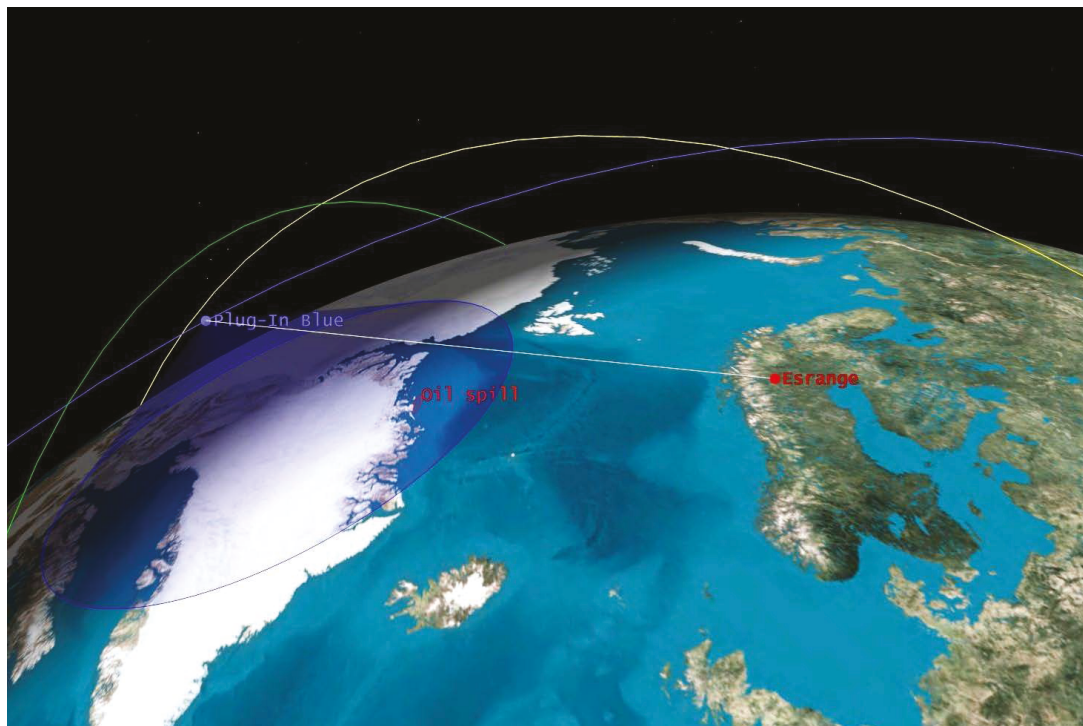


CHRISTER ANDERSSON, NIKLAS GRANHOLM



Christer Andersson, Niklas Granholm

Arktis och rymden

Diskussion och analys av satellitsystem för det nya Arktis

Bild/Cover: Ett enkelt satellitkoncept som förmedlar

meddelanden från Arktis, bild FOI

Titel	Arktis och rymden - diskussion och analys av satellitsystem för det nya Arktis
Title	The Arctic and Space. Discussion and Analysis of Satellite Systems for the New Arctic
Rapportnr/Report no	FOI-R--3872--SE
Månad/Month	April
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	41 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	FOI
Forskningsområde	10. Undervattensforskning
Projektnr/Project no	I280146
Godkänd av/Approved by	Torgny Carlsson
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem

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

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

Sammanfattning

Det nya Arktis som idag växer fram mot en bakgrund av omfattande globala klimatförändringar påverkar Sveriges geostrategiska läge. Följdeckterna i form av aktiviteter på olika områden, t.ex. ökad sjöfart och en allt mer intensifierad energi- och mineralutvinning, i kombination med överlappande territoriella anspråk påverkar också regionens militärstrategiska ställning. Utfallet av den snabba utvecklingen i Arktis är svårt att förutse men kommer sannolikt att generera krav på mer transparens och förbättrad tillsyn. Samtidigt är det troligt att behoven av effektivare infrastruktur i Arktis, för exempelvis telekommunikation, kommer att öka så att en uthållig och rimligt säker utveckling av regionen kan säkerställas.

Den teknologiska utvecklingen på rymdområdet har under 2000-talet på ett genomgripande sätt förbättrat möjligheterna att ta fram mindre, specialanpassade satellitsystem. Vikt, komplexitet och därmed kostnad för dessa satelliter har sjunkit samtidigt som tekniken med samverkande och friflygande satelliter har ökat systemens kapacitet. Ledtiderna för utveckling har också avsevärt kortats. Vår bedömning är att dessa satellitsystem i allt högre grad kommer att utvecklas och användas av fler länder runt Arktis tack vare lägre pris och förbättrade prestanda.

Studien "Arktis och rymden" beskriver den geostrategiska förändringen och de teknologiska trenderna på rymdområdet, samt redogör för de möjligheter och utmaningar detta innebär. Satellitbaserad infrastruktur för kommunikation eller övervakning framtagna inom ramen för internationellt samarbete skulle kunna bidra till säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder i den arktiska regionen som täcker ett brett fält både för civil såväl som för militär säkerhet. I studien ges förslag på tre generiska koncept på denna typ av satellitsystem och hur Sverige med dessa initiativ på rymdområdet skulle kunna medverka och bidra konstruktivt till arbetet för ett säkrare Arktis. Studien gör inte anspråk på fullständighet utan är ett första försök att diskutera rymdfrågor och strategisk utveckling i Arktis sammanhängande. Studien har tagits fram inom FOI:s avdelningsövergripande projekt – "Ett förändrat Arktis".

Nyckelord: Arktis, rymd, geostrategi, tekniktrend, säkerhetspolitik, satellit, säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder.

Summary

The emerging new Arctic develops against a background of extensive global climate change. This is affecting Sweden's geostrategic position. The activities of the various actors and stakeholders, i.e. increased shipping and an increasing energy and mineral extraction, combined with overlapping territorial claims also affects the regional military strategic situation. The outcome of the rapid developments in the Arctic is difficult to predict but is likely to generate demand for increased transparency and improved monitoring. Simultaneously, the need for efficient infrastructure in the Arctic, for example telecommunications, will probably be high to guarantee a sustainable development of the arctic region.

The developments in space technology during the last decade have radically improved capabilities to produce small customized satellite systems. Weight, complexity and cost of these satellites have decreased while technologies with collaborative and free-flying satellites have increased the capacity of the systems. Lead-times in development are also considerably lower. Our assessment is that these satellite systems increasingly will be developed and used by more countries around the Arctic due to decreased development costs and improvements in performance.

The study "Arctic and Space" describes the geostrategic change in the Arctic and technological trends in the space field, and outline the opportunities and challenges this involves. Satellite-based infrastructure for communication or monitoring developed within an international context, could contribute to regional security and confidence building measures both in the civilian and military field. The study presents three generic design concepts for this type of satellite systems and show how Sweden with initiatives in the space sector could contribute constructively to the work in increasing safety and security in the emerging new Arctic. The study is to be seen as a first attempt at discussing strategic change in the Arctic in conjunction with developments in space

technology. The study work has been undertaken as part of the FOI-initiated cross-disciplinary study – “A Changed Arctic”.

Keywords: Arctic, space, geostrategy, technology trends, security policy, satellite, confidence and security building measures.

Författarnas tack

Författarna vill tacka för alla goda idéer och visionär inspiration vi fått under arbetet med rapporten. Detta gäller inte minst våra kollegor Anders Gustavsson, Arne Lindblad, och Lars Ulander.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och frågeställningar	9
2	Strategisk bakgrund och utveckling	11
2.1	Sjöfart.....	11
2.2	Energi.....	12
2.3	Militärstrategisk utveckling	13
2.4	Sveriges närområde.....	14
2.5	Institutionell utveckling och statliga aktörers handlingslinjer	16
3	Rymdsystem i det nya Arktis – hypotes och frågeställningar	18
3.1	Existerande och nya förslag på rymdsystem för Arktis.....	19
3.1.1	Stoltenberg rapporten - <i>Nordisk samarbeid om utenriks- og sikkerhetspolitikk</i>	20
3.1.2	Polar Communications & Weather Mission (PCW).....	23
3.2	Satellitprogram utformade för Arktis	24
4	Tekniska trender och utvecklingsperspektiv	26
5	Tre generiska koncept för rymdsystem i Arktis	29
5.1	Koncept 1: Plug-in – litet, lätt och nationellt.....	30
5.2	Koncept 2: Gap-filler – flexibelt, skalbart och nordiskt.....	31
5.3	Koncept 3: Totallösning – tungt, avancerat och internationellt	33
6	Diskussion och slutsatser	35
6.1	För- och nackdelar hos koncepten.....	35
6.2	Internationell samverkan.....	37
7	Implikationer för fortsatta studier	39
8	Referenser	40

1 Bakgrund och frågeställningar

Denna studie ingår i FOI:s avdelningsövergripande projekt Ett förändrat Arktis som påbörjades 2012.¹ Ett av de frågeområden med potential som identifierades under studiens första år var ryldbaserade system.

I Arktis går klimatförändringen ungefär dubbelt så fort som i övriga världen. Regionens geostrategiska roll och ställning förändras snabbt. Flera andra ordningens effekter följer därför i regionen. Flera av de faktorer som förändras rymmer ett antal fördelar och möjligheter medan andra innebär potential för ökning av friktioner och spänningar som i sista hand kan leda till öppna konflikter om de inte upptäcks, hanteras på rätt sätt och tillräckligt tidigt. Därtill finns en växelverkan mellan de olika faktorerna som är mycket svår att förutse. På vilket sätt kan en sådan växelverkan påverka utfallet av utvecklingen i Arktis?

En av de faktorer med potential att bidra till mer kunskap och information om hur Arktis utvecklas och vad som pågår, är utvecklingen och tillämpningen av ryldbaserade system. Med mer kunskap och förbättrad kommunikation kan oväntade och oönskade utvecklingar lättare förutses och mötas med relevanta åtgärder och ageranden. Vilken potential har ryldbaserade system för Arktis att påverka regionens utveckling och fungera som förtroendeskapande och stabiliserande faktor? På vilket sätt kan nyutvecklade och/eller anpassade ryldsystem utformas för att uppnå mer kunskap och verka förtroendeskapande?

Försvarsmakten har under 2000-talet genomfört en rad studier, bland annat med deltagande från FOI, för att utröna vilka förmågor och möjligheter ryldbaserade system kan bidra med inom ramen för ett svenskt framtida försvar.² Huvuddelen av dessa utredningar har gett en generell och bred bild av Försvarsmaktens behov av ryldtjänster visavi möjliga effektmål och kostnadsramar. Syftet har ofta varit att ge en övergripande bild och beskriva en tänkbar ryldstrategi för Försvarsmakten som innefattar samtliga delar av ryldområdet.

