Memo 6756.

¹⁹¹ Chetan Aspengren, Henrik. *Indien - en framväxande stormakt*. Stockholm: FOI, 2019. FOI-R--4806--SE.

ekonomier, som genomgår omfattande samhällsförändringar och moderniserar sina väpnade styrkor. Det noteras samtidigt att Indien står inför en rad utmaningar som skulle kunna dämpa utvecklingen, några exempel är hur de kommer att hantera utmaningar såsom arbetslöshet, ojämlikhet, miljöförstöring och samhällelig polarisering. Slutligen konstaterar studien att den indiska utrikespolitiken samtidigt kännetecknas av en strävan efter strategisk autonomi där både USA och Ryssland är samarbetspartners. Inom försvarspolitikerna söker Indien aktivt motverka potentiella säkerhetsutmaningar från Kina och Pakistan. Indien har ambitionen att bli respekterad som en ledande militär makt med förmåga att agera långt bortom sitt närområde. Det är med detta som bakgrund Indiens rymdprogram bör studeras.

Indiens rymdprogram var till en början tydligt inriktat mot socioekonomisk tillväxt, kommunikationslösningar för landets mer svåråtkomliga delar och jordobservationssatelliter för främjandet av landets jordbruk. Den första indiska satelliten, en forskningssatellit med namnet Aryabhata, sköts upp 1975 med hjälp av dåvarande Sovjetunionen. Större delen av satelliterna som skickades upp under de första 25 åren utgjordes av Indiens statliga jordobservationsprogram IRS (*Indian Remote Sensing*) och det statliga kommunikationsprogrammet INSAT (*Indian National Satellite System*).

Indien genomförde sin första satellituppskjutning från indiskt territorium den 18 juli 1980 och blev då sjätte landet i världen med egen uppskjutningsförmåga. Det indiska bäraketprogrammet var till en början civilt, det dröjde inte länge förrän bäraketprogrammet nyttjades för att bygga upp det indiska missilprogrammet. Idag är det även tydligt att en av drivkrafterna i det indiska bäraketprogrammet är strategisk autonomi.

Under 2000-talet har Indien sakta men säkert ökat sin närvaro i rymden. I dag finns det en tydlig militär koppling till Indiens rymdprogram som speglar deras säkerhetspolitiska relationer, framförallt till Kina och Pakistan. Exempelvis finns kopplingar till landets kärnvapen- och missilprogram. Indien har även nyligen genomfört ett lyckat test av ett ballistiskt ASAT-vapen. Målen med rymdprogrammet är mycket ambitiösa och Indien siktar bland annat på att utveckla ett nationellt oberoende bemannat rymdprogram, att vidareutveckla sin uppskjutningskapacitet samt skicka interplanetära vetenskapliga sonder till olika delar av solsystemet.

Indiens rymdprogram är fortfarande i huvudsak civilt inriktat och hanteras av den indiska rymdstyrelsen ISRO (Indian Space Research Organisation). Dubbelanvändningsaspekten ska inte underskattas, civila satellitsystem kan nyttjas för Indiens försvar och nationella säkerhetsintressen.

År 2010 införde Indien en ny enhet under indiska försvarsdepartementet, ISC (*Integrated Space Cell*). Enhetens roll är att övervaka säkerheten för och användningen av Indiens satelliter i syfte att bättre integrera civil rymdteknologi

och civila tillgångar med militära behov. Enheten drivs i samarbete mellan indiska försvarsmakten (armén, marinen och flygvapnet), rymddepartementet DoS (*Department of Space*) som ligger direkt under premiärministern, samt ISRO. Tre år tidigare (2007) togs det fram en ny doktrin kallad *Defence Space Vision 2020*. I den beskrivs en önskan om att öka nyttjandet av förmågor i rymden som har dubbla användningsaspekter (civil-militär), speciellt avseende övervakningssatelliter och kommunikationssatelliter. I april 2013 togs det fram ett teknikperspektiv och förmågeinriktningsdokument, TPCR 2018 (*Technology Perspective and Capability Roadmap*)¹⁹² där det framgår vilka rymdrelaterade förmågor som prioriteras av indiska försvardepartementet.¹⁹³

Den 27 mars 2019 chockade Indien världen med att genomföra ett test med ett ASAT-vapen där en av deras egna satelliter sköts ner med en ballistisk missil. Indien blev därmed det fjärde landet efter Kina, USA och Ryssland att demonstrera denna förmåga. Måltavlan var den militära satelliten Microsat-R, som sköts upp i januari i 2019, ett par månader före själva testet. Det är rimligt att anta att Microsat-R ursprungligen var utformad som måltavla, bland annat i och med att den sköts upp till en ovanligt låg höjd, även för en spaningssatellit. Indiska utrikesdepartementet uppgav att det var en ballistisk missil ur missilförsvarsprogrammet som användes. Det är sannolikt en variant av kortdistansmissilen Prithvi II.¹⁹⁴ Indiens premiärminister Narendra Modi uttryckte sin stolthet över landets framgång samma dag som det genomförda ASAT-testet:

*“In the journey of every nation there are moments that bring utmost pride and have a historic impact on generations to come. One such moment is today. India has successfully tested the Anti-Satellite (ASAT) Missile. Congratulations to everyone on the success of #MissionShakti.”*¹⁹⁵

“#MissionShakti is special for 2 reasons: (1) India is only the 4th country to acquire such a specialised & modern capability. (2) Entire effort is indigenous. India stands tall as a space power! It

¹⁹² Rajagopalan och Nagendra. Observer Research Foundation (ORF). *Creation of a defence space agency: A new chapter in exploring India's space security*. 2017-02-23. https://www.orfonline.org/expert-speak/creation-of-a-defence-space-agency-a-new-chapter-in-exploring-indias-space-security/#_ftnref31 (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹³ Aliberti, M. *India in Space: Between Utility and Geopolitics*. Springer International Publishing, 2018.

¹⁹⁴ Ministry of External Affairs Government of India. *Frequently Asked Questions on Mission Shakti, India's Anti-Satellite Missile test conducted on 27 March, 2019*. 2019-03-27. <https://www.mea.gov.in/press-releases.htm?dtl/31179/Frequently+Asked+Questions+on+Mission+Shakti+Indias+AntiSatellite+Missile+test+conducted+on+27+March+2019> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹⁵ Premiärminister Chowkidar Narendra Modi. Twitter, 2019-03-27, <https://twitter.com/narendramodi/status/110800868058660864> (uppslagsdatum 2020-11-17).

*will make India stronger, even more secure and will further peace and harmony.”*¹⁹⁶

Det är tydligt att drivkrafterna bakom programmet är nationell stolthet, att bygga upp Indiens säkerhet och att demonstrera Indiens position som rymdmakt. Indien har till och med utfärdat ett frimärke för att minnas och ära ASAT-testet.¹⁹⁷

Enligt indiska utrikesdepartementet har Indien följt de internationella lagar och avtal som finns, och de ser inga problem med rymdskrot mer än att det som skapades vid testet kommer att återinträda i jordens atmosfär och brinna upp inom några veckor.¹⁹⁸ Indiens ASAT-test skall ha genomförts på en höjd av ca 280 kilometer över jorden; detta kan jämföras med när USA sköt ned en av sina egna satelliter på en höjd av 250 kilometer (2008). Enligt källor försvann större delen av rymdskrotet inom några veckor efter det amerikanska testet, den sista biten låg kvar i bana runt jorden i nästan två år.¹⁹⁹

Det indiska ASAT-testet genomfördes som en del i Indiens ASAT-program benämnt *Mission Shakti* som är ett gemensamt program mellan försvarets forskningsorganisation DRDO och den civila myndigheten ISRO. Testet är således ett tydligt exempel på hur Indien integrerar civil teknologi och kunskap med militära behov och målsättningar.

Indiska utrikesdepartementet uppger att ASAT-testet utfördes för att Indiens rymdprogram utgör en kritisk del av Indiens säkerhet, ekonomi och samhällsinfrastruktur. Testet skulle verifiera att Indien har en förmåga att skydda sina rymdresurser. Detta argument är i sig problematiskt. Det indiska institutet IDSA (Institute for Defence Studies and Analyses) påpekar insiktsfullt att ett ASAT-system inte är ett försvarssystem som kan skydda rymdresurser. ASAT-system är ett system som kan nyttjas i avskräckande syfte, och framförallt i vederläggningssyfte eller som ren offensiv förmåga.

Kinas försvarsförmåga har utökats och kommer att utökas än mer vad gäller rymdbaserad kapacitet, speciellt avseende spaning, kommunikation och navigering. I en

¹⁹⁶ Premiärminister Chowkidar Narendra Modi. Twitter, 2019-03-27, <https://twitter.com/narendramodi/status/1110801488559759360> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹⁷ News Vibes of India. *Postage stamp issued to honour India's first anti satellite missile*. 2020-09-15. <https://newsvibesofindia.com/postage-stamp-issued-to-honour-indias-first-anti-satellite-missile-36582/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹⁸ Ministry of External Affairs Government of India. *Frequently Asked Questions on Mission Shakti, India's Anti-Satellite Missile test conducted on 27 March, 2019*. 2019-03-27. <https://www.mea.gov.in/press-releases.htm?dtl/31179/Frequently+Asked+Questions+on+Mission+Shakti+Indias+AntiSatellite+Missile+test+conducted+on+27+March+2019> (uppslagsdatum 2020-11-17).

¹⁹⁹ Foust, Jeff. SpaceNews. *India tests anti-satellite weapon*. 2019-03-27. <https://spacenews.com/india-tests-anti-satellite-weapon/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

framtida konflikt är det tillgång till dessa förmågor som sannolikt kommer att vara avgörande för Kinas framgångar. Dessa styrkor kan snabbt bli Kinas svagheter om dessa förmågor kopplas bort. Att Indien utvecklar ASAT-förmågor kan därför ses som ett sätt för Indien att uppnå mesta möjliga effekt med minsta möjliga insats (asymmetrisk krigföring) i en eventuell framtida konflikt med Kina. Indien har heller inte alls på samma sätt som Kina gjort sig beroende av olika militära rymdrelaterade förmågor och är därför inte lika sårbara i det avseendet. Det bör noteras att Indien är på god väg att bygga upp ett sådant beroende.

Indien satsar även på andra typer av ASAT-förmågor. Indiens försvarsdepartement har i sitt teknikperspektiv och förmågeinriktningsdokument (TPCR 2018) bland annat beskrivit ett taktiskt laservapen med ASAT-förmåga. De ser framför sig ett system som kan användas både från mark och även från flygande plattformar mot satelliter. I samma dokument beskriver de även telekrigssystem som skall kunna detektera, övervaka, lokalisera och störa fiendens satellitkommunikationsmottagare samt störa och vilseleda satellitnavigeringsmottagare. Dessa telekrigföringssystem skall kunna integreras på olika plattformar, även rörliga. ASAT-förmågorna planeras att införas under den kommande tioårsperioden.²⁰⁰

Sammanfattningsvis startade Indiens rymdprogram med ett civilt fokus för en utveckling av det indiska samhället. Det blev sedermera tydligt att de såg flera säkerhets- och försvarstillämpningar i de civila jordobservations- och satellitkommunikationsprogrammen. Under senare år har det utöver dubbla användningsaspekten tillkommit en ren militär sida i Indiens rymdprogram med specifikt militära satelliter. Det är även tydligt hur Indien idag nyttjar civila resurser inom rymdområdet för militär nytta. Det handlar om att militärt nyttja såväl civilt utvecklad teknik som kunskap inom civila organisationer.

Idag är drivkrafterna bakom Indiens rymdprogram fortfarande samhällelig och ekonomisk utveckling samt även en stolthet i att vara med och leda den globala utvecklingen inom rymdområdet. Indien förväntas öka antalet uppskjutningar framöver. Antalet indiska satelliter, både civila och militära, kommer också att öka. Det blir därför viktigare för Indien att kunna påverka framtida internationella regelverk till Indiens fördel. Detta är starkt förknippat med Indiens nyligen genomförda ASAT-test som maktdemonstration. Testet är också en reaktion på Kinas starka utveckling och position inom rymdområdet.

²⁰⁰ Ministry of Defence. *Technology Perspective and Capability Roadmap (TPCR) - 2018*. <https://mod.gov.in/sites/default/files/tpcr.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

5.5 EU

I den senaste omvärldsanalysrapporten 2017²⁰¹ återfinns en redogörelse för EU-kommissionens rymdstrategi *Space Strategy for Europe*²⁰² som publicerades i oktober 2016. Sammanfattningsvis pekas det ut fyra strategiska mål:

1. Optimera samhällsnyttan och den ekonomiska nyttan av rymdverksamhetens fördelar
2. Stärka den europeiska rymdindustrin
3. Stärka Europas autonomi när det gäller tillgång till rymden
4. Stärka Europas roll som en global aktör

De huvudsakliga rymdprogrammen i EU är fortsatt Galileo, Copernicus, Rymdlägesbild och GovSatcom. Sedan kommissionen presenterade förslaget om en europeisk rymdstrategi har det förts diskussioner om dubbla användningsaspekter avseende EU:s rymdprogram, dvs. hur medlemsländerna även kan nyttja dessa system för försvars- och säkerhetstillämpningar. I och med den internationella utvecklingen på senare tid har diskussionen även kommit att handla om EU:s förmåga till att försvara infrastrukturen i rymden mot olika hot. En annan fråga är Europas oberoende inom rymdområdet, särskilt inom vissa utpekade områden såsom satellitnavigering, jordobservation, uppskjutning och rymdlägesbild. Den strategiska autonomi som nämns i sammanhanget innebär att kunna ha möjligheten att tacka nej till olika samarbetsförfrågningar inom rymdområdet utan att riskera utpressning.²⁰³

För tre år sedan var det fortfarande oklart hur EU:s rymdstrategi skulle kopplas samman med försvarsfrågor. Sedan dess har diskussionen konkretiserats på ett antal olika sätt, tre exempel följer nedan.

Det första exemplet är det pågående arbetet kring kritiska rymdteknologier för ett europeiskt strategiskt oberoende (*non-dependence*). Med oberoende avses här möjligheten till fri och obegränsad tillgång till nödvändig rymdteknologi. Det betyder att rymdteknologin skall finnas tillgänglig inom EU:s medlemsstater eller hos allierade länder. Listan på kritiska rymdteknologier bereds numera gemensamt av ESA, EDA (European Defence Agency) och EU-kommissionen dvs. ur både ett civilt och militärt perspektiv. Europeisk rymdindustri och forskningsorganisationer har deltagit redan från start och arbetet har pågått sedan mars 2019.

²⁰¹ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

²⁰² *Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - Space Strategy for Europe*. Bryssel: Europeiska kommissionen, 2016-10-26. COM(2016) 705 final. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/19442> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁰³ Lindström, Sandra. *Reserapport från European Space Conference 2020*. Stockholm: FOI, 2020-02-11. FOI Memo 7028.