Denna studie anammar det omvända angreppssättet. Fokus ligger på en speciell operationsmiljö och på en analys av några internationellt lanserade förslag till satellitsystem samt idag aktiva sådana. Förståelsen av de möjligheter som finns hos ryldbaserade tjänster ökar genom att tydligt definiera Arktis som tillämpningsområde och påvisa områdets specifika användarbehov. Genom att granska andra staters faktiska förslag på hur dessa behov tillgodoses har tre egna

¹ *Ett förändrat Arktis. En inledande kartläggning av FOI-kompetenser.* Dalberg, Eva, Granholm, Niklas, Sangfelt, Erland, m.fl. FOI-R--3654--SE. Mars 2013.

² Några exempel på studier: Försvarsmaktens särskilda redovisning 78 – Särskild redovisning rörande ryldområdet; Försvarsmaktens särskilda redovisning 79 – Nationell svensk övervakningssatellit, 21 83767155, 2006-04-28; Ryldstudie LUFT 111203S: Slutrapport, 21 120:10267, 2013-03-25; samt Försvarsmaktens redovisning av perspektivstudien 2013. FM 2013-276:1, 2013-10-01.

utkast på olika satellitkoncept för Arktis tagits fram. De tre koncepten är generiska till sin natur och har inte begränsats till enbart Försvarsmaktens behov. Satellitkoncepten skulle kunna utgöra ett underlag till en dialog för att etablera eventuella internationella samarbeten i Arktis. Satellitkoncepten kan också fungera som skiss till scenariounderlag inom flera myndigheters fortsatta utvecklings- och studiearbete.

Denna studie inleds därför med en beskrivning och redovisning av den strategiska utvecklingen i Arktis. Därpå följer en genomgång av några rymdsystem som dels är föreslagna framtida satelliter och som dels verkar över Arktis idag. Några teknologiska trender och konceptuella utvecklingar av rymdsystem redovisas och diskuteras därpå. I Därpå beskrivs tre koncept på generiska rymdsystem med varierande prestanda, utformning och kostnad för olika tillämpningar i Arktis.

Studien avslutas med en diskussion av för- och nackdelar med de olika generiska systemen samt rekommendationer för hur svenska myndigheter kan gå vidare i arbetet med utvecklingen av rymdtjänster för det nya Arktis.

2 Strategisk bakgrund och utveckling

Ett nytt Arktis växer fram, drivet främst av klimatförändringar.³ Utvecklingen är osäker, då det är svårt att precist förutse hur faktorerna under förändring utvecklas. Istäcket i Norra ishavet minskar och tunnas ut, liksom inlandsisen på Grönland som smälter i allt snabbare takt. Med stor sannolikhet är detta en långsiktig trend med en rad geostrategiska följd effekter för Arktis och därmed för Sveriges norra och nordvästra närområde. De olika faktorerna under förändring i Arktis utvecklas enligt egen inre logik och hastighet. Växelverkan mellan dem gör utvecklingen än svårare att förutse. Därtill kopplas Arktis till utvecklingar i övriga delar av världen på ett tydligare sätt än tidigare.

Omfattande internationella bi- och multilaterala samarbeten utvecklas för att söka hantera den nya verklighet som växer fram i Arktis. Samtidigt är de olika regionala och externa statliga aktörerna olika långt framme i att formulera sina strategier och handlingsplaner för regionen. Samarbetena är ofta framgångsrika, men de stora intressena rörande energi, sjöfart, miljö, säkerhet och de förändrade suveränitetsförhållanden som står på spel påverkar den säkerhetspolitiska utvecklingen i Arktis.

Utvecklingen kommer att avgöras av hur de olika arktiska aktörerna balanserar sina respektive handlingslinjer mellan hårda realpolitiska intressen, vardagligt utbyte och samarbete i det kortare och längre tidsperspektivet.

Sveriges norra och nordvästra närområde påverkas därmed både direkt och indirekt. Inte minst sett i ljuset av 2009 års solidaritetsförklaring, där förutom EU:s medlemsstater även Norge, Island och Grönland ingår, framstår analys och framtagande av svenska handlingslinjer på flera politikområden för denna region som en allt viktigare fråga.⁴

2.1 Sjöfart

Bland de viktigaste förändringarna i Arktis är att regionen är på väg att öppnas för sjöfart. Nordostpassagen och Nordvästpassagen och en tänkt rutt över Norra ishavet via Nordpolen är de tre som oftast diskuteras. Flera av de rutter som öppnas mellan Europa och Asien är betydligt kortare än de som används idag. Även om isen smälter kommer den transoceaniska sjöfarten genom regionen – ännu blygsam men ökande – att bero av vilka investeringar som görs för att göra den rimligt säker. Troligen kommer sjöfarten genom Arktis, främst av kommersiella

³ Detta avsnitt är en förkortad och uppdaterad version av kapitlet Ett nytt Arktis växer fram i FOI-rapporten Ett förändrat Arktis, s.12ff.

⁴ Försvarsutskottets betänkande 2008/09:FöU10 "Försvarets inriktning", antaget av Riksdagen 16 juni 2009.

skäl, att öka språngvis. Det kan i sin tur leda till säkerhetsrisker eftersom lotsning, utveckling av farleder, räddningstjänst, sjömätning samt inte minst miljöskydd kommer att vara alldeles otillräckliga relativt de förväntade behoven. Tonnage speciellt anpassat för arktisk sjöfart kan i det korta till medellånga perspektivet vara en bristvara, vilket också kan bidra till ökade sjöfartsrisker. Förutom den transoceana sjöfarten genom Arktis har också efterfrågan på olika typer av specialfartyg kopplade till energiprospektering, energiutvinning, oceanografisk forskning och sjömätning ökat på senare år.

Sjöfartens utveckling i Arktis är beroende av förhållandena i regionen, men påverkas också av utvecklingen i andra delar av världen. Om de transoceana farleder och farvattensförträngningar som används idag skulle påverkas av bristande sjösäkerhet, kris, konflikter eller klimatförändringar, skulle sjöfart genom Arktis framstå som relativt sett mer attraktivt.

2.2 Energi

De energiresurser som antas finnas i Arktis är stora. De mest omfattande analyserna har gjorts av *US Geological Survey* som uppskattar att 30 % av den globala tillgången på naturgas och 13 % av den globala tillgången på olja skall finnas i Arktis. Därtill beräknas Arktis innehålla stora mineraltillgångar på land och till havs. Även om isen minskar kommer energi- och mineralutvinning att vara komplicerad. Inte minst är den förknippad med miljörisker eftersom naturmiljön är mycket känslig, särskilt vad gäller energiutvinning till havs. Utvecklingen av teknologi för utvinning, råvarupriser, samt vem eller vilka som får tillträde till områden för utvinning kommer att avgöra hur omfattande verksamheten i Arktis blir. Den sammanlagda utvecklingen kommer att vara ett resultat av en dynamisk process mellan alla dessa faktorer.

I Arktis finns ett flertal överlappande territoriella anspråk samt anspråk på utvidgning av kuststaternas exklusiva ekonomiska zoner. De flesta av dessa kommer troligen att kunna hanteras enligt regelverket i FN:s havsrättskonvention (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS). Stater med anspråk ska enligt denna internationella legala regim lämna in naturvetenskapligt väl underbyggda s.k. notifieringar till kontinentalsockelkommissionen (Committee on the Limits of the Continental Shelf, CLCS), ett av organen i UNCLOS, för behandling. Ett växande antal notifieringar, där de som rör Arktis utgör en mindre del, ligger nu för behandling. CLCS har påpekat att väntetiden för att hantera det f.n. knappa sextioalet ansökningar är mycket lång, givet kommittéens nuvarande resurser och arbetstakt. Risken finns därför att i avvägningen mellan en strävan att följa de folkrättsliga avtal en stat skrivit under och centrala nationella intressen (energi, nationell säkerhet, fiske m.m.) prioriteras det senare till det folkrättsliga regelverkets nackdel. Om så skulle ske

skulle UNCLOS i värsta fall kunna försvagas. Därtill är stora delar av Norra Ishavet inte sjömått i modern mening. I nio tiondelar av området saknas moderna sjökort, vilket naturligtvis försvårar solida överenskommelser enligt UNCLOS regelverk.⁵

2.3 Militärstrategisk utveckling

Den militärstrategiska utvecklingen i Arktis påverkar också regionen. Denna utveckling går huvudsakligen i tre olika spår. För det första förändrades regionens betydelse efter det kalla krigets slut när konfrontationen mellan supermakterna avtog. Samtidigt fortsatte patrulleringen med kärnvapenstrategiska ubåtar vid kanten av och under polarisen, samt den därmed sammanhängande underrättelseverksamheten. Spaningssystemen mot anflygande interkontinentala kärnvapenrobotar och för detektion av undervattensverksamhet hålls fortsatt aktiva. Sedan några år har aktiviteten i denna strategiska dimension åter ökat, även om den ligger under nivåerna under det kalla krigets dagar.

För det andra har den militära eller paramilitära (t.ex. kustbevakningar), särskilt marina, närvaron ökat som en följd av s.k. suveränitetshävdande politik som flera av de arktiska staterna på olika sätt redan bedriver och nu utökar. Detta hänger främst ihop med den förväntade allmänt ökade mänskliga aktiviteten i Arktis, särskilt fiske, mineral- och energiutvinning samt sjö- och miljösäkerhet, men har också till syfte att sända lämpliga signaler till andra aktörer att man har definierat sina intressen och står beredd att stödja ord med handling. Flera av de arktiska kuststaterna, t.ex. Danmark och Kanada, bygger nu på olika sätt upp, förnyar och moderniserar sina kapaciteter för denna typ av verksamhet.

För det tredje kan Arktis komma att spela en roll i den pågående utbyggnaden av ballistiskt missilförsvar (Ballistic Missile Defence, BMD), ett system för att kunna skjuta ner enstaka anflygande interkontinentala missiler. Huvuddelen av missilförsvarets delkomponenter planeras sedan några år bli placerade ombord på fartyg. Detta tillsammans med att isavsmältningen underlättar närvaro av ytfartyg samt att flera tänkbara robotbanor till och från Nordamerika går över Arktis, bidrar till att ytterligare öka regionens militärstrategiska betydelse. Mark- och rymdbaserade system kommer också i fokus. Av stater i regionen kommer fartyg med delkomponenter i BMD-systemet inte enbart att betraktas som en del av ett vapensystem, utan också som en marin maktprojektion, delvis kopplad till de två andra ovan nämnda utvecklingarna.

Sammanfattningsvis verkar det troligt att den paramilitära och militära närvaron i det nya Arktis ökar. Till följd av regionens militärgeografiska karaktär står särskilt marina enheter och flygstridskrafter i fokus. Utvecklingen behöver inte i

⁵ Jakobsson, Martin, *Spelet om Arktis*. Tidskrift i Sjöväsendet, nr 4/2013, s.314f.

sig betyda ökad kris- och konfliktrisk. Den militärstrategiska utvecklingen i det nya Arktis kommer att vara starkt kontextberoende och behöver analyseras noggrannare än vad som gjorts hittills.

2.4 Sveriges närområde

Sveriges norra och nordvästra närområde påverkas både direkt och indirekt av den utveckling som skisseras ovan. Dessutom är en förändring av den nordatlantiska regionen på väg.⁶ Denna förändring accelereras delvis av framväxten av ett nytt Arktis, samtidigt som delar av den ändå var på väg eller har andra grundorsaker. Här beskrivs tre olika utvecklingar.

För det första är Grönland på sikt på väg mot full självständighet. Detta sker i kraft av grönländarnas sedan länge uttryckta vilja i val och folkomröstningar. Man är en del av det danska *Rigsfælleskabet*, men har sedan 2009 ett långtgående självstyre under vilket man successivt får ta över allt fler statliga funktioner. Danmarks hållning är sedan länge att om Grönland så önskar får man självständighet, men att Grönland i så fall självt får stå för alla kostnader. Det nya Arktis öppnar möjligheter för Grönland att finansiera självständigheten med egna inkomster i stället för som hittills ur den danska statsbudgeten. Grönlands förhoppning är att ett varmare klimat där energi- och mineralutvinning, fiske och turism ska generera tillräckliga inkomster för full självständighet. Därtill är Grönland inkopplat i de storstrategiska sammanhangen i och med den amerikanska radar- och satellitkommunikationsbasen vid *Thule/Pituffik* på nordvästra Grönland. Vilket sorts Grönland som växer fram – rikt och med egna resurser att betala för självständighet och säkerhet eller ett självständigt och fattigt med svaga möjligheter att hävda sin suveränitet – går inte att med säkerhet säga idag.

Islands strategiska ställning är för det andra under förändring. Den ekonomiska krisen har antagligen passerat sitt absoluta bottenläge, men mycket återstår innan landet är tillbaka till utgångsläget före 2008 års akuta finansiella kris. I samband med krisen ansökte Island också om EU-medlemskap, men medlemskapsförhandlingarna har lagts på is av den nytillträdde isländska regeringen. Landets ekonomiska utveckling pekar på att krisen kommer att ta lång tid att övervinna. De utländska investeringarna i Island är nära noll sedan krisens början och strikta regler för valutakontroll är i kraft. Då den isländska kronan inte är konvertibel mot andra valutor, bidrar det till att skapa osäkerhet om landets ekonomiska ställning. Island, obebäpnad Nato-medlem sedan 1949, har också fått se sin militärstrategiska ställning påverkas. Den permanenta

⁶ Definitionen av området är inte exakt, men innefattar ungefärligen Grönland, Island, Nordkalotten, Barents hav, Svalbard bort till Novaja Zemlja med mellanliggande havsområden.

amerikanska militära närvaron på Island som inleddes våren 1941 avslutades 2006. Den ersattes då med en stafett för incidentberedskap med flygstridskrafter från Nato-länderna, s.k. *air-policing*. Närvaron är maximerad till endast två eller tre veckor per kvartal, resten av tiden anses det tillräckligt med radarövervakning. Stängningen av den amerikanska Keflavikbasen 2006 sammanföll med återkomsten av rysk närvaro med strategiskt flyg och en ökad rysk marin närvaro i Norra ishavet och Nordatlanten. Även om inga kränkningar såvitt känt har skett av isländskt luftrum och sjöterritorium, skapar det osäkerhet i regionen och inte minst i Island om vilka de ryska avsikterna är. Islands försvarspolitiska arrangemang ligger därmed inte i fas med den säkerhetspolitiska och strategiska regionala utvecklingen. Därtill tycks det folkliga missnöjet med hanteringen av den ekonomiska krisen och säkerhetsfrågans utveckling växelverka med Islands inre politiska liv. Det är därför svårt att förutse den vidare utvecklingen på Island. Klart står dock att Islands kriser blir långvariga, även om landet också har några tydliga fördelar; närmast gratis geotermisk energi, en relativt hög utbildningsnivå samt inte minst en välskött fiskerinäring.

Den starka utvecklingen i Barentsregionen är för det tredje en direkt påverkansfaktor för Sverige.⁷ Regionen kan sägas vara en knutpunkt för alla de utvecklingar som det nya Arktis inrymmer; Nordostpassagen går igenom området, fiskevattnen är rika, olje- och gasfyndigheterna är stora, det finns kvarstående territoriella tvister rörande tolkningen av Spetsbergentraktaten och områdets naturmiljö är mycket känslig.⁸ Barentsregionen anses därtill vara av central militärstrategisk betydelse för Ryssland i kraft av Norra marinens strategiska ubåtar med hemmabas på Kolahalvön. En viss militär upprustning har påbörjats. Barentsregionen genomgår också en mycket stark ekonomisk utveckling med inflyttning, nya gruvor, nybyggnad av infrastruktur (vägar, järnvägar, hamnar, stadsutbyggnad, kraftverk och kraftledningar, pipelines m.m.). Barentsregionens geostrategiska betydelse är i ökande.

⁷ Med Barentsregionen avses här Barents hav med nordligaste Norge, Svalbard, svenska Norrbotten, finska Lappland och Kolahalvön.

⁸ Enligt Svalbardstraktaten, eller Spetsbergentraktaten, från 1920 är ögruppen under norsk suveränitet och permanent demilitariserad. Signatärstaterna till Svalbardstraktaten äger rätt att fritt idka närings-verksamhet samt jakt och fiske på öarna. Norge önskar utvidga Spetsbergentraktatens område från 12 till 200 nautiska mil, men har inte fått öppet stöd för detta från någon av de övriga signatärmakterna utom Kanada.

2.5 Institutionell utveckling och statliga aktörers handlingslinjer

Det samarbetsorgan som står tydligast i fokus är Arktiska rådet, som under de senaste åren fått en mer central roll.⁹ Från att ha varit en s.k. *bottom-up*-organisation, där naturvetenskaplig forskning och dialog mellan urbefolkningar och arktiska stater stått i fokus, kompletteras nu Arktiska rådet med ett *top-down*-perspektiv som följd av det ökade intresset för Arktis från rådets åtta medlemsstater och observatörer. Från att ha varit en tämligen lågmäld verksamhet tilldrar sig nu Arktiska rådet ett allt större politiskt intresse. Framgångarna har varit tydliga: bland dem kan nämnas ett bindande avtal rörande räddningstjänstresurser i Arktis och ett oljeskyddsavtal. Institutionellt har Arktiska rådet inrättat ett permanent sekretariat med en egen budget. Arktiska rådets möjligheter att agera har dock flera begränsningar i och med att det enligt statuterna inte tillåts hantera de militära säkerhetsfrågorna eller frågor som hänger samman med dessa.¹⁰

Dagens institutionella förhållanden reser en rad frågor i ljuset av den här beskrivna geostrategiska dynamiken. I vilket eller vilka fora ska de militära säkerhetsfrågorna i det nya Arktis hanteras? Vilken vidare institutionell utveckling kan väntas för Arktiska rådet? Vilka utvecklingar vore önskvärda? Borde andra organ och funktioner utvecklas för att möta utvecklingen i denna del av det nya Arktis? I så fall vilka?

De olika statliga aktörerna – regionala och externa – i och runt Arktis har utvecklat sina handlingslinjer olika långt och enligt respektive geopolitiska förutsättningar. På senare år har flera aktörer visat allt större intresse för den arktiska regionen. Förutom de åtta arktiska staterna, är Europeiska Unionen på väg att utveckla sina handlingslinjer för Arktis. De större europeiska staterna – Tyskland, Storbritannien och Frankrike – visar också intresse för regionen. I Asien är Kina, Sydkorea, Japan, Singapore och Indien de tydligaste intressenterna. Därutöver finns ett stort intresse från icke-statliga aktörer: näringsliv samt ideella organisationer med olika inriktning.

En annan del av utvecklingen i Arktis rör hur rollen för regionens externa aktörer (stater, kommersiella intressen och ideella organisationer) förändras. Hur kan deras aktiviteter hanteras och regleras på lämpligt sätt i ljuset av de starka

⁹ I Arktiska rådet ingår åtta permanenta medlemmar: USA, Kanada, Danmark, Norge, Ryssland, Island, Finland och Sverige. Vid rådets toppmöte i Kiruna i maj 2013 invaldes sex nya permanenta observatörer: Kina, Sydkorea, Japan, Singapore, Indien samt Italien.

¹⁰ I Ottawa-deklarationen av den 19 september 1996 där Arktiska rådet etableras, specificeras kort och koncist i en fotnot till paragraf 1(a) att "The Arctic Council should not deal with matters related to military security."

nationella intressen, stora ekonomiska resurser samt kommersiella och ideella intressen som uppfattas stå på spel?

3 Rymdsystem i det nya Arktis – hypotes och frågeställningar

Av resonemanget ovan framgår att en rad utvecklingar är i antågande bland annat som funktion av klimatförändringarna i Arktis vilka i sin tur är på väg att ge omfattande förändringar av regionens ställning och status. Utvecklingar som rymmer både möjligheter och risker. Vilken roll kan då rymdsystem spela för att möta och hantera denna mångfacetterade utveckling? Här innefattas behov rörande områden som miljöfrågor, sjösäkerhet, klimatforskning, telekommunikation, kartering, fiske, energi- och mineralfrågor samt säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder.

Generellt sett har rymdbaserade system ett antal unika fördelar som andra plattformar, som till exempel flyg, inte kan erbjuda. Satelliter är globala system som på kort tid täcker in stora områden. Beroende på vilken höjd och omloppsbanasom valts för satelliten kan hela Arktisområdet i detalj kartläggas inom några dagar. Nationsgränser och territoriella anspråk gäller inte för satelliter. Satelliter får obehindrat passera nationsgränser oavsett hur sofistikerade instrument som finns ombord. En aktiv satellit i bana är också operationell dygnet runt oberoende av väder och vind eller vintermörker. Rymdbaserade system erbjuder sammantaget ett antal fördelar som är speciellt fördelaktiga för just det arktiska området. De huvudsakliga nackdelarna är att rymdsystem är funktionellt statiska – de är relativt svåra att flytta när de väl har sänts upp i avsedd bana.

Givet den övergripande analysen ovan av det framväxande nya Arktis, är vår hypotes att rymdsystem i större grad än som idag är fallet kan ge ökad kunskap, bidra till beslutsunderlag för lösningar av gemensamma problem på en rad områden och därtill bidra till säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder i regionen.