Listan på kritiska rymdteknologier kommer att utgöra en viktig del i inriktningen av de europeiska rymdprogrammen. I Sverige saknas en liknande diskussion, det kan inte uteslutas att dessa teknologier berör eller på längre sikt skulle kunna beröra den rymdrelaterade verksamhet som utgör eller kommer utgöra stöd för Försvarsmaktens operativa förmåga samt för Totalförsvaret.²⁰⁴

Det andra exemplet är EU-kommissionens relativt nya initiativ till en handlingsplan för civil industri, försvars- och rymdindustri. Handlingsplanen syftar till en bättre koordinering mellan dessa industrier, samt att hitta synergier mellan civil och militär forskning avseende kritiska teknologier och strategiska värdekedjor.²⁰⁵ Detta ligger helt i linje med vad som har föreslagits som strategiska mål och insatser i den svenska rymdstrategin. Där står exempelvis att civila och militära aktörer ska samverka om forskning och utveckling samt användning av rymdsystem så att synergier mellan civil och militär rymdverksamhet tas till vara. Det står även att ett strategiskt mål för Sverige bör vara att synergier mellan statens stöd till teknikutveckling för rymdverksamhet och annat stöd till civil och militär verksamhet tillvaratas.²⁰⁶

Det tredje exemplet på hur rymd och försvar knyts närmare varandra är det nya direktoratet som EU-kommissionen har satt upp, DG DEFIS (*Directorate-General for Defence Industry and Space*), där försvarsindustrin och rymdområdet sammanförs.²⁰⁷ Direktoratet ansvarar för att implementera EU:s rymdprogram i enlighet med den europeiska rymdstrategin och de ansvarar samtidigt för att upprätthålla en europeisk försvarsindustri som är konkurrenskraftig och innovativ. De har även en viktig roll vad gäller implementeringen av EDF (*European Defence Fund*), ett nytt program för finansiering av försvarssamarbeten inom forskning och teknikutveckling. Direktoratet skall arbeta i enlighet med handlingsplanen för europeisk försvarsindustri *European Defence Action Plan*²⁰⁸. I handlingsplanen finns en del direkta rymdrelaterade aktiviteter:

²⁰⁴ Synpunkter på Draft Critical Space Technologies for European Strategic Non-dependence Actions for 2021-2023. Stockholm: FOI, 2019-09-26. FOI-2019-1381.

²⁰⁵ EU-kommissionen. *Action Plan on synergies and cross-fertilisation between the civil, defence and space industries*. 2020-09-25. Ares(2020)5040558. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12611-Action-Plan-on-synergies-and-cross-fertilisation-between-the-civil-defence-and-space-industries> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁰⁶ Regeringens skrivelse 2017/18:259. *En strategi för svensk rymdverksamhet*. 2018-05-09. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁰⁷ European Commission. Directorate-General DEFIS. *Defence Industry and Space*. https://ec.europa.eu/info/departments/defence-industry-and-space_en (uppslagsdatum 2020-11-17).

²⁰⁸ *Communication from the Commission to the European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and social Committee and the Committee of the Regions. European Defence Action Plan*. Bryssel: EU-kommissionen, 2016-11-30. COM(2016) 950 final. https://ec.europa.eu/info/departments/defence-industry-and-space_en (uppslagsdatum 2020-11-17).

- *“The Commission, in cooperation with the High Representative, EDA and the European Space Agency, is preparing an initiative to ensure reliable, secured and cost-effective satellite communications services for EU and national authorities managing security critical missions and infrastructures...”*
- *The Commission shall explore how Copernicus could cover further security needs, including defence. It shall strengthen security requirements and will reinforce synergies with non-space observation capabilities...*
- *The Commission is committed to contribute to ensuring the protection and resilience of critical European civil and military space infrastructure, enhancing the existing EU space surveillance and tracking (SST) support framework...”*

EU-kommissionen har ställt frågor till Sverige avseende ovanstående exempel och bedömningen är att EU-kommissionen kommer ställa fler frågor framöver. För att hantera detta bör det finnas ett liknande arbete i Sverige, vilket också föreslås i den svenska nationella rymdstrategin.

6 Rymdlägesbild - internationell utveckling och trender

Författare: Jonatan Westman (red.) och Matti Nylund

USA är alltså världens ledande nation vad gäller rymdlägesbild och genom sin öppna delning av baninformation för rymdobjekt utgör amerikanska data fundamentet för en stor del av både operativa och forskningsrelaterade verksamheter kring rymdlägesbild internationellt.

6.1 Teknisk utveckling

USA:s system för rymdövervakning, SSN (*Space Surveillance Network*), ligger numera under den amerikanska rymdstyrkan. Systemet kombinerar data från ett 30-tal markbaserade optiska teleskop och radarsensorer, vilka tillsammans med ett antal rymdbaserade sensorer används för att spåra både satelliter och rymdskrot. Efter den oavsiktliga kollisionen mellan satelliterna Iridium 33 och Cosmos 2251 år 2009, blev det tydligt för USA att det fanns ett behov av att bättre kunna övervaka rymddomänen och säkerställa dess tillgänglighet för USA:s kommersiella och militära intressen. Ett redan påbörjat uppgraderingsarbete påskyndades och redan samma år skrevs ett kontrakt om utvecklingen av ett nytt radarsystem, kallat *Space Fence*. Det planeras bestå av två radarstationer, en på norra halvklotet och en på södra. Den norra stationen, på Kwajaleinatollen på Marshallöarna, förklarades operativ i mars 2020.²⁰⁹ Det nuvarande systemet detekterar och spårar objekt ned till ca tio centimeter. När *Space Fence* är fullt utbyggt kommer det möjliggöra detektion och spårning av objekt ner till ca en centimeters storlek. Uppskattningsvis kommer denna förbättring öka antalet spårningsbara rymdobjekt med ungefär en storleksordning, från drygt 20 000 till 100 000–200 000.

Data från SSN används bland annat för att delge satellitoperatörer kollisionsvarningar. En effekt av den förbättrade sensorkapaciteten kommer att bli en drastisk ökning av antalet katalogiserade objekt, något som i sin tur riskerar att leda till en ohållbar ökning av antal kollisionsvarningar givet de nuvarande kollisionsvarningsalgoritmerna. Uppskattningar har kommit fram till att satellitoperatörer kan komma att få tiotusentals varningar per vecka.

Kollisionsvarningarna grundas i probabilistiska beräkningar baserade på inmätningar av rymdobjekt och uppskattningar av deras banor. För att bättre kunna sortera bort så kallade falska positiva varningar (dvs. utfärdade varningar där

²⁰⁹ Erwin, Sandra. SpaceNews. *Space Fence surveillance radar site declared operational*. 2020-03-28. <https://spacenews.com/space-fence-surveillance-radar-site-declared-operational/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

objekten passerar förbi varandra utan kollision), och därmed lösa en del av problemet med antalet varningar, kommer det sannolikt krävas en avsevärt högre precision på inmätningar av rymdobjekt och uppskattningar av deras banor jämfört med idag tillsammans med nya metoder för att bättre bestämma kollisions-sannolikheter. Om beräkningsmetoderna för möjliga kollisioner inte förbättras så att de är i balans med den ökade förmågan att följa små objekt kan det innebära att de nya sensorerna inte kan nyttjas fullt ut.

Med de stora satellitkonstellationerna som nu planeras och i viss mån redan har börjat skickas upp, kommer det även bli svårt för satellitoperatörer att hålla en lika hög beredskap på varje individuell satellit. Kollisionsvarningar har i hög grad hanterats manuellt och till skillnad från varningar för kollisioner med rymdskrot måste potentiella kollisioner mellan satelliter samordnas mellan operatörerna för att undvika att de respektive satelliterna utför undanmanövrar som tar ut varandra. Detta ställdes nyligen på sin spets då det i september 2019 rapporterades²¹⁰ att ESA ensidigt fick göra en undanmanöver från en av SpaceX Starlink-satelliter. ESA hade försökt utbyta information om kollisionsvarningar med SpaceX. Traditionellt sker denna typ av kontakt via e-post eller telefon, men tekniska problem hos SpaceX gjorde att de missade flera av meddelandena. Denna händelse åskådliggör flera svagheter i nuvarande system kring kollisionsvarningar. En möjlig väg förbi detta är att utföra undanmanövrar automatiskt och mycket pekar på att utvecklingen snabbt kommer gå åt detta håll.

Ett sådant system skulle behöva tillgång till ett globalt informationsnät för att möjliggöra en skyndsam instruktion för undanmanövrering. Även för att säkerställa att satelliten alltid kan nås och inte behöver vänta på att passera någon viss markstation för att få instruktioner om en undanmanöver. Automatisering av undanmanövrar kan även innebära att internationella regler behöver fastställas om vem som har ansvaret för att förändra sin bana, och hur, för att undvika en eventuell kollision.

6.2 Användning av AI-teknologi för övervakning av rymdobjekt

Genom de stora framsteg som gjorts inom maskininlärning och AI de senaste åren påverkas även forskningen inom rymdlägesbild. Med AI kan till exempel avvikande beteenden hos satelliter analyseras från ett beteendeperspektiv, där systemen även kan tränas upp att identifiera farliga händelser genom mönsterigenkänning. I stället för att räkna på varje objekt i taget och de krafter som påverkar

²¹⁰ Koren, Marina. The Atlantic. *SpaceX Missed Some Urgent Emails About a Satellite Standoff*. 2019-09-16. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/09/spacex-esa-collision-email/598120/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

respektive objekt analyseras i detta fall all relevant data samtidigt, vilket ger en högre beräkningsprestanda och ett effektivare sätt att identifiera kollisionrisker.

6.3 Trafikledning i rymden

Trenderna med ökande antal rymdnationer, ökande antal satelliter och kanske framför allt kommande stora konstellationer, innebär att risken för kollisioner ökar. För att vidmakthålla en säker rymdmiljö finns det ett behov av att framöver upprätta ett rymdtrafikövervakningssystem. Rymdobjekten befinner sig i en global miljö och måste därmed hanteras globalt. Detta innebär sannolikt att det kommer behövas en referens katalog som innehåller alla kända rymdobjekt. Med hjälp av referens katalogen kan alla objekts framtida position beräknas (propageras) och nödvändiga undanmanövrar genomföras.

En stor förändring har initierats i USA genom utfärdandet av deras rymddirektiv 3 i juni 2018, läs mer om det i kapitlet *Utvecklingen hos de stora rymdaktörerna*. Direktivet, som handlar om en nationell policy för trafikledning i rymden, innehåller flera delar där en av de mest omskrivna är att ansvaret för rymdlägesbild ska flyttas från försvarsdepartementet till handelsdepartementet. Direktivet anger också att NASA tillsammans med Transportdepartementet och Radiokommunikationskommissionen (FCC) ska modernisera regelverket som hanterar frågan om mängden skrot som tillförs rymden.

Samtidigt öppnas det upp för att den funktion som handelsdepartementet ska bygga upp även ska ha möjlighet att tillhandahålla data och tjänster baserade på inmätningar från andra aktörer, såväl kommersiella som ideella och internationella. Om detta skulle ske skulle denna funktion kunna få status som global referens. Det ska tilläggas att handelsdepartementet ännu inte fått full finansiering för att genomföra de förändringar som föreskrivs i rymddirektiv 3.

6.4 Kommersialisering av rymdlägesbild

Rymdlägesbildsverksamheten i USA kan i princip delas upp i två delar, den öppna och internationellt viktiga verksamheten som i praktiken stödjer övervägande delen av världens satellitoperatörer, samt den nationella militära delen. I rymddirektiv 3 föreslås förändringar som skall göra denna uppdelning ännu tydligare.

Traditionellt har USA:s försvarsmakt varit den aktör som i stor skala kunnat hantera hela kedjan från inmätning till kollisionsvarning. De senaste åren har det växt fram ett antal privata aktörer som också erbjuder både egna inmätningar och deriverade tjänster, där vissa inmätningförmågor till och med överträffar amerikanska försvarsmaktens.

I framtiden finns en möjlighet att denna kedja kan delas upp och hanteras av olika aktörer. Det kommer då finnas aktörer som bara hanterar sensorer och levererar

inmättningsdata. Detta kan vara grupper som primärt använder sensorer för andra ändamål som exempelvis astronomiska teleskop och atmosfärforskningsradarsystem. Andra aktörer kan istället specialisera sig på databehandling och rymdlägesbildstjänster. Rymdlägesbild går då mot en mer modulärt uppbyggd funktion där fler aktörer kan bidra och därmed snabba på teknikutvecklingen.

Något som är ställt bortom allt tvivel är att den stora ökningen i tillgång till rymdlägesbilsdata kommer medföra en utveckling av nya tjänster baserat på dessa data. En utveckling som kan liknas med till exempel de meteorologiska tjänster som tas fram från gemensamma meteorologiska satellitbilder.²¹¹ Värdet av en satellit är fortsatt högt att det finns stort incitament av att skydda dem, vilket troligen kommer snabba på den tekniska utvecklingen och ge alla som vill betala en förstklassig rymdlägesbild.

6.5 Rymdlägesbild för försvar och säkerhet

I samband med att fler kommersiella aktörer kommer att erbjuda inmätningar är det också sannolikt att hemliga satelliter (i praktiken främst USA:s och deras allierades) kommer att bli synliga i dessa data. Detta innebär att militären får räkna med att satelliternas position i framtiden är öppen information och att satelliternas banor blir svåra att hemlighålla. Ett möjligt sätt för aktörer att gömma sina satelliter i framtiden kan vara att inte registrera sina objekt och simulera att objektet är en del av det rymdskrot som kan uppkomma vid uppskjutningen. Satelliten kan då aktiveras i hemlighet när behov uppstår för dess egentliga uppgift. Ett annat möjligt sätt är att använda sig av smygteknik för att undvika upptäckt.

USA och deras rymdstyrka anser numera att en traditionell rymdlägesbild inte är tillräcklig utan det krävs också en domänförståelse. Den stora skillnaden är att rymdlägesbilden och dess underliggande system skapades i syfte att övervaka rymden och undvika kollisioner medan domänförståelsen är en förutsättning för att kunna förstå, förutspå och förekomma hot samt förneka en motståndare tillträde till sina rymdsystem. Förutom en förståelse för banmekanik och inmättningsförmåga kräver domänförståelsen också plattformskänedom och kunskap om taktik och rymdmaktsteori.

Många nationer med stora investeringar i rymdinfrastruktur och beroenden av rymdbaserade tjänster ser ett behov av att säkerställa en oberoende kapacitet till en egen rymdlägesbild, det vill säga utan att vara beroende av tredje part. Ambitionerna varierar från att kunna verifiera att mottagna data är pålitliga till att kunna skapa en egen nationell katalog. Både grundat i kostnad och geografisk

²¹¹ Institute for Defense Analysis (IDA). *Global Trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)*. Washington: IDA, 2018. <https://www.ida.org/-/media/feature/publications/g/global-trends-in-space-situational-awareness-ssa-and-space-traffic-management-stm/d-9074.ashx> (uppslagsdatum 2020-11-17).

täckning finns det då ett incitament för mindre länder att etablera ett ömsesidigt utbyte av rymdlägesbilsdata. Om detta kommer ordnas i former av bi- eller multi-lateral samarbeten eller på en än högre internationell nivå återstår att se.