Ur detta följer följande frågeställningar för denna studie:

- Vilka är de existerande rymdsystemen idag för Arktis och vilka styrkor och svagheter har de?
- Vilka förslag till rymdsystem finns?
- Vilka är behoven av rymdsystem för Arktis?
- Hur skulle data och kapacitet för rymdsystemen kunna användas och hur kunde hanteringen av dem organiseras?
- Hur kan framtida rymdsystem utformas och vilken är den ungefärliga kostnaden för byggande och drift?

3.1 Existerande och nya förslag på rymdsystem för Arktis

Såsom varande ett område mellan stormakterna där spänningar, friktioner och i värsta fall öppna konflikter kan komma att uppstå var Arktis redan under det kalla krigets dagar ett strategiskt viktigt område att bevaka med hjälp av militära rymdsystem. USA och dåvarande Sovjetunionen byggde därför upp omfattande anläggningar för övervakning av Arktisområdet. Kalla krigets slut innebar inte att dessa system monterades ner utan tvärtom fortsatte utvecklingen, om än under något annorlunda förutsättningar. De nordliga amerikanska radaranläggningarna som används för förvarning mot inkommande interkontinentala missiler men också för inmätning av satelliter inom ramen för *Space Surveillance Network* (SSN)¹¹ är ett exempel. Ett annat exempel är de ryska militära kommunikationssatelliterna *Meridian*¹² i så kallade Molniyabanor¹³ som utvecklats speciellt för att betjäna det nordliga polära området.

Idag har de flesta stater kring Arktis en så hög teknisk mognadsgrad att de på egen hand kan utveckla och operativt nyttja rymdtjänster. I kombination med områdets geopolitiska läge och utveckling innebär detta att allt fler säkerhetsrelaterade rymdsystem troligen kommer att tas fram. Denna tekniska utvecklingstrend har dessutom förstärks av det faktum att klimatförändringarna driver fram ett allt mer ekonomiskt betydelsefullt Arktis.

Trenden med allt fler rymdsystem för säkerhet har i takt med omvandlingen av Arktis även börjat etableras inom den civila och kommersiella sektorn. Efterfrågan på en aktuell marin lägesbild avseende både sjöfart och issituation är stark, inte minst av sjösäkerhetsskäl, men även för att effektivisera sjötransporter. Behoven av förbättrade tele- och datakommunikationer via satellit ökar i takt med utbyggnaden av bland annat olje- och gasindustrin till följd av bristfällig markinfrastruktur.

De europeiska länderna har inom ramen för EU och ESA, och mot bakgrund av de ökade behoven, initierat ett antal rymdrelaterade projekt och studier för att gemensamt förbättra situationen.¹⁴ På grund av att flera av de operativa behoven siktar mot framtida ännu ej aktiva europeiska satellitsystem – framförallt Sentinel-serien – så har många av projekten hittills fokuserat på samordning och

¹¹ U.S. STRATCOM:s faktablad av rymdövervakningssystemet *Space Surveillance Network*: http://www.stratcom.mil/factsheets/USSTRATCOM_Space_Control_and_Space_Surveillance/ (länk kontrollerad 131103).

¹² Beskrivning av den ryska militära *Meridian* serien av kommunikationssatelliter: <http://www.russianspaceweb.com/meridian.html> (länk kontrollerad 131103).

¹³ Molniyabanor är en speciell form av en extremt elliptisk bana vilket innebär att satelliten befinner sig under en längre tid över ett och samma område på jorden – exempelvis över Arktis.

¹⁴ Behoven är exempelvis beskrivna i EC-rapporten *Space and Arctic*, SWD(2012) 183 final, 26.6.2012.

integrering av medlemsstaternas nuvarande nationella resurser. Därtill har de satelliter som till dags dato har utvecklats varit forskningsinriktade och inte operativa övervakningssatelliter som anpassats för att ingå i de nationella ledningssystemen.

Satelliten CryoSat¹⁵ är ett exempel på ett europeiskt forskningsprojekt specifikt inriktat på att mäta isflöden både på land och i havet. Det internationella konsortiet *Polar View* – stött av EU, ESA och den kanadensiska rymdstyrelsen CSA (Canadian Space Agency) – är ett exempel på en tjänsteleverantör som förmedlar olika myndigheters och företags nuvarande kapacitet av nationella satelliter för att få en kvasi-operativ lägesbild av issituationen i bland annat Arktis.¹⁶

Sammantaget så finns det ett antal internationella rymdbaserade projektinitiativ som mer eller mindre väl skulle kunna ge Försvarsmakten och andra svenska myndigheter en framtida nödvändig förmågeökning i ett förändrat Arktis. Frågeställningen för Sverige i detta sammanhang är om och hur dessa initiativ ska bedömas och prioriteras? En följdfråga blir därmed också hur satellitsystemen skulle kunna integreras för att anpassas till svenska intressen, behov och ledningssystem?

Nedan presenteras mer i detalj två konkreta förslag framtagna på initiativ av de nordiska utrikesministrarna respektive Kanada. Bägge är öppna för en eventuell svensk medverkan. Dessa förslag är också utgångspunkten för de därpå följande tre generiska satellitkoncept som tagits fram för denna studie. De tre förslagen på satellitsystem skulle kunna användas som underlag av svenska myndigheter i en internationell dialog om utökat rymdsamarbete i Arktis.

3.1.1 Stoltenbergrapporten - Nordisk samarbete om utenriks- och säkerhetspolitik

Vid det nordiska utrikesministermötet i Oslo februari 2009 presenterade Thorvald Stoltenberg en rapport med 13 förslag för att förstärka samarbetet mellan de nordiska länderna på utrikes- och säkerhetsområdet. Bakgrunden till rapporten var viljan i Norden till ett ökat samarbete och att det nordiska området, inklusive Arktis, spelar en allt större geopolitisk och strategisk roll.¹⁷

¹⁵ ESA:s redovisning av CryoSat projektet:

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/CryoSat (länk kontrollerad 131103).

¹⁶ En bakgrundsbild av *Polar View*: <http://www.polarview.org/about> (länk kontrollerad 131103)

¹⁷ Stoltenberg, Torvald. *Nordisk Samarbeid om Utenriks- og Sikkerhetspolitikk. Forslag overlevert de nordiske utenriksministere på ekstraordinært nordisk utenriksministermøte*, Oslo 9 februari 2009.

Förslag nummer fem i rapporten under rubriken *Havovervåking og arktiske spørsmål* kallas: *Et satellittsystem for overvåking og kommunikasjon*. Förslaget tar sin utgångspunkt i behovet av att bygga ut havsövervakningen i bland annat Arktis. Stoltenberg konstaterar att effektiva och moderna havsövervakningssystem förutsätter användningen av satellitbaserade tjänster för kommunikation och observation. Ett satellittsystem skulle kunna bli ett viktigt verktyg för att kontinuerligt över tiden knyta samman de olika aktörerna och tekniska system i ett effektivt havsövervakningssystem.

Stoltenbergs rapport argumenterar även för att ett nordiskt satellittsystem skulle vara ekonomiskt fördelaktigt att utveckla. Man konstaterar att en rad nordiska institutioner köper en allt större mängd satellittjänster utifrån och vid en viss punkt kan det därför vara ekonomiskt fördelaktigt att i stället utveckla egna oberoende system. Inte minst mot bakgrund av behoven hos försvarsmakterna i de nordiska länderna konstaterar rapporten att ett gemensamt satellittsystem borde vara både politiskt och ekonomiskt attraktivt.

Det föreslagna satellittsystemet är enbart delvis definierat i tekniska termer, men ett fåtal funktionella behov redovisas. Systemet ska:

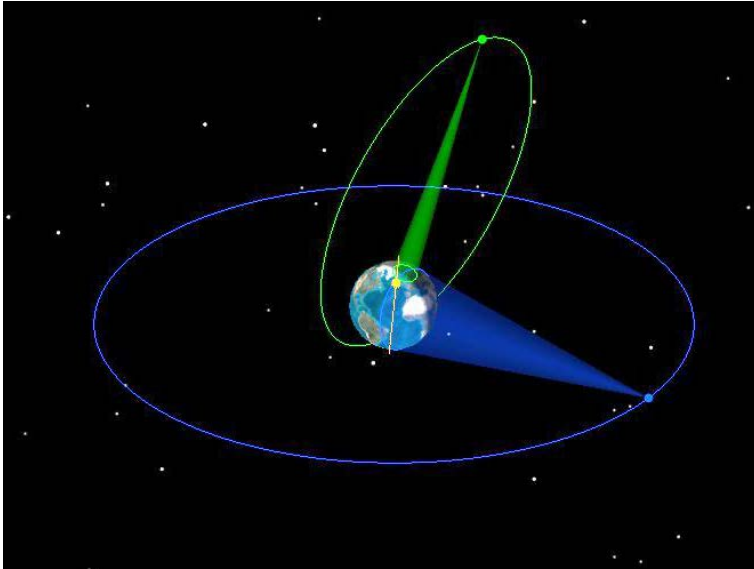
- bestå av två tjänster; kommunikation och spaning
- vara operativt dygnet runt och året runt
- vara operativt över de nordiska länderna inklusive över *polhavet*.

Speciellt nämns den dåliga täckningen norr om 71:a breddgraden för telekommunikationssatelliter i geostationär bana (*Geosynchronous Orbit*, GEO) och rapporten föreslår därför ett system med exempelvis tre satelliter i högelliptisk bana (*Highly Elliptical Orbit*, HEO). Figur 1 och 2 nedan visar den principiella skillnaden mellan de olika satellitbanorna.

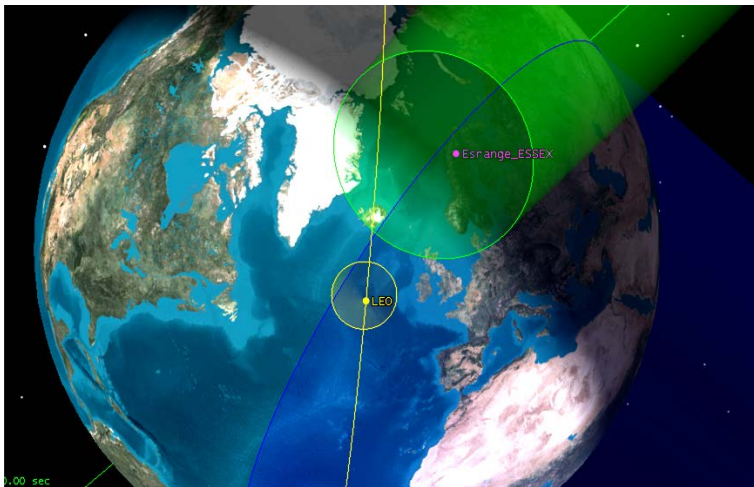
Thorvald Stoltenbergs femte förslag skapade visst bekymmer i Sverige när det presenterades. Förslaget passade inte riktigt in i den svenska myndighetsstrukturen genom att dels vara ett säkerhetspolitiskt dokument dels föreslå ett tekniskt rymdprojekt. Samtidigt som förslaget presenterades diskuterade dessutom Försvarsmakten med en grupp andra europeiska länder om deltagande i ett större spaningssystem kallat MUSIS inom ramen för EDA, den europeiska försvarsbyrån.¹⁸ Stoltenbergs femte förslag resulterade därför aldrig i några ytterligare överläggningar eller vidare studier, trots att förslaget är både långsiktigt och öppet till sin karaktär.