7 Teknikutveckling inom spaning och övervakning från rymden

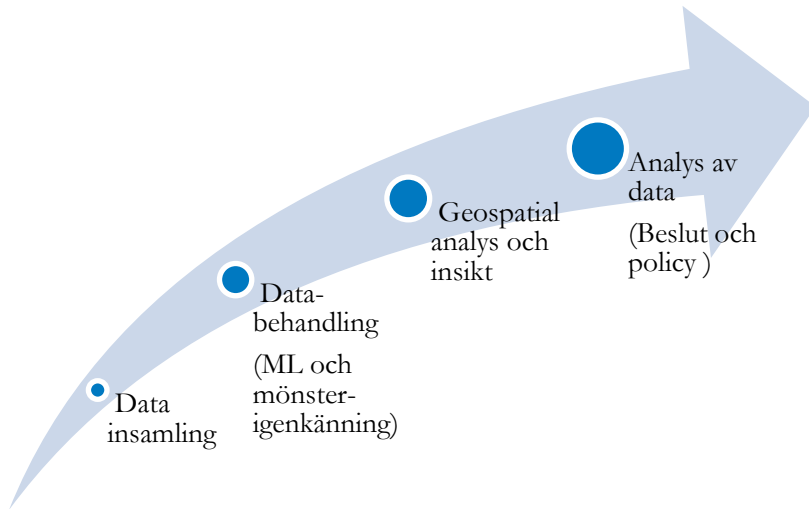
Författare: Seméli Papadogiannakis (red.), David Gustafsson, Lars Sjöqvist och Thomas Svensson

Teknikutvecklingen inom spaning och övervakning från rymden (SÖR²¹²) går snabbt framåt och öppnar upp nya möjligheter och användningsområden. I detta kapitel kommer några av dessa tekniker diskuteras med fokus på trender som är aktuella nu och som kan bli viktiga i framtiden, framförallt för svenskt försvar. I huvudsak kommer maskininlärning, hyperspektrala system, superupplösning och lidarsensorer belysas ur ett rymdperspektiv. Begreppet SÖR innefattar även radar- och signalspaning men dessa tillämpningar berörs inte i detta kapitel. En övergripande trend är att bildanalys är alltmer algoritmdriven vilket möjliggör ökad komplexitet och ett bredare användningsområde. Detta härrör från en ökning av data som en följd av den stora ökningen av satelliter som skjuts upp. Ju mer data som samlas in desto större blir även behovet av ett automatiserat sätt för att hantera detta.

7.1 Maskininlärning som koncept

Maskininlärning ML (*machine learning*) är ett samlingsnamn för analysverktyg där data automatiseras och används i allt fler tillämpningar och sektorer. Inom rymdsektorn används maskininlärning idag till framförallt bildanalys i olika utsträckning, i och med att maskininlärning blir en alltmer mogen teknik kommer den användas i alla led från datainsamling till stöd för beslut och policy. Utvecklingen inom området går mycket snabbt och drivs av den allt större datamängd som hanteras i rymden, men också av den snabba utvecklingen och utökad användning i andra sektorer. Förbättrad kamerateknologi, datalagringsmöjlighet och dataöverföringshastighet har också till stor grad bidragit till denna trend.

²¹² SÖR, är ett begrepp som används i Försvarsmakten.



Figur 14 Här visas stegen för att behandla satellitdata. Det börjar med insamling av data och slutprodukten är en överblickande analys av data som ger stöd för beslut och policy. Denna grafik är inspirerad av Hemanth.²¹³

I Figur 14 illustreras de olika stegen som satellitdata går igenom och kan sammanfattas som:

- **Datainsamling:** Rådata som samlas in från satelliten, överföring från satellit till marken och datalagring både i satellit och på marken. Detta innefattar också data som annoterats dvs. data med etiketter på vad föremål i bilder föreställer.
- **Databehandling:** Data behandlas med t.ex. ML och mönsterigenkänning. Detta steg är i regel beroende av annoterad data för att algoritmerna ska kunna lära sig och hitta nya mönster.
- **Geospatial analys och insikt:** Förändringar och klassificeringar görs baserat på alltifrån individuella pixlar i bilderna till hela bilden. Det kan exempelvis vara flera datainsamlingar över ett område för att se förändringar över tid.
- **Analys av data:** Genom att titta på resultaten kan sedan beslut tas om hur viktig exempelvis en förändring är eller hur synligt ett objekt är från satelliter med olika typer sensorer.

Inom bildanalys har möjligheten att detektera och klassificera utbredda objekt i bilder nått oanade nivåer. Framgången beror på en rad faktorer som delvis också stämmer på vissa rymdtillämpningar som automatisk analys av satellitbilder. Det

²¹³ Hemanth, D. Jude (red.). *Artificial Intelligence techniques for satellite image analysis*. Springer, 2020.

är framförallt tre faktorer som har varit avgörande för framgången med den maskininlärningsbaserade automatiska analysen:

- **Dataförsörjning.** Tillgången på annoterad träningsdata av god kvalitet med tillräcklig variation har varit helt avgörande för ML:s framgångar. Antalet träningsexempel som krävs för att nå framgång är tillämpningsberoende, men mängden data av god kvalitet måste generellt sett tillgodoses.
- **Algoritmutveckling.** ML-algoritmen som nästan uteslutande används är djupinlärning DL (*deep learning*) vilket är ett neuralt nätverk med många lager. Nya träningsalgoritmer har möjliggjort träning av neurala nätverk med många dolda lager vilket har varit avgörande för många tillämpningar.
- **Hårdvara.** Stora nätverk som behöver tränas på stora mängder data kräver mycket beräkningskraft för träningen. Utvecklingen av nya grafikort dedikerade för snabba beräkningar har öppnat upp för massiv träning av nätverk.

Den mest avgörande framgångsfaktorn ses ändå som att tillgången på annoterad träningsdata av god kvalitet har ökat.

7.1.1 Tillämpningsområden inom rymd

Maskininlärning kommer påverka många olika delar inom informationsinhämtning från rymden på olika sätt. Förmågan att automatiskt upptäcka och klassificera olika typer av objekt i satellitdata öppnar upp nya möjligheter för informationsinhämtning. ML kommer öka möjligheten att analysera stora mängder data i nära realtid och även mängden information som kan extraheras från data kommer att öka.

Centrala och ur försvarssynpunkt intressanta områden inom maskininlärning för automatisk informationsextraktion ur bilddata är följande:

- **Detektion och klassificering av utbredda mål.** Automatisk detektion och klassificering av objekt i satellitbilder där målet upptar åtminstone några pixlar. Exempel på tillämpningar skulle kunna vara att detektera hus i rural miljö, skatta storlek på hus och typ av byggnad. Detektion av specifika hus som kyrkor och fabriker, eller tillfälliga bosättningar som husvagnar och husbilar.
- **Detektion och klassificering av pixelmål.** Klassificering av mål som enbart täcker en eller ett fåtal pixlar. Dessa metoder kräver ofta multi- eller hyperspektrala bilder samt att objekten har en distinkt spektral signatur.
- **Anomalidetektion.** Detektion av objekt som avviker från det som normalt förekommer i en given miljö. Här är målsättningen att upptäcka anomalier som inte är kända på förhand. Exempel på tillämpningar är att

upptäcka människoskapta objekt i naturen som föroreningar, plastpåsar, kläder eller fordon. Metoden används också för att upptäcka fartyg eller utsläpp till sjöss.

- **Semantisk segmentering.** Vid semantisk segmentering klassificeras varje pixel till en viss typ av objekt. Semantisk segmentering genererar en mask med samma upplösning som bilden, där maskens innehåll indikerar vilket objekt som pixeln innehåller. Tillämpningar kan vara att dela upp en satellitbild i olika regionstyper, som barrskog, lövskog, torr åkermark, våt åkermark, snötäckt mark, plöjd mark, grusväg, asfaltsväg, byggnad och sjö.
- **Förändringsdetektion.** Om en satellit regelbundet samlar in bilder över tid innehållande samma region kan förändringar i bilden automatiskt upptäckas. Upptäckt av naturliga förändringar vill undvikas som att gräset har växt eller att det har snöat. Istället är det önskvärt med upptäckt av mer permanenta förändringar som nya vägar, nya byggnader, byggnader som har försvunnit eller skogar som har avverkats.

7.1.2 Hinder för maskininläring inom rymdtillämpningar

Det största hindret för maskininläringens framgång för rymdtillämpningar är dataförsörjning. Tillgången på öppen oannoterad satellitdata ökar och tillgången kommer troligen att fortsätta öka i snabb takt. Data från olika satelliter är inte identisk, olika våglängdsband och olika sensorer används på olika satelliter. Tillgången på explicit annoterad satellitdata är också begränsad då bildannotering är tidskrävande och dyrt. En intressant lösning på annoteringsproblemet är att kombinera öppen kartinformation, GIS (geografiskt informationssystem), med satellitbilder. GIS-data från exempelvis Lantmäteriet innehåller relativt detaljerad information om byggnader, vägar och skogsmiljö. Fusion av GIS-data med satellitbilder öppnar därför upp för nya tillämpningar.

Det finns även andra problem som gör att generalisering av ML-resultat från andra bildbehandlingsområden kan vara svårt. Förbehandling av satellitbilder för att till exempel kompensera för atmosfärsstörningar kommer påverka resultaten. Vidare innehåller satellitbilder vanligen mål som är delvis skymda av moln vilket gör detektion problematiskt.

7.1.3 Framtiden för maskininläring

Maskininläring har varit framgångsrikt inom ett stort antal väldigt olika tillämpningar inom bildanalys där bilder av olika modalitet har analyserats. Framgångarna som initialt härrör från vanliga visuella bilder har generaliserats till andra bildmodaliteter och helt andra frågeställningar, framför allt inom medicin. I bildtillämpningar där det finns tillgång till stora mängder annoterad data eller där simulerad data kan användas vid träning har djupinläring ofta gett ytterst goda resultat. Ett exempel på detta är superupplösning som utvecklas i det kommande

kapitlet *Superupplösning*. Givet att dataförsörjningsproblemet kan lösas skulle ML kunna generera goda resultat även för satellitbilder.

Automatisk analys av data, och då framför allt bilder av olika modalitet, med maskininlärning är ett ytterst aktivt forskningsområde där stora framsteg har gjorts på kort tid. Dessa framsteg inom automatisk analys av data kommer även att påverka informationsinhämtning från rymden, dels genom en uppsnabbning av analys av mycket stora mängder data och dels genom högre kvalitet i analyserna.

7.2 Hyperspektrala system

Hyperspektrala avbildande system, HSI (*hyper spectral imaging methods*), samlar in bilddata i smala spektralband, upp till flera hundra, vilket bland annat ger förbättrade möjligheter att detektera förändringar och att hitta svårupptäckta mål jämfört med spektralt bredbandiga system. Under en längre tid har det varit ett ökande intresse för hyperspektrala avbildande system med en utveckling både mot fler ryddbaserade system och mot allt bättre prestanda hos dessa system, bland annat avseende pixelupplösningen. En annan trend är utvecklingen mot allt mindre sensorstorlek och energikonsumtion, som bland annat har drivits på av behovet av att kunna montera avbildande system på mindre satelliter. Hyperspektrala bilder kan användas för att klassificera objekt och ge en större förståelse om innehållet i bilden. Exempelvis hur stor andel av bilden som täcks av olika material, fordonsdetektion eller förändringar över tid.²¹⁴

7.2.1 Tillämpning av HSI inom rymdområdet

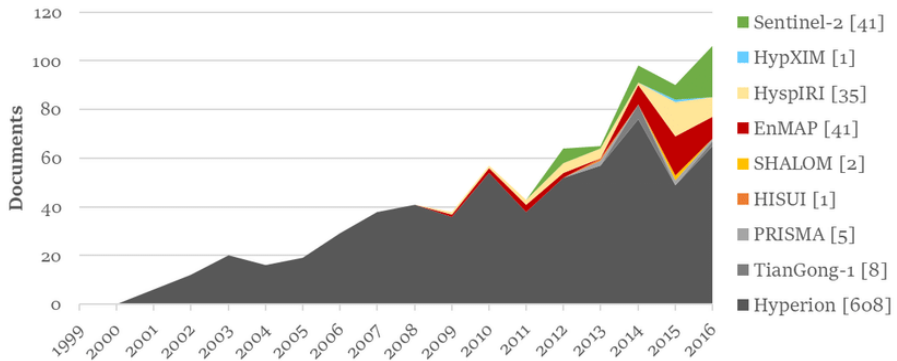
Det växande intresset av HSI återspeglas tydligt av att antalet publikationer relaterade till hyperspektral jordobservation har ökat på senare år, se Figur 15. En sannolik utveckling är att denna trend kommer att fortsätta öka framöver.

Det allt större intresset för HSI drivs på av utvecklingen mot bättre sensorförmågor med fler tillämpningar som följd. Användningen av fler högupplösta sensorer och HSI-sensorer genererar i sin tur en ökande mängd data. Utvecklingen av kraftfullare datorer och algoritmer medför ett bättre nyttjande av informationsinnehållet i de ökande datamängderna som genereras.

Det finns också ett stort politiskt intresse för rymdområdet bland annat genom tillämpningar av ryddbaserad HSI. Exempelvis har ryddminister Matilda Ernkrans angivit mätningar av koldioxidhalt i luften, spårning av plastavfall i havet

²¹⁴ Neon. *National ecological observatory network*. <http://data.neonscience.org>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

och upptäckt av skogsbränder som exempel på viktig rymdteknik som är typiska tillämpningar för HSIM-tekniken.²¹⁵



Figur 15 Diagrammet visar ökningen av antalet publikationer mellan 1999 och 2016 inom hyperspektral jordobservation, baserat på data från nio satelliter med HSIM-system.²¹⁶

7.2.2 Framtiden för hyperspektrala system

En nackdel med satellitbaserad HSIM i spaningstillämpningar är att avståndet mellan sensor och mål är långt vilket medför risk för att en pixel representerar en blandning av flera objekt och därmed blir spektralt blandad. HSIM baserat på längre våglängder, mot det infraröda, har fördelar som bättre penetration genom molnslöjor men har nackdelen att ha sämre spatial upplösning än visuell HSIM.

Utvecklingen mot bättre sensorer och teknik kan komma att gå in i en period med långsammare utveckling än förväntat där fokus istället ligger på att ta fram andra hyperspektrala tekniker som ger sensorer med lägre vikt och mindre yttermått vilket är fördelaktigt för små satellitstrukturer.

Satelliter med HSIM-system med en pixelupplösning på ca fyra meter är idag under utveckling. Målet med nästa generations system är att nå en pixelupplösning (på jordytan) på under en meter, där det blir möjligt att känna igen olika fordons-typer baserat på dess form.

Ett optimistiskt scenario är att pixelupplösningen genomgår en halvering vart femte år, ett antagande som är baserat på prestandautvecklingen hos ett urval av avbildande sensorer på satelliter med olika uppskjutningsdatum.²¹⁷ Utgående från

²¹⁵ Campanello, S. *Rymdministern: Därför investerar Sverige över en miljard per år i rymden*. NyTeknik. 2019-11-15.

²¹⁶ J. Transon, R. d'Andrimont, A. Maignard, P. Defourny. *Survey of hyperspectral earth observation applications from space in the Sentinel-2 context*. Remote Sens. Nr 10, 2018.

²¹⁷ C. Gullström, T. Svensson, D. Faria, L. Sjöqvist. *Rymdbaserade elektro-optiska sensorer - En förstudie*. Stockholm: FOI, 2020. FOI-D--0920--SE.

detta är en pixelupplösning ned mot en meter möjlig inom 10 år, trolig inom 15 år och sannolik inom 20 år.

Andra viktiga generella parametrar för satellitbilder är återkomsttid, yttäckningshastighet och leveranstid till kund. Antalet jordobservationssatelliter förväntas bli ca fyra gånger fler år 2025 jämfört med tio år tidigare (2015) och baserat på det ökande intresset för HSIM blir antalet HSIM-system sannolikt minst fyra gånger fler under samma tidsperiod.²¹⁸ Återkomsttiden kommer att minska i takt med att antalet HSIM-system blir fler.

7.3 Superupplösning

Superupplösning (*super resolution*) innebär att upplösningen ökas jämfört med upplösningen hos ett avbildande system med traditionell teknik. Eftersom avståndet mellan satellitsensor och jordyta är i storleksordningen 500 kilometer i LEO kan upplösningen vara en begränsande faktor om satellitdata ska nyttjas för objektidentifiering och förändringsdetektion. Superupplösning hos ett elektro-optiskt system kan hänföras både till spatial och till spektral upplösning men i första hand associeras superupplösning med spatial upplösning. Användningen av superupplösning används mer och mer i satellitövervakning för att uppnå bättre upplösning i satellitbilder.