¹⁸ European Defence Agency:s pressrelease om MUSIS: http://www.eda.europa.eu/info-hub/news/2009/03/04/New_EDA_Project_on_Space-Based_Earth_Surveillance_System.

I denna rapport har vi valt att använda Stoltenbergrapportens femte förslag som utgångspunkt för två av de generiska konceptförslag för enklare satellitsystem som skulle kunna användas i Arktis.



Figur 1: Principskiss på tre olika satellitbanor och deras täckningsområden. Blå omloppsbanan GEO, grön HEO samt gul polär LEO-bana (Low Earth Orbit) Bild FOI.



Figur 2: Närbild på de tre satellitbanornas möjliga täckningsområden. Bild FOI.

3.1.2 Polar Communications & Weather Mission (PCW)

Det föreslagna kanadensiska satellitsystemet *Polar Communication and Weather Mission* (PCW) är ett satellitprogram framtaget av CSA i samverkan med Kanadas miljömyndighet (*Environment Canada*) och dess försvarsdepartement (The Department of Defence and the Canadian Armed Forces, DND).¹⁹ PCW är huvudsakligen utformat för att stödja Kanadas suveränitet och förenkla dess operationer i de norra delarna av territoriet inklusive Arktis. Detta ska man göra genom att leverera rymdbaserade kommunikations- och meteorologitjänster. Målet med PCW-programmet är att täcka in de områden i norr som inte stöds tillräckligt väl av dagens geostationära satelliter.

I den övergripande presentation av satellitsystemet som CSA gör betonar man att de nuvarande geostationära systemen från sin bana runt ekvatorn på 36 000 km avstånd från Jorden inte kan leverera tjänster i form av telekommunikation och väderdata i de allra nordligaste delarna av Kanadas territorium. Man pekar också på att dessa rymdtjänster är särskilt osäkra när rörliga plattformar såsom flyg, UAV:er och fartyg använder tjänsterna. Man konstaterar att delar av Kanadas arktiska territorium därmed inte har tillgång till ett säkert och pålitligt kommunikationssystem med hög kapacitet.

På motsvarande sätt försämrats även upplösningen i de väderbilder som geostationära satelliter levererar av områden norr om 60:e breddgraden på grund av jordens kurvatur. Det alternativ som idag finns är vädersatelliter i låg polär bana vilket i sin tur resulterar i fördröjningar på flera timmar mellan uppdateringarna av väderbilderna. CSA kommer till slutsatsen att det idag inte finns någon satellitbaserad meteorologisk källa med tillräcklig hög temporal och spatial upplösning för att med tillräcklig noggrannhet kunna prognostisera de ofta snabba väderväxlingarna i Arktis.

Till skillnad från Stoltenbergs översiktliga förslag har PCW genomgått mer detaljerade konceptstudier, behovsutredningar och tekniska studier. Resultatet av studierna har presenterats som att ett program med två satelliter i HEO-banor, och i olika banplan, skulle kunna uppfylla kravet på kontinuerlig kommunikation under hela dygnet och att ge väderinformation med tillräcklig upplösning i hela Arktisområdet.

Den övergripande målsättningen för PCW-programmet har också utarbetats i detalj. Här fastläggs att en rad olika kanadensiska myndigheter kommer att få förbättrade möjligheter att operera i Arktisområdet. PCW-programmet gör att utvinningen av naturresurser förenklas, att forskningen effektiviseras, och att Kanada kan komma att gynnas av den ökade luft- och sjöfartstrafiken i den

¹⁹ Canadian Space Agency presentation av PCW: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/pcw/default.asp> (länk kontrollerad 131104)

Arktiska regionen. De användargrupper i Kanada som har påverkat satellitsystemets målsättning har delats in i följande tillämpningsområden:

- Säkerhetspolitik.
- Räddningsinsatser, Säkerhet för luft- och sjöfart.
- Hållbar utveckling, Miljö- och klimatövervakning samt Polarforskning

Stöd till de nordliga samhällena och ursprungsbefolkningen.

I de offentliga presentationer och dokument som beskriver PCW betonas ofta att projektet är öppet för internationellt samarbete.²⁰ I detta samarbete skulle även internationella organisationer såsom EUMETSAT och ESA kunna ingå. Ett av skälen till denna öppenhet är naturligtvis möjligheten att dela på kostnaden. En ungefärlig kostnadsbedömning av satellitsystemet har dock inte gjorts offentligt. Enligt CSA:s senast kända beskrivning av projektet så har ett *International User & Science Team* skapats för att koordinera användarfrågor. Sverige är medlem i denna användargrupp via SMHI. Så vitt känt har dock det kanadensiska initiativet inte rönt ett så stort intresse i Sverige att någon teknisk analys eller behovsstudie genomförts för att utvärdera eventuella fördelar med ett tänkbart samarbete.

I denna rapport använder vi det kanadensiska initiativet som utgångspunkt för ett generiskt konceptförslag av ett avancerat satellitsystem som skulle kunna användas för att i betydande grad öka förmågan för svenska myndigheter i Arktis.

3.2 Satellitprogram utformade för Arktis

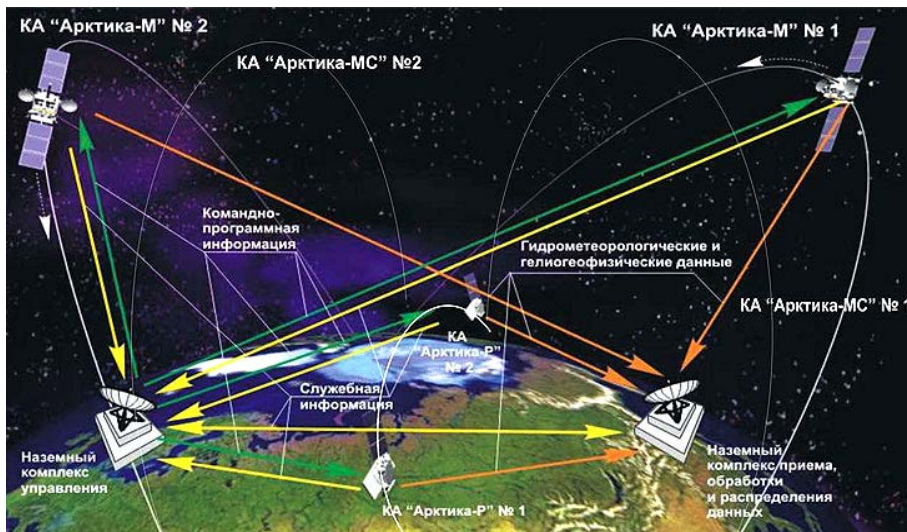
De föreslagna satellitprogrammen i Stoltenbergrapporten respektive Kanada som har beskrivits ovan är enbart två exempel av flera olika satellitbaserade system som för tillfället diskuteras för att stödja nordliga latituder och Arktis med rymdtjänster. ESA har som nämnts tidigare genomfört studier på området. Till exempel inom ramen för analysarbetet kallat *Future Arctic Communication Needs*.²¹ Även Ryssland har under senare år öppet introducerat ett avancerat civil/militärt övervakningsprogram kallat *Arktika*²² bestående av ett flertal satelliter och ett antal sammanhängande marksegment (se figur 3 nedan).

²⁰ Se artikeln *Canada Seeking Partners for Polar Satellite System* i Space News: <http://www.spacenews.com/article/civil-space/33526canada-seeking-partners-for-polar-satellite-system> (länk kontrollerad 131105)

²¹ Presentation av Frank Zeppenfeldt, ESA.

²² *Russian Space Web* har en detaljerad kronologi av Arktika-projektet: <http://www.russianspaceweb.com/arktika.html> (länk kontrollerad 131103).

Gemensamt för nästan alla förslag och initiativ som inriktas mot Arktis är att satellitsystemen har designats med högelliptiska banor och gärna i kombination med polära banor i LEO. Dessutom består systemen vanligen av flera olika nyttolaster för olika tillämpningar förutom kommunikation av tal och data. Exempel på sådana tjänster kan vara *Air Traffic Management* (ATM) eller *Automatic Identification System* (AIS). Satellitsystemen försöker därmed tillfredsställa flera olika användares behov och växer snabbt ut till att bli mycket komplexa satellitprogram.



Figur 3: Arktika-systemets föreslagna arkitektur. Skiss: NPO Lavochkin

Svårigheten för svenska myndigheter i detta sammanhang är att både kompetens och kapacitet är bristande för att utvärdera denna typ av tekniskt och organisatoriskt komplicerade initiativ. Detta gäller inte minst Försvarsmakten. Frågan är om Sverige som nation idag har ambitionen att utvärdera andra staters satellitbaserade initiativ? Och i så fall, hur ska detta ske? Ska alla relevanta projekt utvärderas proaktivt oberoende av ägande, organisationsform och syfte? Eller bör enbart de förslag där Sverige fått en officiell propå beaktas? Vilka myndigheter ska genomföra utvärderingen? Vilka svenska intressen ska då analyseras och prioriteras – säkerhetspolitik, transportpolitik, forskningspolitik, miljöpolitik, industripolitik och/eller regionalpolitik?

4 Tekniska trender och utvecklingsperspektiv

Den tidigare nämnda trenden där samtliga länder runt Arktis idag har potential att på egen nationell hand använda rymdtekniken för att stärka sina intressen har sin bakgrund bland annat i följande fyra tekniska utvecklingar:

Miniatyrisering; På samma sätt som IT-industrin stadigt har minskat storlek, vikt och energibehov på sina enheter så har även rymdindustrin det senaste decenniet miniatyriserat sina komponenter. För rymdindustrin är detta speciellt intressant då kostnaden för satelliter normalt står i direkt proportion till dess vikt. Vikt är en mycket stark kostnadsdrivare och varje gram som kan sparas i ett satellitprojekt innebär stora besparingar. Vanligen delas dessa så kallade *small-sats* -system in i olika "viktklasser". Mikro-satelliter väger ungefär 10 – 100 kg, nano-satelliter 1 – 10 kg, och pico-satelliter mellan 0,1 – 1 kg.

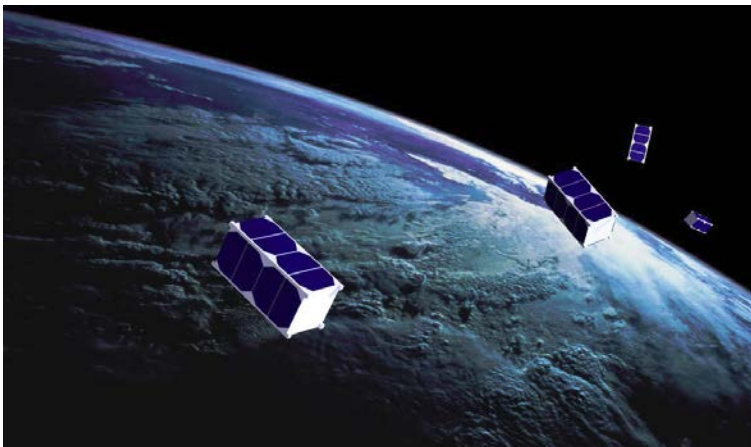
Standardisering; Av tradition är utvecklingen av satelliter ett grannlaga arbete där varje ny satellit konstrueras på nytt och skräddarsys i detalj. Denna konservativa produktionsmetod hos industrin har idag börjat ifrågasättas av framförallt mindre rymdföretag som försöker introducera standardiseringar och olika modulsystem. Dessa försök är ivrigt påhejade av bland annat statliga amerikanska myndigheter som därigenom hoppas kunna pressa utvecklingskostnaderna.

Idag finns standardiserade förslag på satellitbaserade system som i sin enkelhet ofta jämförs med standarden hos USB-kontakter. Olika sensorsystem skulle då i princip kunna kopplas in via *plug & play-teknik* till en satellitplattform och omedelbart självkonfigureras. Om denna typ av standarder får allmän spridning kommer utvecklings- och integrationstider att minska drastiskt.

Fraktionering; Större satelliter kräver omfattande finansiering för att konstrueras, skjutas upp och drivas. De finansiella utmaningarna har tidigare lösts genom att få med så många intressenter som möjligt i programmen. Detta har vanligen åstadkommit genom att ansluta fler sensorer, transpondrar eller andra instrument på satelliten för att tillfredsställa varje intressents behov. Nu börjar emellertid en utveckling skönjas där de stora satelliterna, ofta kallade monoliter, bryts upp i flera friflygande satelliter som kan samverka och kommunicera med varandra i omloppsbanan. Resultatet av denna typ av fraktionerat byggnadssätt kan bli effektivare, mer robusta och flexibla satellitsystem.

Fraktionerade system öppnar bland annat upp möjligheterna att nå högre tillgänglighet över vissa områden eller att öka den rumsliga upplösningen av satellittjänsterna. I princip finns det tre former av fraktionerade satelliter:

- *Konstellationer* av flera homogena satelliter, vars omloppsbanor samordnas i tid och rum på ett sätt så att tillgängligheten ökar för vissa områden på marken. Vissa geostationära kommunikationssatelliter ligger exempelvis i ett regelbundet "pärlband" runt ekvatorn för att täcka in hela jordens yta (utom polerna).
- *Formationer* av flera satelliter som "flyger" på ett samordnat sätt i rummet för att nå en synkroniserad kapacitet som överstiger den för den enskilda satelliten. Exempelvis utnyttjar vissa signalspaningssatelliter formationsflygning för att öka sina prestanda.
- *Svärmar* av homogena satelliter (se figur 4 nedan) som ibland samverkar "kooperativt" i en volym av rymden. Satelliterna är normalt inte centralt styrda utan samordnar sina relativa positioner till varandra individuellt. Det europeiska FP7-finansierade projektet QB50 är ett, om än icke-kooperativt, exempel där 50 stycken nano-satelliter kommer att släppas ut för att över tid och i en stor volym mäta en rad olika förhållanden i övre atmosfären.²³



Figur 4: Illustration av en (liten) svärm av QB50 satelliter. Bild: FP7

Launch-on-demand; Den stora stötestenen för mindre nationer som konstruerar små satelliter är uppskjutningskostnaden och beroendet av de få tillgängliga uppskjutningstjänsterna på världsmarknaden. Hittills har detta lösts genom att samordna uppskjutningen av flera mindre satelliter via en gemensam

²³ Presentation av FP7 projektet QB50: www.QB50.eu (länk kontrollerad 131107)

uppskjutning på samma raket. Även om kostnaden då minskar per satellit, blir å andra sidan möjligheterna att välja tid och omloppsbana mycket begränsad. För att öka förutsättningarna att få mindre satelliter i omloppsbana har konceptet *launch-on-demand* lanserats. Tekniken bygger i de flesta fall på att i startskedet använda någon form av flygande plattform och att de därpå följande raketstegen är mindre och anpassade till små satelliter.²⁴

Sammantaget har den tekniska utvecklingen och den därmed följande prispressen som beskrivits ovan, medfört att även mindre länder idag har kapacitet att utveckla egna nationella rymdsystem. Vår bedömning är att denna kapacitet i allt högre grad också kommer att används och vidareutvecklas. De två senaste konkreta exemplen på detta från länderna runt Arktis är den norska övervakningssatelliten *AISSat*²⁵ och den kanadensiska militära *Sapphire*²⁶ för inmätning av satelliter och rymdskräp från omloppsbana. Även Danmark prövar olika prototyper av system för att underöka möjligheterna av ett nationellt satellitsystem för Grönland.²⁷

Vår hypotes att rymdsystem kommer att bli en allt vanligare komponent i arktiska sammanhang stärks därmed. Denna utveckling kommer att innehålla både möjligheter och utmaningar. Möjligheterna ligger i att en gemensam rymdinfrastruktur kan innebära fördelar för att utveckla breda överenskommelser om säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder, medan utmaningarna ligger i en motsatt utveckling där rymdinfrastrukturen och de tjänster den kan leverera inte delas av flera stater och istället skapar potential för brist på förtroende och på sikt ökande spänning.

²⁴ Orbitals system för small satellite launch Pegasus: <http://www.orbital.com/SpaceLaunch/Pegasus/> (länk kontrollerad 131105).

²⁵ Presentation av AISSat av Kongsberg: <http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0237.nsf/AllWeb/13F475260CF5756FC12576F200316178?OpenDocument> (länk kontrollerad 131105).

²⁶ Artikel i SpaceRef om Sapphire: <http://spaceref.ca/military-space/sapphire-canadas-first-military-satellite.html> (länk kontrollerad 131105).

²⁷ "Minisatellit på to kg giver nyt liv till arktisk drøm". Politiken, 25 november 2013.

5 Tre generiska koncept för rymdsystem i Arktis

I och med den ökande aktiviteten i Arktis finns det ett stort behov av förbättrad övervakning av sjötrafiken, stärkt tillsyn av infrastrukturen för oljeprospektering och långsiktig monitorering av miljötillståndet i havet och den arktiska isen. Sjöfarten är beroende av aktuell och detaljerad information om isläget och kommande väderförhållanden. På grund av de stora avstånden och den ringa markinfrastrukturen är förbättrad kommunikation och samband en nödvändighet för att tryggt kunna genomföra alla typer av såväl civil kommersiell verksamhet som forskningsaktiviteter. Det skulle exempelvis krävas stora gemensamma ansträngningar av flera nationer för att genomföra en upprensningsaktion vid ett större oljeutsläpp i den arktiska havsbassängen. Kylan och mörkret i Arktis skulle medföra stora påfrestningar på en sådan insats. Utan en ömsesidig lägesuppfattning och en integrerad ledningsstruktur försvåras arbetet i hög grad.

De relativt omfattande, om än indirekta, svenska erfarenheterna av rymdtjänster från de marina insatserna i Operation Atalanta på Afrikas horn och Operation Karakal i Libyen skulle kunna tillämpas och vidareutvecklas inför en eventuell räddnings- eller krisinsats i Arktis. Ett scenario kan då vara någon form av internationellt mandaterad insats avgränsad i tid och med fokus på att sjö- och flygresurser ska användas. Svenska myndigheter kommer då att bli en del i ett större sammanhang där rymdtjänster är fullt integrerade i flera av insatsens funktioner som följd av övriga länders förmågor. Att Sverige redan från början då är delaktig i, eller förberett för att kunna dra nytta av dessa rymdtjänster underlättar naturligtvis ett svenskt deltagande. Exempelvis har Sverige och andra medlemsstater inom Arktiska rådets ram överenskommit om bindande avtal om oljeskydd samt sök- och räddningstjänst för det arktiska området. Rymdsystem kan bidra till implementeringen av sådana avtal.

Den samverkan som beskrivs ovan skulle på ett konceptuellt plan kunna ske med hjälp av rymdtjänster på tre olika sätt. I det enklaste fallet genom att Sverige bidrar med ett litet satellitsystem som snabbt kan leverera någon typ av unik information. I ett mer avancerat konceptet skulle ett existerande och normalt sett skräddarsytt operativt system för exempelvis de nordiska försvarsmakterna kunna länkas in i den internationella insatsens ledningssystem under den tid operationen pågår. Slutligen kunde Sverige ta del i något av de mer kvalificerade satellitsystem som har initierats av exempelvis Kanada.

5.1 Koncept 1: Plug-in – litet, lätt och nationellt

Baserat på den tekniska utvecklingen, där små och lätta satelliter numera används som en del i större samverkande system, så skulle Sverige med dagens kunskaper och resurser kunna bidra med en specifik del i dessa distribuerade satellitsystem eller bygga ett komplett system. De tjänster som sådana rymdssystem levererar kunde användas nationellt, alternativt utgöra en del i ett distribuerat system som görs tillgängligt för flera internationella användare. Sverige har hög teknisk kompetens på sambands- och signalspanningsområdet vilket skulle kunna passa dessa mindre satelliter. Samtidigt ligger svensk industri långt framme avseende miniaturisering och standardisering vilket kan utgöra en kompetensbas för egen utveckling.

Ett exempel på ett litet och lätt system som skulle kunna integreras som en komponent i ett större sjölägessystem är satelliter för upptäckt och inmätning av radiosändare för nödanrop och/eller för AIS-transpondrar. Tekniken för denna typ av inmätningar är mogen samtidigt som behoven av en lägesbild i den arktiska havsbassängen är stor på grund av den svaga eller helt obefintliga infrastrukturen på marken.