Superupplösning kan delas in i geometrisk, optisk och spektral superupplösning. Exempel på geometriska tekniker är brusreduktion²¹⁹, bildskärpning, mikroskanning, *compressive sampling*²²⁰ och användning av djupinlärning²²¹. De definieras av pixelstorleken och fokallängden på sensorn. Optisk superupplösning baseras på att gå förbi diffraktionsgränsen som begränsas av sensorns aperturöppning och ljusets våglängd. Det uppnås exempelvis med superlinser gjorda i ett speciellt material. Spektral superupplösning innebär rekonstruktion av en spektralt högupplöst bild från en lågupplöst fast med bibehållen spatial upplösning. Ett möjligt tillvägagångssätt för att uppnå hyperspektral upplösning med bibehållen spatial upplösning är att nyttja DCNN (*deep convolutional neural network*) för databehandling.²²²

²¹⁸ L.Bianchi et.al. *Strengthening European capabilities & autonomy*. Report of the expert group on the future of the Copernicus security service, 2017.

²¹⁹ M.Märtens, D.Izzo, A.Krzic, D.Cox. *Super-resolution of PROBA-V images using convolutional neural networks*. *Astrodynamics*, Vol. 3, No. 4, 2019.

²²⁰ J.Michel, G.Blanchet, J.Malik, R.Ruiloba. *Compressed sensing for earth observation with high resolution satellite imagery*. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2012.

²²¹ W.Yang, X.Zhang, Y.Tian, W.Wang, J-H. Xue, Q.Liao. *Deep learning for single image super-resolution: A brief review*. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2019.

²²² X-H. Han. *Hyperspectral image super-resolution using optimization and DCNN-based methods*. Chapter in *Processing and analysis of hyperspectral data*, IntechOpen, 2019.

7.3.1 Tillämpningsområden för superupplösning

Till följd av teoretiska och praktiska begränsningar samt av kostnadsskäl är, som tidigare nämnt, den spatiala upplösningen hos avbildande system på satelliter begränsad. Den teoretiska gränsen sätts både av en pixels avbildning och av ljusets diffraktion. En definition av mycket hög upplösning är en pixelavbildning som är lika med eller bättre än en halv meter på jordytan dvs. $GSD \leq 0.50$ m (*ground sample distance*). Med hänsyn till pixelavbildning och diffraktion kan det krävas en fokallängd uppåt tio meter och en aperturdiameter uppåt en meter på sensorn. Detta medför att satelliterna som ska bära dessa sensorsystem behöver vara stora och därmed kostsamma. Alternativa lösningar för att uppnå en hög upplösning ($GSD < 5$ m) även från mindre satelliter blir därmed intressanta. Ett exempel är satelliten Skysat-1 som kostade en tiondel av vad som är typiskt för optiska spaningssatelliter (satellitens vikt: 83 kg). Optimeringen av spatial upplösning sker nere på marken där bildsekvenser analyseras och kombineras till en slutprodukt med betydligt bättre signal-till-brus-förhållande och en spatial upplösning hos pankromatiska bilder som är under en meter.²²³

7.3.2 Framtiden för superupplösning

Det som kan bromsa trenden med superupplösning är de tekniska utmaningarna. Det ökande intresset för högupplöst satellitdata i kombination med allt bättre datorer och algoritmer talar för att utvecklingen sannolikt kommer att fortsätta. Det finns idag en betydligt större mängd satelliter med lågupplösta avbildande system än högupplösta och de lågupplösta tenderar också att ha betydligt bättre täckning över tid jämfört med de högupplösta. God täckning över tiden är av stort intresse för försvarstillämpningar. Metoder som exempelvis är baserade på brusreduktion och DL utvecklas kontinuerligt för att nyttja bilddata från lågupplösta avbildande system. Den växande mängden tillgängliga data gör att mängden tillgängliga DL-träningsdata blir allt bättre.

Utvecklingen är snabb och i synnerhet inom djupinlärning. Superupplösning ger därför upphov till både möjligheter (egen användning) och risker (tillgången hos icke allierade). Bättre upplösning kan medge klassificering av mindre mål, exempelvis typ av fordon och på längre sikt även identifiering. Flera av ovan beskrivna tekniker såsom dynamisk superupplösning är inte nya utan principerna finns rapporterade sedan decennier tillbaka. Däremot kan bland annat mer kraftfulla datorer ha gjort att dessa tekniker idag kan vara betydligt mer tillämpbara än för ett 20-tal år sedan.

²²³ K.Murthy, M.Shearn, B.D.Smiley, A.H.Chau, J.Levine, M.D.Robinson. *Skysat-1: Very High-Resolution Imagery from a Small Satellite*. Proc. of SPIE, Vol.9241, 2014.

7.4 Lidarsensorer

En rymdbaserad lidarsensor mäter hur laserpulser sprids och absorberas mot aerosoler eller andra partiklar i atmosfären. Sensorn kan uppskatta vindförhållanden i atmosfären samt beskriva terrängförhållanden på jordytan. Lidar (*light detection and ranging*) har använts under en lång tid, i huvudsak för miljö- och klimattillämpningar, både från satelliter och flygande plattformar. Exempel på tillämpningar är mätningar av markytans topografi, studier av atmosfärens egenskaper, bestämning av biomassa över olika geografiska områden samt utbredning av istäcket vid polerna. Den senaste generationens satellitbaserade lidarsensorer har fått förbättrad prestanda och har potential för t.ex. karakterisering av havsmiljöer och detektera ytor under vegetation. Utvecklingen av laser- och detektor-teknologier har möjliggjort att små och robusta lidarsensorer med hög prestanda har tagits fram. Idag används fotonräknande detektorer och lasrar med korta laserpulser vilket medför att lidarsensorer med hög avståndsprecision och upplösning kan konstrueras. Framsteg med hårdvara för datainsamling, signalbehandling och databearbetning har medfört att större datamängder kan hanteras.

7.4.1 Tillämpningsområden för lidarsensorer inom rymdområdet

Flera rymdbaserade lidarsensorer, både för jordobservationer och karakterisering av atmosfären, är under utveckling. Sensorerna förutspås bli mer avancerade i framtiden och ska kunna installeras på mindre satelliter som är placerade i lägre banor. Data från civila rymdbaserade lidarsensorer finns idag tillgängliga vilket medför en användning av data för att utveckla metodik och undersöka om det finns militära användningsområden och i förlängningen, om det krävs, extrapolera till militära prestandakrav. En nyligen uppskjuten satellit är IceSat-2²²⁴ där högupplöst lidardata finns tillgängligt för analys. Olika militära tillämpningsområden för framtida rymdbaserade lidarsensorer skulle kunna vara:

- Information om atmosfären som kan användas i modeller för taktiskt bedömning av sensorprestanda och implementeras i olika typer av beslutsstöd.
- Terrängavbildning av områden som inte kan studeras på andra sätt, klassificering av objekt och miljöer på marken eller i en marin omgivning.
- Bedöma biomassa, eller täthet av skog, studera is- och snöförhållanden i ett geografiskt område eller sondera bottenförhållanden i grunda vatten.
- Förändringsdetektion av karterade områden där topografien förändrats.

En alternativ användning är att placera lidarsensorn på en höghöjdsplattform dvs. en plattform som befinner sig på 20 till 40 kilometers höjd. Här förbättras prest-

²²⁴ NASA. IceSat-2. <https://icesat-2.gsfc.nasa.gov/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

andan eftersom avståndet till markytan blir kortare och upplösningen högre. Nackdelen är att det är svårare att täcka in stora områden vid jämförelse med en satellitplattform. På sikt skulle en lidarsensor kunna stödja funktioner i sensor-kedjan och dess huvuduppgifter.

7.4.2 Framtiden för rymdbaserad Lidar

Rymdbaserade lidarsensorer bör jämföras med radarsensorer i avseendet att undersöka markytans topografi. Här har radarsensorer fördelen att de kan användas under sämre transmissionsförhållanden i atmosfären jämfört med lidar. Lidarsensorer behöver en fri siktlinje för att karakterisera förhållanden på markytan. En lidarsensor har däremot betydligt högre avståndsupplösning jämfört med radarsensorn. Ett annat problem för en lidarsensor kan vara den laterala upplösningen jämfört med en avbildande sensor, vilken är en begränsning som även delas med radarsensorn.

Nästa generations rymdbaserade lidarsystem kommer att ha avsevärt bättre prestanda jämfört med äldre system. IceSat-2 som placerades i bana under 2018 har en fotonräknande lidarsensor ombord. Sensorn är i första hand avsedd att studera isförhållanden vid polerna och förväntas kunna användas i en rad andra tillämpningar som att t.ex. karakterisera vegetation och sondera vattendjup. Flera lidarprojekt står på tur att realiseras under de kommande åren med allt mer avancerade sensorer. På längre sikt kommer lidarsensorer som idag testas i flygburna tillämpningar att kunna placeras på satelliter, alternativt på höghöjdsplattformar. En pådrivande faktor ur tekniksynvinkel är att systemen blir lättare, mer robusta, förbrukar mindre effekt och har mindre volym jämfört med föregångare utan att avkall görs på prestanda. Tvärtom, bedöms nästa generations lidarsensor utnyttja fler optiska egenskaper hos den reflekterade strålningen för att utöka antalet tillämpningar och förbättra prestandan.

En osäkerhet är huruvida militära mål kan identifieras och analyseras på ett effektivt sätt. Dagens system är i första hand framtagna för civila tillämpningar. Vissa tillämpningar med överlapp mellan civil och militär nytta bedöms mindre osäkra. Hit hör exempelvis atmosfärskaraktiseringar som ger underlag (i modeller) för bedömning av sensorprestanda i taktiska beslutsstöd, karakterisering av markytan och olika typer av meteorologiska applikationer. För mer konkreta taktiska militära uppgifter som målklassificering och identifiering är osäkerheten för ökad användning större.

7.5 Sammanfattning av teknikutveckling och trender inom SÖR-området

I detta kapitel har ett urval av trender för teknikutvecklingen inom SÖR-området diskuterats. Kostnaden för uppskjutningar har minskat och det har inneburit en

större mängd satelliter med olika sensorer. Detta har lett till en kraftig ökning av tillgängligt data och en mer automatiserad och algoritmbaserad bildbehandling.

Det finns goda möjligheter till att bedriva forskning- och teknikutveckling inom SÖR-området med intressanta aspekter vad gäller försvarstillämpningar. Utifrån omvärldsbevakningen av teknikutvecklingen inom SÖR har det identifierats ett antal trender som skulle kunna utgöra ett bra avstamp för fortsatt analys.

Prestandautvecklingen hos rymdbaserad HSIM bör fortsatt bevakas, även metoder för att kvantifiera bildkvalitet hos insamlade satellitdata. Utvecklingen av kraftfullare datorer och algoritmer medger bättre nyttjande av informationsinnehållet i de ökande datamängderna. Därför är tillämpning av maskininläring på HSIM-data från satellit ett område som bör studeras vidare. Ett annat exempel är att studera inverkan av atmosfär med atmosfärskompensation av HSIM-data och inverkan av moln. Eftersom HSIM ger bättre möjligheter att upptäcka mål uppstår utmaningar i att exempelvis ta fram spektralt kamouflage för att försvåra upptäckten av egna förband.

Bättre upplösning, som beskrivet i avsnittet om superupplösning, kan medge klassificering av mindre mål och på längre sikt även identifiering av dessa. Flera tekniker såsom dynamisk superupplösning är inte nya utan principerna finns rapporterade sedan decennier tillbaka. Däremot kan mer kraftfulla datorer göra dessa tekniker betydligt mer kraftfulla idag än för ett 20-tal år sedan, speciellt i kombination med metoder som t.ex. maskininläring. En fortsatt analys av superupplösning, både avseende spatial och spektral förmåga, vore därför intressant. Ett konkret exempel skulle vara att studera möjligheten att bearbeta öppet tillgängliga satellitdata till mer högupplösta bilder.

Rymdbaserad lidar skulle kunna utgöra ett komplement till sensorkedjan och dess uppgifter. Om framtida rymdbaserade lidarsensorer kan utvecklas så att en bättre lateral täckning fås kan en rad taktiska möjligheter identifieras.

8 Diskussion och slutsatser

Syftet med denna rapport är att beskriva utvecklingen inom rymdområdet med fokus på försvars- och säkerhetsaspekter avseende domänen, policyutveckling hos viktiga aktörer och teknikutveckling samt trender. Avsikten är att sätta detta i ett svenskt sammanhang och lyfta fram möjligheter och utmaningar för militär förmågeutveckling och nationell säkerhet. Detta utvecklas nedan.

8.1 Uppföljning av slutsatser 2017

I omvärldsanalyrapporten från 2017²²⁵ identifierades ett antal möjligheter och utmaningar, varav bedömningen är att dessa fortfarande är aktuella. Dessa beskrivs här kort och för en fördjupning hänvisas läsaren till rapporten från 2017:

- Organisation och ansvar. Ett sätt att hantera rymdfrågorna ur ett helhetsperspektiv, såsom föreslagits i den nationella rymdstrategin, vore att skapa en referensgrupp med representanter från berörda departement och myndigheter för att lyfta och diskutera rymdverksamhet som berör både civila och militära intressen. Det skulle även bidra till en ökad medvetenhet om rymddomänens utveckling.
- En svensk försvars- och säkerhetsstrategi för rymdområdet. För att ta ett helhetsgrepp kring svensk rymdverksamhet utifrån försvars- och säkerhetsintressen, speciellt i avseende att bygga upp ett totalförsvar, vore det fördelaktigt att ta fram en rymdstrategi för totalförsvarsmyndigheterna som exempelvis täcker in operativa behov, materielförsörjning, regelverk och tillstånd, exportfrågor, utbildningsbehov, forskning och teknikutveckling, etc.
- Förstärkt försvarsforskning och teknikutveckling inom rymdområdet. Det finns behov att både bredda och fördjupa den verksamhet som bedrivs.
- Betydelsen av EU:s rymdstrategi i Sverige. Hur kan svenska myndigheter bättre ta till vara på EU:s rymdresurser för ett svenskt totalförsvar?
- Informationsöverläge kopplat till rymdlägesbild, påbörja arbetet med att bygga upp en nationell rymdlägesbild och rymddomänsförståelse.
- Konflikter och rustningskontroll i rymden. Bygg upp kunskap kring rymdskrotsproblematiken och konflikthantering i rymden.
- Samhällets beroende av rymdtjänster. Identifiera risker och sårbarheter kopplat till rymdtjänster, speciellt relaterat till uppbyggnaden av ett totalförsvar.

²²⁵ Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

- Svenska små satelliter för försvar och säkerhet. Genomför en förstudie kring att använda små satelliter i forskningssyfte för försvars- och säkerhetstillämpningar.

8.2 Möjligheter och utmaningar 2020

Analysen i denna rapport pekar på nya möjligheter, utmaningar och behov som är viktiga för Sverige att ta i beaktande. Nedan sammanfattas detta under ett antal rubriker utan prioritering dem emellan.