Systemet skulle kunna bestå av en till tre mindre satelliter i polär LEO-bana med relativt hög inklinations²⁸, samt med en markstation på nordliga breddgrader för frekvent nedlänkning av informationen. Genom att använda befintlig infrastruktur vid Esrange kan dessutom kostnaden för marksegmentet hållas nere. Datamängderna för denna typ av satellitsystem är relativt små, men samtidigt är kraven höga på kontinuerlig och säker drift samt snabb respons. Integrationen mot övriga samverkande länder och funktioner kan ske ganska självständigt och exempelvis via tillgängliga satellitbaserade kommunikationsnät. Livslängden för ett sådant system uppskattas till 5-10 år och med en årlig driftskostnad på c:a 5 MSEK/år.

Satellitsystemet skulle troligen behöva använda någon typ av *launch-on-demand*-system och behöva byggas modulärt med på marken färdiga delsystem.

Ett satellitsystem baserat på detta koncept skulle kunna utformas enligt följande (se tabell 1):

Tabell 1: Preliminär skiss av ett satellitsystem enligt konceptet Plug-in

Satellit	
Antal:	1 - 3 st. i skilda banplan, ca 550 km höjd

²⁸ Inklinations = vinkeln mellan ekvatorn och satellitens banplan. För att täcka polarområdena krävs hög inklinations hos banplanet.

Storlek:	30 – 60 cm i "diameter"
Vikt:	5 - 15 kg
Telemetri:	S-band för upp- och nedlänkning av satellitkommandon och datahantering
Datahantering:	Omborddator för satellitkontroll och för hantering av nödanrop och AIS-data
Kraftsystem:	Solpaneler och batterier
Attitydkontroll:	3-axligt stabiliserat, magnetisk kontroll, solsensorer
Navigering:	GPS för positionering och tidsloggning
Drivsystem:	Inget
Feltolerans:	Single Failure Tolerant
Payload	
Sensorer:	Dedikerade mottagare för nödanrop och/eller AIS
Marksegment	
PC-baserat plug-in vid Esrange av RAMSES-typ	
Kostnadsindikation	
20 – 80 MSEK beroende på ambitioner, antal satelliter och uppskjutningskostnad	

5.2 Koncept 2: Gap-filler – flexibelt, skalbart och nordiskt

Det mest uppenbara behovet i flera av de utländska studierna, inklusive ESA:s, är behovet av förbättrad generell kommunikation med höga krav på säker och snabb breddbandskapacitet. Traditionellt sett leder dessa designstudier till stora, tunga och relativt komplicerade satelliter. För att kompensera de höga kostnaderna bjuds ofta flera användare in i projektet med motkrav på ytterligare transpondrar. Ibland integreras även andra typer av sensorer, så kallade *host-payloads*, på satelliten. Detta innebär i sin tur att dessa generella kommunikationssatelliter blir än mer komplicerade och att utvecklingstiden ofta blir lång.

Ett alternativt synsätt, som drar nytta av dagens miniatyrisering, är att specialisera vissa satellitsystemen mot specifika (kommunikations)behov. Satellitsystemen blir då lättare och tekniskt sett mindre komplexa med enbart en dedicerad funktion. Om denna enda funktion dessutom väljs så att eventuella brister i de mer generella systemen täcks in som en så kallad 'gap filler' kan satellitsystemet bli mycket kostnadseffektivt. Ett exempel på en specialuppgift som då skulle kunna lösas är till exempel integritetssäkrad, krypterad och global dataöverföring för speciella behov. Ett annat exempel är en typ av

reläsatellitfunktion för dataöverföring inom de polära områdena som idag inte nås av större kommunikationssatelliter i GEO-bana.

Dessa system skulle sannolikt behöva bestå av ett flertal satelliter (4 – 12 st.) i relativt hög polär LEO-bana och med kapacitet att ta emot och vidareända större datamängder i paketform. Kommunikationen av datapaketet ska kunna ske inom satellitsystemet mellan satelliterna, till och från marken med enkla mobila terminaler, samt eventuellt mellan satellitsystemet och kommersiella kommunikationssatelliter. Genom utformningen med flera mindre satelliter blir systemet flexibelt, skalbart och möjligt att bygga ut i etapper. Livslängden för ett sådant system uppskattas till minst 10 år och har en uppskattad driftskostnad på c:a 10 MSEK/år.

På detta område borde en kombination av svensk försvars- och rymdindustri kunna vara konkurrenskraftig internationellt sett inom delar av system, även om inte hela systemet kan byggas nationellt. Även om de enskilda satelliterna är relativt små och kostnadseffektiva blir hela systemet så pass stort att det kan vara lämpligt för exempelvis ett nordiskt samarbete.

Ett satellitsystem baserat på detta koncept skulle kunna utformas enligt följande (se tabell 2):

Tabell 2: Preliminär skiss av ett satellitsystem enligt koncept 2 Gap-filler.

Satellit	
Antal:	4 - 12 st. i gemensamma och skilda banplan, ca 650 km höjd
Storlek:	50 – 100 cm i "diameter"
Vikt:	15 - 30 kg
Telemetri:	S-band för upp- och nedlänkning av meddelandepaket, Ka-band för intersatellitlänk mellan satelliterna och eventuellt med andra kommunikationssatelliter
Datahantering:	Ombordator för satellitkontroll och för systemets "router" och lagringshantering av meddelandepaket
Kraftsystem:	Solpaneler och batterier
Attitydkontroll:	3-axligt stabiliserat, rotationshjul, stjärnkamera
Navigering:	GPS för positionering och tidsloggning
Drivsystem:	Inget eller eventuellt mikro-thrusters
Feltolerans:	Redundanta system
Payload	

Sensorer:	Dedikerade mottagare/sändare för mobila och dedicerade markbundna terminaler
Marksegment	
PC-baserat plug-in vid mottagningsstationer hos respektive deltagande land	
Kostnadsindikation	
100 – 800 MSEK beroende på ambitioner, antal satelliter och uppskjutningskostnad	

5.3 Koncept 3: Totallösning – tungt, avancerat och internationellt

De två föregående konceptuella exemplen med fokus på enkla och smarta lösningar – och därmed satellitsystem för en relativt låg kostnad – har trots allt nackdelen att inte kunna erbjuda fullständiga kommunikations- och övervakningslösningar för Arktis. Dessa mer avancerade system utvecklas dessutom med ett längre tidsperspektiv i åtanke. I många fall har de större satelliterna en beräknad livslängd på 10-15 år. Vårt tredje konceptuella förslag ansluter sig därför till något av de internationella initiativ som förespråkar en mer permanent lösning för Arktis utmaningar. Sannolikt rör det sig då om en lösning i form av flera större satelliter som inkluderar ett stort antal sensorer samt en omfattande markinfrastruktur för drift och underhåll.

Den utvärdering som skulle behöva göras är att se hur exempelvis det kanadensiska PCW skulle kunna kompletteras eller omformas för att anpassas till det nordiska polarområdet. Sannolikt behöver PCW kompletteras med ytterligare en satellit i ett nytt banplan som fokuserar på Svalbardområdet. Mottagningsstationerna i Kiruna och Tromsö är naturligtvis resurser som också bör ingå i ett sådant utökat system.

Ett svenskt deltagande i något av dessa internationella satellitinitiativ skulle kunna ske på flera sätt beroende på behov och ambitionsgrad:

- En eller flera svenska myndigheter (t.ex. SMHI, Rymdstyrelsen, Polarforskningssekreteriatet) skulle som användare kunna delta i eventuella användarfora, eller genom bilaterala förhandlingar, för att säkerställa tillgången till data från systemet.
- En eller flera svenska myndigheter (t.ex. Kustbevakningen, Försvarsmakten, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skulle som operativ deltagare i systemet kunna bygga upp de lednings- och informationssystem som krävs för att integreras i systemet.
- Sverige som nation skulle kunna besluta att tillsammans med andra länder runt Arktis delta i uppbyggnaden av systemet såsom en viktig

rymdinfrastruktur för säker och transparent utveckling av det nya Arktis. En möjlig väg framåt kunde vara att använda Arktiska rådet som organisatorisk ram.

Svensk industri och svenska myndigheter har sedan tidigare erfarenheter och kompetens för att delta i denna typ av större internationella rymdprojekt. Sverige har även vissa nischteknologier och nationella resurser som är unika och som med fördel skulle kunna nyttjas för ett sådant samarbete.

Ett satellitsystem baserat på detta koncept skulle behöva utformas i samverkan med intresserade länder. En uppskattning av livslängd och driftskostnad kan inte meningsfullt göras i detta sammanhang.

6 Diskussion och slutsatser

Studien stärker vår hypotes att rymdsystem sannolikt kommer att bli en allt vanligare komponent i arktiska sammanhang vilket kan komma att innebära såväl möjligheter som utmaningar. Studiens begränsade omfattning gör dock att den endast kan fungera som indikation på utvecklingarna. Studien kan inte heller göra anspråk på fullständighet, men pekar dock på ett antal trender som präglar utvecklingen;

- *Den pågående geostrategiska förändringen i Arktis*; Ökad sjöfart, ökad energi- och mineralutvinning, överlappande territoriella anspråk och militärstrategisk förändring samt allmänt ökad mänsklig aktivitet från statliga och icke-statliga aktörer.
- *Den teknologiska utvecklingen på rymdområdet*; Launch-on-demand, miniatyrisering, standardisering, och fraktionering ger möjligheter till uppbyggnad av en gemensam rymdinfrastruktur för säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder med deltagande även från mindre rymdnationer som Sverige.

Utfallet av utvecklingen är svårt att förutse. Ett utfall kan innebära ökande nationella satsningar på rymdbaserade, militära övervakningsresurser på bekostnad av de större multinationella projekten – en slags åternationalisering av utvecklingen på rymdområdet. Om följden av utvecklingen skulle bli minskat utbyte mellan stater på rymdområdet skulle det kunna leda till minskat ömsesidigt förtroende, ökande risk för spänning, friktioner och i förlängningen ökad risk för öppna konflikter i Arktis.

En utveckling med ett utfall som skulle gå i riktning mot billigare och enklare rymdsystem kan också leda till att rymdfrågorna avdramatiseras. När alltfler stater efterhand får tillgång till rymdteknologi, i en eller annan form, kan det fungera som en bidragande faktor för avspänning då ökad transparens skulle påverka det säkerhetspolitiska klimatet rörande Arktis positivt. Det är troligt att utvecklingen i bägge fallen är starkt beroende av den bredare internationella politiska kontexten.

6.1 För- och nackdelar hos koncepten

Studien indikerar att de mer avancerade samarbeten där en grupp av intresserade stater slår sig samman för att bygga ett "totalkoncept" motsvarande koncept 3 ovan med många funktioner i en satellit, visserligen medför att utvecklingskostnaderna delas, men erfarenhetsmässigt leder detta också till ökade svårigheter att hålla ihop satellitprogrammet. Risken för ett kraftigt bakslag ökar också – rymdteknik av detta slag är ofta högriskprojekt. Därtill blir utvecklingstiden för dessa program många gånger mycket lång. Dessa typer av

koncept är dock värdefulla för att flytta fram gränsen för vad som är teknologiskt möjligt. De tekniska och operativa erfarenheterna från dessa typer av system kan också leda vidare till än mer avancerade projekt i nästa generations rymdsystem. Projekten ligger av ovan angivna skäl ofta i en multilateral struktur. För Europas del är ESA, den europeiska rymdmyndigheten, fortsatt den uppenbara fokuspunkten för Sverige för dessa typer av projekt.