Hantera svensk rymdverksamhet ur ett helhetsperspektiv

I takt med att rymdområdet expanderar och ambitionerna ökar måste svensk rymdverksamhet börja betraktas ur ett internationellt perspektiv både för de säkerhetspolitiska kopplingarna och för att svensk rymdverksamhet bedrivs via internationella samarbeten. Det är viktigt att förstå rymdens duala natur (civil-militär), hur de stora rymdaktörerna agerar och de bakomliggande orsakerna. Även civil rymdverksamhet påverkas av eller påverkar försvars- och säkerhetsintressen. Om inte de internationella, säkerhetspolitiska och civil-militära perspektiven tas på allvar kan det få allvarliga konsekvenser. Sverige kan komma att ses som en oseriös aktör, som agerar på ett sätt som underminerar nationell säkerhet eller genomför samarbeten och verksamhet som skadar relationer med viktiga samarbetsländer.

Konkretisera och följ upp den nationella rymdstrategin

Det har hänt en del i och med framtagandet av den nationella rymdstrategin och det råder en något förändrad syn på hur svensk rymdverksamhet bör bedrivas. Detta är framförallt tydligt i regeringsuppdraget angående Esrange och i direktivet till Rymdlagsutredningen. Båda initiativen har lett till att en dialog mellan civila och militära aktörer i Sverige har initierats och förhoppningsvis fortsätter stärkas. Berörda myndigheter behöver bli tilldelade ansvar och uppgifter i linje med den nationella rymdstrategin. I vissa fall kan det även behöva tillföras nya instruktioner eller tillägg till regleringsbrev för berörda myndigheter. Det återstår arbete med att skapa praktiska och organisatoriska förutsättningar för att omsätta den nationella rymdstrategin i verkligheten.

Integrera rymd i militära doktriner

För att framgångsrikt agera på ett framtida slagfält krävs ett operationellt tänkande där rymden är med i hela processen, redan i planeringsskedet. Utvecklingen inom flera länders försvarsmakter med ökad vikt för och skapandet av högre kommandon för rymdfrågor, är en tydlig signal och understryker behovet. Rymden delar likheter med de övriga fysiska domänerna och med informationsmiljön. Det finns plattformar som kan påverkas fysiskt, men fysiken och banmekaniken som styr hur plattformarna rör sig skiljer sig markant från rörelser på jordytan. Plattformarna rör sig hela tiden runt jorden och domänen har därmed en inneboende

global aspekt. Den är också förmågeskapande och därmed tätt knuten till de övriga domänerna med påföljande beroende av tillgången till rymden. Sammantaget är de strategier och doktriner som är utvecklade för övriga domäner inte tillämpbara i rymden. Förmåga till kontroll över rymden som sådan kommer inte vinna ett krig, fast utan tillgång till rymden blir kriget väsentligt svårare att vinna.

Eftersom rymden är en integrerad del av andra domäner och i flera fall skapar förutsättningar för att nyttja system och förmågor i dessa är det sannolikt att en konflikt på marken snabbt kan sprida sig och eskalera till en konflikt i rymden och vice versa. Det är därför högst troligt att framtida konflikter kommer att involvera och negativt påverka rymdbaserade plattformar och tjänster på ett mer direkt sätt än vad som skett hittills. Som tidigare nämnts anses rymden internationellt vara av stor militärstrategisk vikt men skiljelinjen mellan accepterat och icke accepterat beteende i rymden och mot rymdbaserade system är idag inte tydlig. NATO har identifierat rymden som en operativ domän men det är fortfarande otydligt vilket agerande i rymden som skulle kunna utlösa en operation enligt traktatet i kapitel 5. Traktatet fastslår i princip att ett angrepp mot ett NATO-land är ett angrepp mot hela alliansen.²²⁶ Det blir i det avseendet även en utmaning för Försvarsmakten att definiera vilket agerande i rymden som anses som fientligt. Även om Försvarsmakten inte äger infrastruktur i rymden kan fortfarande en avsiktlig störning riktad mot rymdtjänster som Försvarsmakten använder uppfattas som fientligt.

Idag har flera aktörer tillgång till både fysiska och elektroniska ASAT-vapen. Genom regelbundna störningar av satellitbaserad PNT och satellitkommunikation har det blivit uppenbart att tröskeln för att nyttja icke-kinetiska ASAT-vapen är låg. Oavsett var konflikten startar är det därför sannolikt att nästa konflikt kommer bedrivas i, mot och genom rymden. Det innebär att konsumenten av rymdbaserade förmågor måste planera för detta. Att bara vara användare (och inte ägare) för-ringar inte behovet av att planera för motståndskraftiga rymdbaserade system och tjänster. Snarare tvärtom, genom att inte äga egna system blir det mer känsligt för störningar då det inte finns insyn i, eller förmåga att påverka, hela värdekedjan.

Möjligheter och utmaningar kopplat till satellituppskjutning från Esrange

Att regeringen har beslutat att Sverige ska genomföra satellituppskjutningar från Esrange är internationellt sett ett stort och strategiskt viktigt beslut för en nation och sätter Sverige på kartan som en högteknologisk spelare inom rymdområdet. Detta medför även att Sverige måste ta ett större ansvar för sin rymdverksamhet och det är nödvändigt att förstå hur nära förknippat rymdverksamhet är till säkerhets-, försvars- och utrikespolitiska frågor. I och med att dessa frågor hanterades i den nationella rymdstrategin har medvetenheten om dessa aspekter ökat markant på sista tiden. Detta har även konkretiserats i efterföljande regerings-

²²⁶ Stickings, Alexandra. RUSI Newsbrief. *Space as an Operational Domain: What Next for NATO?* 2020-10-15. <https://rusi.org/publication/rusi-newsbrief/space-operational-domain-what-next-nato?> (uppslagsdatum 2020-11-17).

uppdrag vilket har lett till och kommer leda till en förändrad hantering av rymdverksamheten i Sverige. Sverige bör vara en ledande aktör inom rymdområdet och för att axla det ansvaret bör möjligheter tas till vara både för svensk försvarsförmåga och för nationell säkerhet. Risker bör hanteras på ett medvetet och förtröendeingivande sätt.

Det finns stor potential för att nya förmågor på Esrange leder till utökade förutsättningar för nya försvarssamarbeten på rymdområdet. Det stärker Esrange som en viktig strategisk nationell resurs vilket i sin tur kan stärka Sverige vid förhandlingar med internationella samarbetspartners och gynna svenska försvarspolitiska målsättningar. Ökad förmåga inklusive kommersiella uppskjutningsmöjligheter kan också öka intresset från internationella rymdaktörer att nyttja svenska tjänster samt generera politiskt och ekonomiskt tryck på Sverige, inklusive aktörer som till synes är kommersiella och som samarbetar med statsmakter Sverige inte har intresse av att gynna försvars- och säkerhetspolitiskt.

Satsningen på satellituppskjutningar från Esrange leder förhoppningsvis till ett ökat kunnande kring teknik, juridik och politik som ger direkt nytta vid internationella förhandlingar och för exportkontrollfrågor. Det finns även möjligheter till att både bredda och fördjupa den forskning och teknikutveckling som bedrivs inom försvarsområdet i Sverige vilket skulle kunna bidra till regeringens strategiska mål att tillvarata synergier mellan statens stöd till teknikutveckling för rymdverksamhet och annat stöd till civil och militär verksamhet.²²⁷ Exempelvis skulle försvarsforskning kring drivämnen för ballistiska missiler och rymdraketer samt för missil- och raketeknik ge en ökad förmåga att bedöma en motståndare och ge ökad förståelse för utvecklingen av rymden som en arena för krigföring. Ett förslag är att inleda en studie för en djupare analys kring hur den utökade kapaciteten från Esrange kan bidra till ökad militär förmåga, i termer av ny forskning och utveckling, samt för direkt operativ förmåga.

Försvars- och säkerhetsaspekter för Rymdlagsutredningen

Direktivet för översyn av regelverket för svensk rymdverksamhet är i sig ett uttryck för hur rymdområdet sträcker sig över och berör många olika delar av samhället och vilka utmaningar det innebär. Det nya regelverket ska underlätta för olika aktörer i Sverige att göra rätt och det är därför viktigt att förstå att svensk rymdverksamhet redan idag påverkas och i allt högre utsträckning kommer att påverkas av internationella regelverk, riktlinjer och resolutioner samt av den internationella utvecklingen i stort. Rymdlagsutredningen sker i en tid av allt större geopolitiska motsättningar, fragmentering och upptrappad maktkamp mellan företrädare för konkurrerande ideologiska och politiska system. Några av dessa utmanar det rådande systemet på sätt som kan underminera svenska nationella

²²⁷ Regeringens skrivelse 2017/18:259. *En strategi för svensk rymdverksamhet*. 2018-05-09.
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/>
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

intressen. Att förstå hur svensk rymdverksamhet påverkas av och påverkar den internationella maktbalansen blir allt viktigare. Det är redan av central betydelse att förstå och förebygga eventuella negativa konsekvenser för svensk säkerhet avseende samarbeten och samverkan med utländska aktörer i svensk rymdverksamhet och -forskning. Det bör alltid finnas en riskanalys kring olika aktörer, tekniken och kunskapen i sig, användningsområdet för tekniken och kunskapen, samt eventuella konsekvenser av hur tekniken och kunskapen ska användas. Några av de försvars- och säkerhetsaspekter som Rymdlagsutredningen kommer behöva ta hänsyn till går att formulera i ett antal frågeställningar, främst kopplat till internationella samarbeten, samverkan och utländska investeringar:

- Vem är aktören, vad har aktören för syften (även i stort inte bara avseende det föreliggande samarbetet eller samverkan), var får aktören finansiering ifrån?
- Har tekniken och kunskapen dubbla användningsområden?
- Kan användningen av tekniken och kunskapen avsiktligt eller oavsiktligt leda till konflikter och kriser samt skada förtroendet för svensk säkerhets-, försvars- och utrikespolitik?
- Hur ska svensk rymdverksamhet och -forskning skyddas från spionage, påverkan, påtryckningar, sabotage och hot?
- Hur bör utländska investeringar i svensk rymdverksamhet regleras?
- Hur bör Sverige bedriva en transparent och förtroendeskapande rymdverksamhet i balans med skyddsvärd verksamhet?

Asymmetriska fördelar med ASAT-förmåga

Rymdbaserade tjänster ger militära fördelar, men skapar också sårbarheter. De kan bidra med bland annat underrättelser, precisionsnavigering och långreckviddig kommunikation, vilket i många fall är en förutsättning för Försvarsmaktens verksamhet eller ger avgörande militära fördelar. Att ta dessa förmågor för givna och planera för att de alltid är tillgängliga innebär också sårbarheter som kan nyttjas av en motståndare. Utan rymdbaserade tjänster tvingas moderna vapensystem och moderna väpnade styrkor anpassa sig och sitt agerande med försämrad effekt som följd. I en konflikt kan därför nyttjande, eller hot om nyttjande, av olika typer av ASAT-förmågor tvinga motparten att förändra sitt agerande. Genom att förneka en högteknologisk aktör de rymdbaserade tjänsterna kan fördelarna begränsas eller neutraliseras. Detta innebär att en mindre rymdaktör skulle kunna få asymmetriska fördelar genom att nyttja ASAT-förmågor.

Innovation och utveckling för ett totalförsvar

Sverige är ett litet land med begränsade möjligheter. Detta gör att civil-militär samverkan och synergier är än viktigare för att nyttja statens resurser effektivt. En viktig fråga är hur Sverige ska prioritera sina begränsade resurser för att bäst utnyttja den snabbt föränderliga situation som rymden idag innebär. Sverige skulle tjäna på att tänka helt nytt och skapa möjligheter att bli en nyckelspelare inom den

nya internationella rymdekonomin. För att lyckas med detta krävs det mod och förmåga att tänka utanför etablerade banor. En myndighetsöverskridande grupp skulle kunna studera vilka möjligheter det finns för Sverige att dra nytta av de nya teknologier som finns tillgängliga inom rymdområdet i syfte att ta ett tekniksprång. Fokus bör vara att identifiera och inrikta arbetet mot de teknologier och möjligheter som kan realiseras inom 5-10 år. Ett sådant arbete bör utföras utifrån de behov ett totalförsvar kan komma att ha. Det vore även intressant att studera om och hur rymdteknik skulle kunna användas civilt under fredstid för att vid krig snabbt växlas över till militär förmåga. Det skulle innebära effektiv uppbyggnad av ett totalförsvar.

Svensk beredskap för att möta krig mot rymden

I och med den utveckling som rapporten belyser, framförallt mot att rymden betraktas som en egen arena för krigföring, är det oroväckande att detta inte nämns i Förvarspropositionen *Totalförsvar 2021-2025*²²⁸. Propositionen nämner inte rymdområdet varken med hänsyn till den säkerhetspolitiska utvecklingen, kopplat till den långsiktiga inriktningen av försvars- och säkerhetspolitiken eller i relation till de internationella försvarssamarbetena. Framtida konflikter och krig kommer att bedrivas i, genom och mot rymden. Framtida kriser och konflikter kommer att involvera rymddomänen, eller till och med inledas där. För att hantera detta i ett framtida totalförsvar behövs det en samordning och samsyn avseende försvars- och säkerhetsrelaterad forskning samt teknikutveckling inom rymdområdet. Det kommer också behövas en god kunskapsnivå hos berörda myndigheter och en god medvetenhet om den internationella utvecklingen av rymddomänen hos beslutsfattare för att kunna stödja både totalförsvars- och försvarsplanering. Sverige behöver bygga upp en beredskap för att hantera andra aktörers agerande i rymden. Detta resonemang utvecklas även i FOI:s kommande publikation *Strategisk utblick 9*.²²⁹ Ett förslag till gemensam målsättning är att rymddomänens utveckling samt implikationer för svenskt totalförsvar finns med i nästa Förvarsproposition.

²²⁸ Regeringens proposition 2020/21:30. *Totalförsvaret 2021-2025*. 2020-10-14.
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2020/10/prop.-20202130/>
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

²²⁹ Lindström och Hallgren. *Rymden är en ny arena för krigföring*. I *Strategisk utblick 9*. Stockholm: FOI, publiceras under våren 2021.

Litteraturförteckning

FOI-publikationer

Chetan Aspengren, Henrik. *Indien - en framväxande stormakt*. Stockholm: FOI, 2019. FOI-R--4806--SE.

FOI. *Rymd för försvar och säkerhet - nyhetsbrev*. 2020-11-05.
<https://www.foi.se/forskning/flygsystem-och-rymdfragor/rymd--och-missilfragor/rymd-for-forsvar-och-sakerhet.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

FOI. *Årsredovisning 2019*. Stockholm: FOI, 2020. Dnr: FOI-2020-214.
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Gullström, C., Svensson, T., Faria, D., Sjöqvist, L. *Rymdbaserade elektro-optiska sensorer - En förstudie*. Stockholm: FOI, 2020. FOI-D--0920--SE.

Hallgren, K., Sundberg, T. *Artemisavtalen och dess påverkan på internationella rymdsamarbeten*. Stockholm: FOI, 2020-11-04. FOI-Memo 7323.

Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.). *Militärteknik 2045 Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*. Stockholm: FOI, 2020. FOI-R--4985--SE.

Lindström, Sandra. *Metod och förutsättningar för omvärldsbevakning och -analys för militära rymdfrågor*. Stockholm: FOI, 2010. FOI-R--3088--SE.

Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2014 Trender, möjligheter och hot för militär förmågeutveckling*. Stockholm: FOI, 2014. FOI-R--3985--SE.

Lindström, Sandra (red.). *Omvärldsanalys RYMD 2017 Med fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2017. FOI-R--4517--SE.

Lindström, S. och Rydqvist, J. *Kinas rymdprogram och rymdförmågor*. Stockholm: FOI, 2019. FOI-R--4718--SE.

Lindström, Sandra. *Indiens rymdprogram - fokus på försvar och säkerhet*. Stockholm: FOI, 2019. FOI Memo 6756.

Lindström, Sandra. *Reserapport från European Space Conference 2020*. Stockholm: FOI, 2020-02-11. FOI Memo 7028.

Lindström, S. och Hallgren, K. *Svensk beredskap för att möta kriget mot rymden*. I Strategisk utblick 9. Stockholm: FOI, publiceras under våren 2021.

Remiss avseende Försvarsmaktens Rymdstrategi. Stockholm: Försvarsmakten, 2015-09-11. FOI-2015-1483:1.

Rydqvist, J., Lindström, S., Faria, D. *Amerikansk rymdpolicy under Trump*. Stockholm: FOI, 2018. FOI Memo 6545.

Rymd för Försvar och Säkerhet (@MilRymd). <https://twitter.com/MilRymd> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Synpunkter på Draft Critical Space Technologies for European Strategic Non-dependence Actions for 2021-2023. Stockholm: FOI, 2019-09-26. FOI-2019-1381.

Böcker, rapporter och tidskrifter

African Space Strategy for Social, Political and Economic Integration. Addis Ababa: African Union Commission, 2019.
<https://au.int/en/documents/20191007/african-space-strategy-towards-social-political-and-economic-integration> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Aliberti, M. *India in Space: Between Utility and Geopolitics*. Springer International Publishing, 2018.

Aliberti, Marco. *When China Goes to the Moon*. Wien: Springer, 2015.

Alltid uppkopplad – satellitkommunikation gör det möjligt. Rymdstyrelsen, 2016.
<https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/publikationer/alltid-uppkopplad/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Begäran om samråd ayseende beskrivning och analys av utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter av en utökad förmåga vid Esrange. Rymdstyrelsen, 2020-05-26. Dnr. 55/20.

Campanello, S. *Rymdministern: Därför investerar Sverige över en miljard per år I rymden*. NyTeknik. 2019-11-15.

Chen, Yamping. *Chinas space policy – a historic review*. Space Policy. Vol. 37, nr 3, augusti 2016: s. 176-177.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026596461630145X> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Cheng, Dean och Murray, Kerry. *Orbital Dragons: Implications of Chinese Access to Dual-Purpose Space Technologies*. I *Dual Purpose Technologies: Opportunities and Challenges for US Policymaking*, Williamson (red.), s 72. Washington DC: Space Policy Institute, 2001.

Cheng, Dean. *China's Military Role in Space*. Strategic Studies Quarterly, vårnumret, 2012: s. 55.

China's Space Activities in 2016. The 4th version of white paper, Briefing. China National Space Administration, 2017.

Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions -

Space Strategy for Europe. Bryssel: Europeiska kommissionen, 2016-10-26. COM(2016) 705 final.

Communication from the Commission to the European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and social Committee and the Committee of the Regions. European Defence Action Plan. Bryssel: EU-kommissionen, 2016-11-30. COM(2016) 950 final.

https://ec.europa.eu/info/departments/defence-industry-and-space_en (uppslagsdatum 2020-11-17).

Department of Defense. *Defence Space Strategy Summary*. DoD, juni 2020.

https://media.defense.gov/2020/Jun/17/2002317391/-1/-1/1/2020_DEFENSE_SPACE_STRATEGY_SUMMARY.PDF (uppslagsdatum 2020-11-17).

Doktrin för gemensamma operationer 2020. Stockholm: Försvarsmakten, 2020.

M7739-354030. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/doktrin-for-gemensamma-operationer.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

En rymdstrategi för nytta och tillväxt. Stockholm: Rymdutredningen, 2015. SOU

2015:75. ISBN 978-91-38-24339-8. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/statens-offentliga-utredningar/en-rymdstrategi-for-nytta-och-tillvaxt_H3B375 (uppslagsdatum 2020-11-17).

EU-kommissionen. *Action Plan on synergies and cross-fertilisation between the civil, defence and space industries*. 2020-09-25. Ares(2020)5040558.

<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12611-Action-Plan-on-synergies-and-cross-fertilisation-between-the-civil-defence-and-space-industries> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Fördel Rymd. Om rymdområdet i Sverige - nyttor och förutsättningar. Stockholm

2011. <http://www.linnkonsult.se/downloads/fordelrymd-110504b.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Försvarsmaktens underrättelsereglemente FM UndR. Stockholm:

Försvarsmakten, 2010. M7739-353025.

Försvarsmaktens Strategiska Inriktning 2015 ändringsutgåva 1 (FMSI 2015 Ä1).

Stockholm: Försvarsmakten, 2016-07-01. FM2015-1597:7.

<https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/vart-uppdrag/bilaga-1-fm2025-1597-7-fmsi-2015-a1.pdf>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Harrison, T. et al. *Space Threat Assessment 2018*. Washington: CSIS, 2018.

<https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2018> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Harrison, T. et.al. *Space Threat Assessment 2020*. Washington: Center for Strategic and International Studies (CSIS), mars 2020.

<https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2020>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Hemanth, D. Jude (red.). *Artificial Intelligence techniques for satellite image analysis*. Springer, 2020. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/19442>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Imagery from a Small Satellite. Proc. of SPIE, Vol.9241, 2014.

Inriktning av Försvarsmakten forskning och utveckling 2021-2025 (IFoU 21).

Försvarsmakten, 2020-01-27. FM2019-15634:2.

Institute for Defense Analysis (IDA). *Global Trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)*. Washington: IDA, 2018.

<https://www.ida.org/-/media/feature/publications/g/gl/global-trends-in-space-situational-awareness-ssa-and-space-traffic-management-stm/d-9074.ashx>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

J. Transon, R. d'Andrimont, A. Maignard, P. Defourny. *Survey of hyperspectral earth observation applications from space in the Sentinel-2 context*. Remote Sens. Nr 10, 2018.

J. Michel, G. Blanchet, J. Malik, R. Ruiloba. *Compressed sensing for earth observation with high resolution satellite imagery*. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2012.

K. Murthy, M. Shearn, B.D. Smiley, A.H. Chau, J. Levine, M.D. Robinson. *Skysat-1: Very High-Resolution Imagery from a Small Satellite*. Proc. of SPIE, Vol.9241, 2014.

L. Bianchi et.al. *Strengthening European capabilities & autonomy*. Report of the expert group on the future of the Copernicus security service, 2017.

Lan, Chen. *Is The Chinese Manned Space Programme a Military Programme?*

Go Taikonauts! Issue 1, 2011, s. 12. http://www.go-taikonauts.com/images/newsletters_PDF/GoTaikonauts1.pdf

(uppslagsdatum 2020-11-17).

M. Mörtens, D. Izzo, A. Krzic, D. Cox. *Super-resolution of PROBA-V images using convolutional neural networks*. Astrodynamic, Vol. 3, No. 4, 2019.

Mathieu, C. *Assessing Russia's space cooperation with China and India Opportunities and Challenges for Europe*. Wien: ESPI, juni 2008. Report 12.

<https://www.files.ethz.ch/isn/124767/espi%20final%20report%20ric.pdf>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Med blicken mot jorden – satellitbilder för samhällsnytta och forskning.

Rymdstyrelsen, 2013. <https://www.rymdstyrelsen.se/om->

[rymdstyrelsen/publikationer/med-blicken-mot-jorden/](#)
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Militärstrategisk doktrin - MSD 16. Stockholm: Försvarsmakten, 2016. M7739-354028. <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/militarstrategisk-doktrin-2016-ny.pdf>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of Defence. *Technology Perspective and Capability Roadmap (TPCR) - 2018*. <https://mod.gov.in/sites/default/files/tpcr.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of National Defense The People's Republic of China. *China's Military Strategy*. Part III. <http://eng.mod.gov.cn/Database/WhitePapers/2014.htm>
(uppslagsdatum 2018-11-17).

Ministry of National Defense. *Chinas National Defence in the New Era*. 2019-07-24. http://eng.mod.gov.cn/publications/2019-07/24/content_4846452.htm
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of National Defense. *White paper 2014*.
http://eng.mod.gov.cn/publications/2016-07/13/content_4768294.htm
(uppslagsdatum 2020-11-17).

National Security Strategy of the United States of America. Washington: Vita huset, december 2017. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

National Strategy for Critical and Emerging Technologies. Washington: Vita huset, oktober 2020. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/10/National-Strategy-for-CET.pdf>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Navigera i vardagen – satelliterna visar vägen i samhället. Rymdstyrelsen, 2015. <https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/publikationer/navigera-i-vardagen/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Office of Space Commerce. *National Space Council Directives*.
<https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-council-directives/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Pollpeter, K., Anderson, E., Wilson, J. och Yang, F. *China Dream, Space Dream: China's Progress in Space Technologies and Implications for the United States*. US-China Economic and Security Review Commission, s. 115, 2015. https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China%20Dream%20Space%20Dream_Report.pdf (uppslagsdatum 2020-11-17).

Pollpeter, Kevin L., Chase, Michael S. och Heginbotham, Eric. *The Creation of the PLA Strategic Support Forces and its Implications for Chinese Military Space Operations*. Santa Monica: Rand Corporation, 2017.

Regeringens proposition 2020/21:30. *Totalförsvaret 2021-2025*. 2020-10-14. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2020/10/prop.-20202130/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringens skrivelse 2017/18:259. *En strategi för svensk rymdverksamhet*. 2018-05-09. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/05/skr.-201718259/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringsbeslut III:3. *Regleringsbrev för budgetåret 2017 avseende Rymdstyrelsen*. Solna: Utbildningsdepartementet, 2017-09-21. U2017/03743/F.

Riksrevisionen granskar: staten på marknaden. Svensk rymdverksamhet - en strategisk tillgång? Stockholm: Riksrevisionen, 2013. RIR 2013:1. ISBN 978 91 7086 307 3.

<https://www.riksrevisionen.se/rapporter/granskningsrapporter/2013/svensk-rymdverksamhet---en-strategisk-tillgang.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Rymdstyrelsen: *Förutsättningar för små satelliter från Esrange*. 2018-01-11 (uppdaterad 2018-05-02).

<https://www.rymdstyrelsen.se/nyheter/2018/forutsattningar-for-sma-satelliter-fran-esrange/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Rymdstyrelsens strategi. Stockholm: Rymdstyrelsen, 2019-01-15.

<https://www.rymdstyrelsen.se/om-rymdstyrelsen/strategi-och-policydokument/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Shih, Lea. *Aerospace Experts in China's New Leadership*. China Focus, 2017-10-27.

Sköld, Henrik. *Framtidssäkra din organisation 10 steg för en effektiv omvärldsanalys*. 2:a upplagan. Recito, 2017. ISBN 978-91-7765-047-8.

Slutredovisning av Försvarsmaktens perspektivstudie 2016-2018 - Tillväxt för ett starkare försvar. Försvarsmakten, 2018. FM2015-13192:15.

<https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/perspektivplan/slutlig-redovisning-av-perspektivstudien-2016-2018.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Smith, M.S. *China's Space Program: An Overview*. Congressional CRS Report for Congress, 2003-10-21.

<http://www.spaceref.com/news/viewstr.html?pid=11007> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Space Defence Strategy. Report of the "Space" working group. Paris: The French ministry for the armed forces, 2019.

<https://www.defense.gouv.fr/actualites/articles/florence-parly-devoile-la-strategie-spatiale-francaise-de-defense> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Stickings, Alexandra. RUSI Newsbrief. *Space as an Operational Domain: What Next for NATO?* 2020-10-15. <https://rusi.org/publication/rusi-newsbrief/space-operational-domain-what-next-nato?> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Stokes, Mark och Easton, Ian. *China's Space Capabilities and the US*. I Routledge Handbook of Chinese Security, Yu Dittmer, s 336. London & New York: Routledge, 2015.

Taylor, Fravel, M. China's Changing Approach to Military Strategy: The Science of Military Strategy from 2001 and 2013. I *The Evolution of China's Military Strategy*, Joe McReynolds (red.), s 6. DC: Jamestown Foundation Washington, 2016.

The 13th Five Year Plan for Economic and Social Development of the Peoples Republic of China. Del XIX, kapitel 78-79, 2016.
https://en.ndrc.gov.cn/policyrelease_8233/201612/P020191101482242850325.pdf (uppslagsdatum 2020-11-17).

The 13th Five Year Plan for Economic and Social Development of the Peoples Republic of China. Del XIX, kapitel 78-79, 2016.

United States Space Force. *Space Capstone Publication Spacepower Doctrine for Space Forces*. Headquarters United States Space Force, juni 2020.
https://www.spaceforce.mil/Portals/1/Space%20Capstone%20Publication_10%20Aug%202020.pdf (uppslagsdatum 2020-11-17).

UNOOSA. *China High-resolution Earth Observation System (CHEOS) and its Latest Development*. 2014. <http://www.unoosa.org/pdf/pres/stsc2014/tech-47E.pdf> (uppslagsdatum 2020-11-17).

W.Yang, X.Zhang, Y.Tian, W.Wang, J-H. Xue, Q.Liao. *Deep learning for single image super-resolution: A brief review*. IEEE Transactions on Multimedia, 2019.

Weeden, B. och Samson, V. *Global Counterspace Capabilities: An open source assessment*. Secure World Foundation, 2020. <https://swfound.org/counterspace/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Wubbeke et. al. *Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Meric Institute for China Studies, 2016.
<https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf> (uppslagsdatum 2020-09-10).

X-H. Han. *Hyperspectral image super-resolution using optimization and DCNN-based methods*. Chapter in Processing and analysis of hyperspectral data, IntechOpen, 2019.

Xinhua. The State Council the People's Republic of China. *Chinas Military Strategy*. 2015-05-27.

http://english.www.gov.cn/archive/white_paper/2015/05/27/content_281475115610833.htm (uppslagsdatum 2020-11-17).

Zhao, Yun. *National Space Law in China: An overview of the Current Situation and Outlook for the Future*. BRILL, s. 30-31, 2015.

Internet

Aerospace Technology. *Shenzhou Manned Spacecraft Programme*.

<https://www.aerospace-technology.com/projects/shenzhou-spacecraft-programme-china/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Andrew Chuter. DefenseNews. *Former fighter pilot picked to lead British military's space command*. 2020-01-15.

<https://www.defensenews.com/global/europe/2020/01/15/former-fighter-pilot-picked-to-lead-british-militarys-space-command/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *China launches experimental spaceplane*.

2020-09-04. <https://www.nasaspaceflight.com/2020/09/china-launches-experimental-spaceplane/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *First launch of Long March 5B lofts Next Generation Crew Space Capsule*. 2020-05-04.

<https://www.nasaspaceflight.com/2020/05/china-next-generation-crew-capsule/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Barbosa, Rui. NASA Spaceflight.com. *China bounces back with Long March 11 launch of nine satellites*. 2020-09-14.

<https://www.nasaspaceflight.com/2020/09/china-bounces-back-long-march-11-nine-satellites/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Bodner, Matthew. SpaceNews. *The long road to Vostochny: Inside Russia's newest launch facility*. 2019-01-30. <https://spacenews.com/the-long-road-to-vostochny-inside-russias-newest-launch-facility/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Buckley, C. och Bradsher, K. New York Times. *China's Communists to Private Business: You Heed Us, We'll Help You*. 2020-09-17.

<https://www.nytimes.com/2020/09/17/business/china-communist-private-business.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Capaccio, Anthony. Bloomberg. Politics. *U.S. Builds Ground-Based Arsenal to Jam Russia, China Satellites*. 2020-04-17.