De två mindre generiska förslagen till satellitsystem i denna studie har fördelen att de kan dra nytta av de teknologiska trender som anförts ovan. Inte heller bör den innovationskraft som mindre företag skapar via projekten underskattas på sikt. De i studien redovisade strategiska trenderna som syns allt tydligare år från år i Arktis gör också att behovet av att tillgodose de viktigaste områdena med rymdtjänster ökar. När utvecklingen går så snabbt som beskrivits i Arktis, är fördelarna med mindre och snabbutvecklade system uppenbara.

Kombinationen av de teknologiska trenderna, den strategiska utvecklingen i Arktis samt att det finns ett snabbt ökande behov, talar för två av de generiska förslagen till rymdsystem i denna studie:

- Koncept 1: Plug-in – litet, lätt och nationellt
- Koncept 2: Gap-filler – flexibelt, skalbart och nordiskt

I dessa två rymdsystem tillgodoses i olika grad de behov som föreligger. De kan relativt snabbt utvecklas och sättas i drift och de drar nytta av den tekniska utvecklingen på rymdområdet samt svarar mot de strategiska behoven i ett förändrat Arktis. Den största organisatoriska skillnaden mellan systemen är att de i olika grad använder sig av bi- eller multinationella samarbeten. Därtill har de fördelen av att en mindre grupp länder kan samarbeta, vilket sannolikt förenklar utvecklingsarbetet: snabbare och billigare snarare än senare och dyrare. Skulle gruppen länder som samarbetar om ett eller flera system göras mycket bred har det visserligen ett värde i sig, men innebär erfarenhetsmässigt komplikationer och fördröjningar som inte alltid står i proportion till fördelarna. Blir gruppen deltagande länder istället alltför liten, avtar effekten avseende säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder, givet att data i det färdiga systemet inte kan delas i en vidare krets av länder. Nackdelarna ligger i kapaciteten på systemen – ett fåtal funktioner ryms i satelliterna, medan fördelarna ligger i tid, flexibilitet och möjlighet till modularisering.

Den fördel Sverige har med avseende på koncept 1 och 2 är uppenbar. Vi kan i kraft av egen *know-how* och infrastruktur samt geografiskt läge vara *lead-nation* för ett projekt där behovet är stort och effekten skulle bli avsevärd givet luckorna och behoven. Andra stater kan också erbjudas att bidra till detta efter vilja och förmåga, vilket skulle kunna fördela utvecklingskostnaden och kanske också innebära industriella fördelar.

En förutsättning för att Sverige rent allmänt ska kunna öka ambitionerna i dessa sammanhang, för att ta fram egna satellitbaserade initiativ eller utvärdera andra aktörers förslag, är att kompetensnivån höjs inom myndigheterna. En förbättrad samverkan mellan akademisk forskning, forskningsinstitut och industri inom satellitområdet skulle stärka myndigheternas potential att tillvarata svenska intressen på området.

6.2 Internationell samverkan

En diskussion av den internationella samarbetsramen för de två koncepten ger dessutom ett bidrag till säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder av olika slag. Inom ramen för de ”mjukare” områdena kan de bägge föreslagna systemen i olika grad bidra till ökad sjösäkerhet genom att underlätta räddningstjänst och larm vid olyckor och tillbud. Dagens bristande översikt av maritim civil verksamhet som den företas i Arktis kan i ett rymdsystem med god transparens också ge ett bidrag till arktisk stabilitet i en vidare mening. Om alla deltagande och bidragande stater i systemet närmast momentant känner till vilken verksamhet som bedrivs, och vem som utövar den, minskar risken för missförstånd och motåtgärder baserade på felaktig grund.

En möjlig organisatorisk ram för ett sådant system skulle kunna vara Arktiska rådet. Genom att de föreslagna systemen är relativt billiga att utveckla och driva, samt delas mellan de åtta permanenta medlemmarna i Arktiska rådet, kan det relativt snabbt ge komplementära fördelar till de idag existerande systemen. Systemet kan förslagsvis ge tillgång till någon typ av översiktsbild över Arktis som delas i ett gemensamt och öppet designat system. Det skulle lämpligen utformas skalbart för att också ge möjlighet för andra intresserade stater att ansluta sig i ett senare skede. De organisatoriska lösningarna skall hållas till ett minimum, men någon form av utskott eller kommitté hos Arktiska rådet för att hantera gemensamma frågor förefaller i så fall lämpligt. Nackdelarna med ett sådant system är också tydliga. Systemet skulle ha en begränsad kapacitet och endast kunna leverera en eller två funktioner.

Vilken väg som än väljs för den fortsatta diskussionen är behoven för Arktis del tydliga och de kommer troligen att förstärkas under överskådlig framtid under förutsättning att de strategiska trenderna inte bryts och börjar gå i motsatt riktning.

De säkerhets- och förtroendeskapande fördelar som ett nordiskt och/eller arktiskt samarbete kunde ge gör att konceptförslag nummer två ”Gap-filler” framstår som det som skulle ge störst nytta i regionen. Konceptet ”Plug-in” ger inte samma internationella samarbetsfördelar, men skulle i gengäld ge ett fokus för både svensk rymdindustri och myndighetssfären att samverka. Koncept tre ”totallösning”, skulle kunna lösa många uppgifter, men kostnad, tidsutdräkt för

utveckling och komplikationsgrad skulle inte ge samma fördelar som de övriga förslagen med avseende på Arktis. Vi föreslår därför:

1. Vidareutveckling av koncepten för förslag ett, "Plug-in" och två, "Gap-filler", borde vara mest intressanta i detta sammanhang
2. Koncept två, "Gap-filler" ser vi som mest intressant i första hand. Skulle det inte visa sig vara en framkomlig väg är vårt förslag att fokusera på koncept ett "Plug-in".
3. Koncept tre, "Totalkoncept" rekommenderar vi att Sverige har en handlingsberedskap för att utreda ytterligare, beroende på vilka initiativ andra arktiska länder tar.

Samtidigt är det viktigt att inte låsa sig fast i något av koncepten vid en fortsatt diskussion med internationella partners. Koncepten skall framförallt ses som ett sätt att initiera frågan om säkerhets- och förtroendeskapande åtgärder i Arktis och som ett konkret sätt att starta diskussionen.

7 Implikationer för fortsatta studier

Denna studie har översiktligt tagit sig an de komplexa områdena rymdteknologiska trender och strategisk utveckling i Arktis. Vårt val av angreppssätt – kombinationen mellan de två – är dock annorlunda jämfört med de som traditionellt används för denna typ av konceptuella och strategiska studier på områdena. Den snabba utvecklingen på bägge områdena öppnar för möjligheterna att tillämpa de tekniska utvecklingarna i kombination med behoven av att adressera de snabba strategiska förändringarna i Arktis. Det är vanligen så att studier, forskning och teknologisk utveckling sker i egen hastighet och enligt egen inre logik. På bägge dessa områden ger kombinationen möjlighet att adressera flera frågor som på kort tid anmält sig.

Det är vår förhoppning att de konceptuella förslag som presenterats kan ligga till grund för fortsatta fördjupande tekniska och strategiska studier – med fördel i internationell samverkan. Studien kan också utgöra en grund för dialog med andra länder och kanske också inom Arktiska rådets ram.

Vi välkomnar också relevanta svenska myndigheter och svensk rymdindustri att utvärdera och kommentera studien för att kunna komplettera med nya idéer och uppslag i en nästa fas av konceptutveckling. Slutligen hoppas vi att det fortsatta arbetet med denna studie kanske också kan bli inledningen till ett stärkt samarbete mellan forskning och myndigheter på rymdområdet.

8 Referenser

Canadian Space Agency. <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/pcw/default.asp> (länk kontrollerad 131104).

Dalberg, Eva, Granholm, Niklas, Sangfelt, Erland, m.fl. *Ett förändrat Arktis. En inledande kartläggning av FOI-kompetenser..* FOI-R--3654--SE. Mars 2013.

EC-rapporten *Space and Arctic*, SWD (2012) 183 final, 26.6.2012.

European Space Agency.

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/CryoSat (länk kontrollerad 131103).

European Defence Agency: s pressrelease om MUSIS:

<http://www.eda.europa.eu/info-hub/news/2009/03/04/>

New EDA Project on Space-Based Earth Surveillance System *Polar View*:

<http://www.polarview.org/about> (länk kontrollerad 131103).

Försvarmakten (2005) SR78 *Särskild redovisning rörande rymdområdet*,
Regleringsbrev för 2005, 041222, Fö2004/411/Mil_.

Försvarmaktens särskilda redovisning 79 – Nationell svensk
övervakningssatellit, 21 83767155, 2006-04-28.

Försvarmaktens Rymdstudie LUFT 111203S: Slutrapport, 21 120:10267, 2013-03-25;

Försvarmaktens redovisning av perspektivstudien 2013. FM 2013–276:1, 2013-10-01.

Försvarsutskottets betänkande 2008/09: FöU10 ”Försvarets inriktning”, antaget av Riksdagen 16 juni 2009.

Jakobsson, Martin, *Spelet om Arktis*. Tidskrift i Sjöväsendet, nr 4/2013, s.314f.

Kongsberg A/S:

<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0237.nsf/AllWeb/13F475260CF5756FC12576F200316178?OpenDocument> (länk kontrollerad 131105).

Russian Spaceweb. Beskrivning av den ryska militära Meridian-serien av kommunikationssatelliter: <http://www.russianspaceweb.com/meridian.html> (länk kontrollerad 131103).

Orbitals system för small satellite launch Pegasus:

<http://www.orbital.com/SpaceLaunch/Pegasus/> (länk kontrollerad 131105).

Politiken. ”Minisatellit på to kg giver nyt liv till arktisk drøm”. 25 november 2013.

Russian Space Web: <http://www.russianspaceweb.com/arktika.html> (länk kontrollerad 131103).

Space News. *Canada Seeking Partners for Polar Satellit System* i Space News: <http://www.spacenews.com/article/civil-space/33526canada-seeking-partners-for-polar-satellite-system> (länk kontrollerad 131105).

SpaceRef. <http://spaceref.ca/military-space/sapphire-canadas-first-military-satellite.html> (länk kontrollerad 131105).

Stoltenberg, Torvald. Nordisk Samarbeid om