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-17/u-s-space-force-is-arming-to-jam-russian-and-chinese-satellites> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Clark, Colin. *China Satellite SJ-17, Friendly Wanderer?* 2018-04-18. <https://breakingdefense.com/2018/04/china-satellite-sj-17-friendly-wanderer/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Clark, S. Spaceflight Now. *Proton rocket launches with Russian-European comsat.* 2015-12-24. <https://spaceflightnow.com/2015/12/24/proton-rocket-to-launch-russian-european-comsat/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Dotson, J. Jamestown Foundation. *The CCP's New Directives for United Front Work in Private Enterprises.* 2020-09-28. <https://jamestown.org/program/the-ccps-new-directives-for-united-front-work-in-private-enterprises/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Dotson, John. *China's Long March Rocket Program Sees Both Dramatic Successes and Failures in spring 2020.* 2020-05-15. <https://jamestown.org/program/chinas-long-march-rocket-program-sees-both-dramatic-successes-and-failures-in-spring-2020/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Erwin, Sandra. SpaceNews. *Space Fence surveillance radar site declared operational.* 2020-03-28. <https://spacenews.com/space-fence-surveillance-radar-site-declared-operational/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

European Commission. Directorate-General DEFIS. *Defence Industry and Space.* https://ec.europa.eu/info/departments/defence-industry-and-space_en (uppslagsdatum 2020-11-17).

Foust, Jeff. SpaceNews. *India tests anti-satellite weapon.* 2019-03-27. <https://spacenews.com/india-tests-anti-satellite-weapon/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Gorenburg, D. Russian Military Reform. *An Emerging Strategic Partnership: Trends in Russia-China Military Cooperation.* 2020-04-29, <https://russiamil.wordpress.com/2020/04/29/an-emerging-strategic-partnership-trends-in-russia-china-military-cooperation/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Gorki. TASS. *Regaining leadership in space is matter of prestige and security for Russia, PM says.* 2019-06-13. <https://tass.com/politics/1063622> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Government of Canada. *Chinas intelligence law and the country's future intelligence competitions.* <https://www.canada.ca/en/security-intelligence-service/corporate/publications/china-and-the-age-of-strategic-rivalry/chinas-intelligence-law-and-the-countrys-future-intelligence-competitions.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Graham, William. NASA Spaceflight.com. *Russia's Angara 5 debuts with maiden launch.* 2014-12-22. <https://www.nasaspaceflight.com/2014/12/russias-angara-5-maiden-voyage/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Gunter's Space Page. *Chronology of Space Launches*.
<https://space.skyrocket.de/directories/chronology.htm>
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

Gunther's Space Page. *ZhuQue-1*. https://space.skyrocket.de/doc_lau/zhuque-1.htm
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

Guo, Mengto. *Via Satellite. How Soon until Private Chinese Launch Providers are Global Competitors?* 2020-05-01.
<http://interactive.satellitetoday.com/via/may-2020/how-soon-until-private-chinese-launch-providers-are-global-competitors/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Gutierrez, P. *Inside GNSS. Galileo to Transmit Open Service Authentication*.
<https://insidegnss.com/brussels-view-galileo-to-transmit-open-service-authentication/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Hendrickx, Bart. *The Space Review. Peresvet: a Russian mobile laser system to dazzle enemy satellites*. 2020-06-15.
<https://www.thespacereview.com/article/3967/1> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Hennigan, W.J. *Time. Exclusive: Strange Russian Spacecraft Shadowing U.S. Spy Satellite, General Says*. 2020-02-10. <https://time.com/5779315/russian-spacecraft-spy-satellite-space-force/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Hui, Lu. *Xinhua. China's private reusable rocket to be launched in 2021*. 2019-10-18. http://www.xinhuanet.com/english/2019-10/18/c_138482839.htm
 (uppslagsdatum 2020-11-17).

ILS. *Khrunichev holds meeting to discuss Angara progress*. 2019-02-28.
<https://www.ilslaunch.com/khrunichev-holds-meeting-to-discuss-angara-progress/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Jones, Andrew. *Space.com. China is building a new rocket to fly its astronauts on the moon*. 2020-10-02, <https://www.space.com/china-rocket-for-crewed-moon-missions> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Jones, Andrew. *Space.com. China launches 9 satellites into space from ocean platform*. 2020-09-15. <https://www.space.com/china-rocket-launch-from-sea-platform-jilin-1-gaofen-3.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Jones, Andrew. *SpaceNews. First launch of Chinese Kuaizhou-11 rocket ends in failure*. 2020-07-11. <https://spacenews.com/first-launch-of-chinese-kuaizhou-11-rocket-ends-in-failure/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Juan Pons. *Atalayar. Japan creates a minimalist Space Force to protect its satellites from attacks by China and Russia*. 2020-10-15.
<https://atalayar.com/en/content/japans-minimalist-space-force-protect-against-china-russia-and-north-korea> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Kelsey Davenport. Arms Control Association. *Indian ASAT Test Raises Space Risks*. Maj 2019. <https://www.armscontrol.org/act/2019-05/news/indian-asat-test-raises-space-risks> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Kingston Reif, Shannon Bugos. Arms Control Association. *Russia Tests ASAT Weapon, U.S. Says*. September 2020. <https://www.armscontrol.org/act/2020-09/news/russia-tests-asat-weapon-us-says> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Koren, Marina. The Atlantic. *SpaceX Missed Some Urgent Emails About a Satellite Standoff*. 2019-09-16. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/09/spacex-esa-collision-email/598120/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Luzin, P. The Jamestown Foundation. *Multiple Challenges Hinder Russian Efforts to Modernize Its Satellite Navigation System*. 2020-04-27. <https://jamestown.org/program/multiple-challenges-hinder-russian-efforts-to-modernize-its-satellite-navigation-system/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Luzin, Pavel. DefenseNews. *Russia is behind in military space capabilities, but that only drives its appetite*. 2020-04-02, <https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2020/04/02/russia-is-behind-in-military-space-capabilities-but-that-only-drives-its-appetite/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Manifest IAS. *Indo-Russian Space Cooperation*. <https://www.manifestias.com/2019/09/05/indo-russian-space-cooperation/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Martin Banks. DefenseNews. *NATO names space as an 'operational domain,' but without plans to weaponize it*. 2019-11-20. <https://www.defensenews.com/smr/nato-2020-defined/2019/11/20/nato-names-space-as-an-operational-domain-but-without-plans-to-weaponize-it/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of Defence of the Russian Federation Space Forces. *Aerospace Defence Forces*. <https://eng.mil.ru/en/structure/forces/cosmic.htm> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of External Affairs Government of India. *Frequently Asked Questions on Mission Shakti, India's Anti-Satellite Missile test conducted on 27 March, 2019*. 2019-03-27. <https://www.mea.gov.in/press-releases.htm?dtl/31179/Frequently+Asked+Questions+on+Mission+Shakti+India+s+AntiSatellite+Missile+test+conducted+on+27+March+2019> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of External Affairs Government of India. *Frequently Asked Questions on Mission Shakti, India's Anti-Satellite Missile test conducted on 27 March, 2019*. 2019-03-27. <https://www.mea.gov.in/press->

[releases.htm?dtl/31179/Frequently+Asked+Questions+on+Mission+Shakti+Indias+AntiSatellite+Missile+test+conducted+on+27+March+2019](#)

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Ministry of National Defense. *Xi to head civil-military integration body*. 2017-01-23, http://eng.mod.gov.cn/leadership/2017-01/23/content_4774840.htm

(uppslagsdatum 2020-11-17).

NASA Spaceflight.com. *China seeks "Heavenly Question" with ambitious Tianwen-1 mission to Mars*. 2020-07-22.

<https://www.nasaspaceflight.com/2020/07/china-ambitious-tianwen1-mars/>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

NASA. *IceSat-2*. <https://icesat-2.gsfc.nasa.gov/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Nathan Strout. C4ISRNET. *Satellites played a starring role at Project Convergence*. 2020-10-12. <https://www.c4isrnet.com/digital-show-dailies/ausa/2020/10/12/us-army-uses-satellites-to-affect-the-state-of-the-battlefield/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Neon. *National ecological observatory network*. <http://data.neonscience.org>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

News Vibes of India. *Postage stamp issued to honour India's first anti satellite missile*. 2020-09-15. <https://newsvibesofindia.com/postage-stamp-issued-to-honour-indias-first-anti-satellite-missile-36582/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

NewSpace Index. *Small Satellite Launchers*. <https://www.newspace.im/launchers> (uppslagsdatum 2020-11-17).

NTI. *China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC)*. 2011-11-21. <https://www.nti.org/learn/facilities/64/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Nur-Sultan. TASS. *Corrupt officials removed from Vostochny spaceport construction*. 2019-11-12. <https://tass.com/science/1088232>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Premiärminister Chowkidar Narendra Modi. Twitter, 2019-03-27,

<https://twitter.com/narendramodi/status/1110800868058660864>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Premiärminister Chowkidar Narendra Modi. Twitter, 2019-03-27,

<https://twitter.com/narendramodi/status/1110801488559759360>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

President of Russia. *Meeting on developing an orbital satellite group*. 2013-11-29. <http://en.kremlin.ru/events/president/news/19722>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

President of Russia. *Meeting on space sector development*. 2018-08-08.

<http://en.kremlin.ru/catalog/keywords/123/events/58275>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Rajagopalan och Nagendra. Observer Research Foundation (ORF). *Creation of a defence space agency: A new chapter in exploring India's space security*. 2017-02-23.

https://www.orfonline.org/expert-speak/creation-of-a-defence-space-agency-a-new-chapter-in-exploring-indias-space-security/#_ftnref31

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Rajagopalan, R.P. The Diplomat. *Russia-China Strategic Alliance Gets a New Boost with Missile Early Warning System*. 2019-10-25,

<https://thediplomat.com/2019/10/russia-china-strategic-alliance-gets-a-new-boost-with-missile-early-warning-system/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Redstar. *В небе и космосе мы способны на большее*. 2019-05-17.

<http://redstar.ru/v-nebe-i-kosmose-my-sposobny-na-bolshee/>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringsbeslut U2020/02122/F. *Uppdrag till Rymdstyrelsen att beskriva och analysera utrikes-, säkerhets- och försvarspolitiska aspekter av en utökad förmåga vid Esrange*. 2020-04-02.

<https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/04/uppdrag-till-rymdstyrelsen-att-beskriva-och-analysera-utrikes-sakerhets--och-forsvarspolitiska-aspekter-av-en-utokad-formaga-vid-esrange/>

(uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringskansliet. *Fortsatt utveckling av Esrange*. 2020-10-14.

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/10/fortsatt-utveckling-av-esrange/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringskansliet. *Regeringen investerar i rymden – Esrange får testbädd*. 2018-07-09.

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2018/07/regeringen-investerar-i-rymden--esrange-far-testbadd/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringskansliet. *Rymdlagen utreds – ny utredare blir Göran Lundahl*. 2020-09-17.

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/09/rymdlagen-utreds--ny-utredare-blir-goran-lundahl/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringskansliet. *Rymdlagen utreds*. 2020-04-03.

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/04/rymdlagen-utreds/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Regeringskansliet. *Översyn av regelverket för rymdverksamhet*. 2020-04-15.

<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2020/04/dir.-202034/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Roache, Madeline. Time. *Putin's Vostok Project Meant to Reestablish Russia as a Space Superpower. Now It's Plagued by Corruption*. 2019-11-19.

<https://time.com/5732370/putin-vostochny-space-center-theft/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Rocket Lab. <https://www.rocketlabusa.com/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Russia starts adapting RD-180 engine used in US for super-heavy Yenisei Rocket, 2020-04-22,
https://www.spacedaily.com/reports/Russia_starts_adapting_RD_180_engine_used_in_US_for_super_heavy_Yenisei_Rocket_999.html
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Russian Aviation. *Roscosmos starts manufacturing components of super-heavy Yenisei rocket*. 2020-03-19. <https://www.ruaviation.com/news/2020/3/19/14849/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

RussianSpaceWeb. *Work on foundation of Angara pad in Vostochny*. 2020-05-13. <http://www.russianspaceweb.com/vostochny-angara-2019.html>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Sandra Erwin. SpaceNews. *Air Force: SSA is no more; it's 'Space Domain Awareness'*. 2019-11-14. <https://spacenews.com/air-force-ssa-is-no-more-its-space-domain-awareness/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

SASTIND. www.sastind.gov.cn (uppslagsdatum 2020-11-17).

SFS 1982:963. *Lag (1982:963) om rymdverksamhet*.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-1982963-om-rymdverksamhet_sfs-1982-963
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Sheetz, Michael. CNBC. *SpaceX wants to land Starship on the moon within three years, president says, with people soon after*. 2019-10-27.
<https://www.cnn.com/2019/10/27/spacex-president-we-will-land-starship-on-moon-before-2022.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Sinodefence. *Chang Zheng-5*. 2017-08-21. <http://sinodefence.com/cz-5/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Sinodefence. *Wenchang Space Launch Centre*. 2017-08-22.
<http://sinodefence.com/wenchang-space-launch-centre/>
(uppslagsdatum 2020-11-17).

Space in Africa. *Sudan Has Launched Its First Satellite; A Remote Sensing Satellite*. 2019-11-03. <https://africanews.space/sudan-has-launched-its-first-satellite-a-remote-sensing-satellite/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Space.com. *China launches final Beidou satellite to complete GPS-like navigation system*. 2020-06-23. <https://www.space.com/china-launches-final-beidou-navigation-satellite.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Space.com. *China's reusable experimental spacecraft returns to Earth after two day mystery mission*. 2020-09-08. <https://www.space.com/china-experimental-reusable-spacecraft-mystery-mission-lands.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

SpaceDaily. *Russia to launch first reusable rocket with payload in 2026*. 2020-10-05. <https://tass.com/science/1208675> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Spaceflight101. *China's 'Speedy Vessel' races into Orbit on first Commercial Satellite Deployment*. 2017-01-09. <https://spaceflight101.com/kz-1a-jilin-1-03-launch-success/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

SpaceNews. *China selects 18 new astronauts ahead of space station construction*. 2020-10-02. <https://spacenews.com/china-selects-18-new-astronauts-ahead-of-space-station-construction/> (uppslagsdatum 2020-11-17)

Spacewatch Asia Pacific. *Future Space Wars: China's PLAAF Intends to Extend Its Reach into Space*. https://spacewatch.global/2018/11/future-space-wars-chinas-plaaf-intends-to-extend-its-reach-into-space/?utm_source=SpaceWatch.Global+-Newsletter+GDPR&utm_campaign=beebf6bec3-EMAIL_CAMPAIGN_1_22_2018_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_1f589bedb0-beebf6bec3-536823809 (uppslagsdatum 2020-11-17).

SPUTNIK. *3 Proton-M Rockets Sent Back to Manufacturer Over Quality Control Issues – Space Industry Source*. 2020-04-10, <https://sptnkne.ws/BZnC> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Strout, Nathan. C4ISRNET. *US Space Force confirms Space Based Infrared System detected missile attack in January*. 2020-09-15. <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/09/15/space-forms-confirms-space-based-infrared-system-detected-missile-attack-in-january/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

SVT Nyheter. *Klartecken för satellituppskjutningar från Esrange – regeringen satsar 90 miljoner*. 2020-10-15. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norrboten/antligen-klartecken-for-satellituppskjutningar-fran-esrange> (uppslagsdatum 2020-11-17).

TASS. *Federal space program cut by 150 billion rubles until 2025*. 2020-08-25. <https://tass.ru/kosmos/9280803> (uppslagsdatum 2020-11-17).

TASS. *Russia to produce new EgyptSat-A satellite instead of failed EgyptSat-2*. 2017-01-09. <https://tass.com/science/924077> (uppslagsdatum 2020-11-17).

TASS. *Russia's space agency may launch three Angara carrier rockets next year*. 2020-08-25. <https://tass.com/science/1193543> (uppslagsdatum 2020-11-17).

TASS. *US creating pretexts for militarization of space — Russian General Staff*. 2019-03-03. <https://tass.com/defense/1047214> (uppslagsdatum 2020-11-17).

TASS. *New test-launch of Angara-A5 carrier rocket planned for 2nd-3rd quarter of this year*. 2020-02-12. <https://tass.com/defense/1119257> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Thales. *Yamal-601 satellite in orbit*. 2019-05-31. <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/yamal-601-satellite-orbit> (uppslagsdatum 2020-11-17).

The Moscow Times. *'No End in Sight' to Fraud in Russia's Space Agency, Top Investigator Says*. 2019-05-17. <https://www.themoscowtimes.com/2019/05/17/no-end-in-sight-russias-space-agency-top-investigator-says-a65618> (uppslagsdatum 2020-11-17).

United States Space Command. *Russia conducts space-based anti-satellite weapons test*. 2020-07-23. <https://www.spacecom.mil/MEDIA/NEWS-ARTICLES/Article/2285098/russia-conducts-space-based-anti-satellite-weapons-test/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

WhiteHouse.gov. *President Donald J. Trump is Unveiling an America First National Space Strategy*. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-unveiling-america-first-national-space-strategy/> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Whitehouse.gov. *Statement from the President on the National Space Policy*. 2020-12-09. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/statement-president-national-space-policy/> (uppslagsdatum 2020-12-11).

Xinhua. *Backgrounder: Xi Jinping's vision for China's space development*. 2017-04-24. <http://english.cctv.com/2017/04/24/ARTIZBj8dd7ULWfpwuw8nJp5170424.shtml> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Xinhua. China Daily. *Xi Focus: Xi Jinping and China's new era*. 2019-09-30. <https://www.chinadaily.com.cn/a/201909/30/WS5d92051ca310cf3e3556e6bf.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

Xinhua. *Xi Focus: Xi stresses promoting healthy development of private sector*. 2020-09-16: http://www.xinhuanet.com/english/2020-09/16/c_139373545_2.htm (uppslagsdatum 2020-09-17).

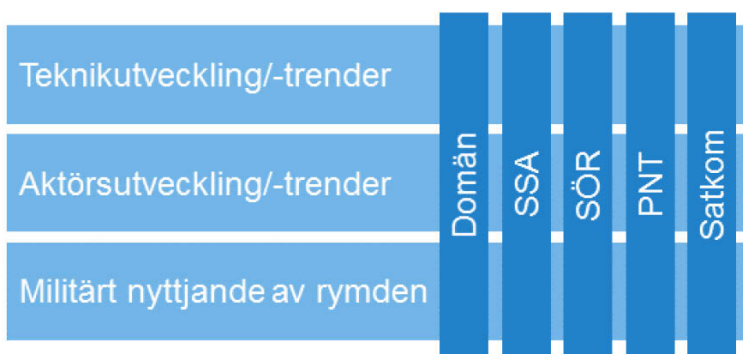
Bilaga A - Arbetsmetodik

omvärldsbevakning och -analys

Detta kapitel beskriver övergripande arbetsmetodiken för den omvärldsbevakning och -analys som bedrivs inom rymdområdet i Försvarsmaktens FoT-verksamhet. Metodiken ligger till grund för arbetet med den här rapporten och till den analys samt slutsatser som presenteras i denna rapport.

Omvärldskarta

Som beskrivs i inledningen sker arbetet i huvudsak utifrån relevans för försvar och säkerhet men på grund av rymdområdets duala natur går det inte att dra en skarp skiljelinje mellan civila och militära rymdaspekter. Arbetet utgår därför utifrån en så kallad omvärldskarta²³⁰, se Figur 16. De fem (mörkblåa) pelarna pekas ut i Försvarsmaktens inriktning på rymdområdet: Domän (avser hela rymddomänen), SSA (rymdlägesbild), SÖR (spaning och övervakning från rymden), PNT (position, navigation och tidssynkronisering) och Satkom (satellit-kommunikation), se även kapitlet *Försvarsmaktens inriktning inom rymdområdet*.



Figur 1 Illustration av omvärldskartan som ligger till grund för informationsinhämtningen.

²³⁰ Sköld, Henrik. *Framtidssäkra din organisation 10 steg för en effektiv omvärldsanalys*. 2:a upplagan. Recito, 2017. ISBN 978-91-7765-047-8.

De tvärgående (ljusblåa) blocken har sitt ursprung i de klassiska frågorna *vem, var, när, vad* och *hur*²³¹. Med stöd i inriktning från Försvarsmakten²³² har dessa kokat ner till en diskussion om vem, vad och hur.

- Frågan om **vem** besvaras av analys av aktörerna.
- Frågan om **vad** besvaras av analys av teknikutvecklingen.
- Frågan om **hur** besvaras av analys av (det militära) nyttjandet av rymden.
- Frågan om **var** har redan definierats till rymden.
- I frågan om **när** ska analysen inte vara begränsad i tid utan täcker in historia, nutid och en prognos av framtid, både på kort och på lång sikt.

Således utgör varje skärning mellan pelarna och de tvärgående blocken ett område för analys. Exempelvis analyseras SSA utifrån *teknikutveckling* och *aktörer* såväl som utifrån *militärt nyttjande*, etc.

Omvärldskartan i Figur 16 används i flera olika syften, både internt och externt. Baserat på den fokuseras arbetet i projektet och oviktig information kan sorteras ut. Den tydliggör prioriteringar och avgränsningar samtidigt som den ändå ger utrymme för serendipitet. Pelaren *Domän* innefattar exempelvis hela rymddomänen och att det säkerställer ett domänperspektiv. Det finns heller ingen avgränsning i *Aktörer* utan både civila och militära aktörer finns med. Omvärldskartan används också som stöd vid arbetsfördelning och för att kunna peka ut olika typer av kompetensbehov i projektet. Slutligen används den som stöd för att identifiera informationskällor.

Arbetsprocess

Arbetet bedrivs i en cykel, i likhet med underrättelsecykeln vilken delas in i faserna: planering, inhämtning, bearbetning och delgivning.²³³ I cykeln som används här, se Figur 17, är planeringsfasen uppdelad i krav och behov, samt i planering och inriktning. Det är Försvarsmakten som formulerar krav och behov, vilket görs översiktligt för de kommande fem åren och mer i detalj inför kommande verksamhetsår. Det är sedan FOI som tar fram en plan för årets arbete i planering och inriktning. Inhämtningen sker kontinuerligt via olika medier och även via konferensdeltagande, samverkan och intervjuer. Bearbetningsfasen delas upp i sortering och bearbetning, samt i analys och produktion. I sortering och

²³¹ Ibland anges också *varför* som en del av dessa. Svaret till den frågan kan delvis inlemmas i analysen av det militära nyttjandet som både omfattar doktrin och metodfrågor.

²³² Lindström, Sandra. *Metod och förutsättningar för omvärldsbevakning och -analys för militära rymdfrågor*. Stockholm: FOI, 2010. FOI-R--3088--SE.

²³³ Försvarsmakten. *Försvarsmaktens underrättelsereglemente FM UndR*. Stockholm: Försvarsmakten, 2010. M7739-353025.

bearbetning görs bedömningen om informationen är relevant samt om informationen skall delges vidare (både internt och externt) eller arkiveras inför kommande analyser. En del av inhämtningen sker automatiskt och samlas i en databas. I analys och produktion sammanställs informationen och det genomförs både kvantitativ och kvalitativ analys. I spridning delges analyserna på olika sätt, både skriftligt och muntligt. Efter det har det införts ytterligare ett steg för att förtydliga återkopplingen som sker mellan faserna delgivning (i Figur 17 benämnd *Spridning*) och planering.²³⁴ I återkoppling, vilket kan ske vid möten med uppdragsgivare eller via annan kommunikationsform, fångas synpunkter upp vilket sedan kan leda till justeringar och förbättringar när krav och behov formuleras inför nästa cykel.



Figur 2 Illustration av cykeln för arbetsmetodiken i FoT-projektet.

I början av cykeln är fokus brett och avgränsningarna är få, medan i slutet av cykeln är fokus smalt och begränsningarna större. Detta illustreras i Figur 17 av molnen utanför cirkeln. Till en början sker arbetet brett med global rymdverksamhetsutveckling av relevans för försvar och säkerhet. Detta smalnar sedan av till vad som är relevant för Sverige och Försvarsmakten. Slutligen sätts infor-

²³⁴ Ytterligare fördjupning i cykelns olika steg kommer att beskrivas i en separat FOI-rapport som kommer att publiceras under 2021.

mationen i ett sammanhang där det blir tydligare vilka möjligheter och risker som Försvarsmakten står inför.

Kunskapsuppbyggnad och -tillämpning

Olika organisationer har olika förhållningssätt till de olika stegen i cykeln. En del automatiserar exempelvis inhämtning, sortering och bearbetning, samt även analys och spridning. Det beror helt enkelt på vilken typ av information som hanteras. I vårt arbete är det viktigt att medarbetare är involverade i alla steg eftersom FOI skall fungera som kunskapsbärare för sina uppdragsgivare genom att bygga upp och förvalta kunskap. Detta är en del av FOI:s kunskapsmodell.²³⁵ Om cykelns steg istället illustreras som en kunskapspyramid, se Figur 18, blir det enklare att inse att inhämtningen lägger grunden för att skapa sig en medvetenhet om hela domänen och dess utveckling. I nästa steg när informationen både bearbetas och analyseras fås den egentliga kunskapsuppbyggnaden och därmed också en förståelse för domänen. I cykelns sista steg, när informationen och analysen sätts i ett sammanhang och sprids, blir det också värdeskapande för uppdragsgivaren. FOI brukar beskriva den värdeskapande delen som kunskapstillämpning²³⁶, här omsätts och används den kunskap som tidigare har byggts upp. Förhoppningen är sedan att underlagen och den förmedlade kunskapen bidrar till insikter som uppdragsgivaren kan formulera som nya krav och behov, till FOI eller andra aktörer.



Figur 3 Illustration som beskriver värdet av varje del i cykeln för att kunna skapa ett värde för uppdragsgivaren.

²³⁵ FOI. Årsredovisning 2019. Stockholm: FOI, 2020. Dnr: FOI-2020-214. (uppslagsdatum 2020-11-17).

²³⁶ Ibid.

Produkter och värdeskapande

I FoT-projektet tas det fram ett antal olika produkter och underlag, både låg-förädlade och högförädlade, såväl i syfte att bidra till en ökad medvetenhet, som för att bygga upp kunskap och för att skapa värde hos uppdragsgivaren.

De kontinuerligt förekommande produkterna som syftar till att öka medvetenheten om rymddomänen hos svenska beslutsfattare, och internt på FOI, utgörs av inlägg på Twitter²³⁷ och vårt nyhetsbrev Rymd för Försvar och Säkerhet²³⁸ som skickas ut ca 2-4 gånger per år. Notera att det inte är formerna för spridning som är det viktiga utan det är att det finns förutsättningar för att avsätta tid för att kontinuerligt arbeta med frågorna.

För att bygga upp kunskap internt på FOI genomförs ett arbete med trendkort. Det är FOI-interna underlag som ligger till grund för projektets långsiktiga analysarbete. Strukturen på trendkorten ser ut som följer:

- Definition av trenden och dess utveckling (Vad är trenden?)
- Aktörer som främst berörs av trenden (Var och hos vilka finns trenden?)
- Vad talar för och vad talar emot trenden?
- Finns det osäkerheter i trenden?
- Vilken är trendens förändringshastighet?
- Finns det risker och möjligheter relaterat till trenden?
- Finns det förslag till åtgärder kopplat till risker och möjligheter?

Som en del av kunskapsuppbyggnaden och värdeskapandet tas den här rapporten *Omvärldsanalys Rymd* fram var tredje år, samt även fördjupningar i olika ämnen i form av rapporter och memon. Som del av arbetet hålls presentationer och vid behov sker deltaganden i möten, vilket också bidrar till den värdeskapande delen.

Det är värt att notera att omvärldsbevakningen och -analysen ger FOI förutsättningar och möjligheter, i form av kunskap, att arbeta med andra underlag som efterfrågas av Försvarsmakten, Regeringskansliet och andra myndigheter. FOI har exempelvis stöttat Försvarsmakten i formuleringen av inriktningen inom rymdområdet, lämnat underlag till Försvarsmaktens Perspektivstudie, stöttat Försvarsberedningen med underlag samt utbildat svenska försvarsattachéer. Under åren har FOI även kunnat stötta olika utredningar och regeringsuppdrag som exempelvis Rymdutredningen, Försvarsforskningsutredningen, arbetet med den nationella rymdstrategin, uppdraget om Erange och nu deltar FOI som expert i Rymdlags-

²³⁷ Rymd för Försvar och Säkerhet (@MilRymd). <https://twitter.com/MilRymd> (uppslagsdatum 2020-11-17).

²³⁸ FOI. Rymd för försvar och säkerhet - nyhetsbrev. 2020-11-05. <https://www.foi.se/forskning/flygsystem-och-rymdfragor/rymd--och-missilfragor/rymd-for-forsvar-och-sakerhet.html> (uppslagsdatum 2020-11-17).

utredningen. Allt detta arbete som egentligen ligger utanför FoT-projektet skapar i sin tur nya insikter som sedan används i detta projekt.

Bilaga B - Databaskällor

Tabell 1 Källor för den information som inhämtas och lagras i en databas hos FOI.

Källa	Hämtningsfrekvens	Information som hämtas	Kommentar	Referens/länk
Space-track, Combined Space Operations Center (CSpOC)	Orbitaldata (GP, General Perturbations) varje natt. SATCAT hämtas automatiskt 1 januari varje år och ibland manuellt, senaste hämtad 31 augusti 2020.	Orbitaldata, rymdskrot, nyttolast, raketdel, namn, land, uppskjutningsår, etc.	Databasen innehåller alla objekt som CSpOC följer och mäter in samt om objekt har återinträtt. Det finns inte orbitaldata för amerikanska hemliga satelliter eller vissa (till USA) allierades satelliter. I de data som presenteras i den här rapporten finns inte information om eventuella hemliga satelliter som har skickats upp efter den 31 augusti 2020.	https://www.space-track.org
Planet4589, Jonathan's Space Home Page	1 gång per vecka	Uppskjutningar, både orbitala och sub-orbitala, samt om de var lyckade eller inte. Även uppskjutningsplats och bärraket.	Data innehåller alla uppskjutningar vare sig de var lyckade eller ej.	https://www.planet4589.org/space/index.html

Källa	Hämtningsfrekvens	Information som hämtas	Kommentar	Referens/länk
UNOOSA, Online Index of Objects Launched into Outer Space from the United Nations Office for Outer Space Affairs	Varje måndag hämtas uppdateringar och den 31 december varje år hämtas hela katalogen.	Om officiell registrering har skett hos FN eller inte. Land, geoposition, status och funktion.	Databasen innehåller information om alla satelliter som har registrerats hos FN, ibland registrerar fler länder samma objekt.	http://www.unoosa.org/oosa/en/spaceobjectregister/index.html
UCS, Union of Concerned Scientists	Publiceras ca 2-4 ggr per år. Den senaste hämtades den 1 augusti 2020.	Bedömning av kategori på satelliter och användare.	Databasen innehåller endast operativa satelliter i bana runt jorden vid en viss tidpunkt när databasen släpps.	https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database
Lukes, ISO-3166 county codes	1 gång per månad	Landskoder enligt ISO-standard.		https://github.com/luke

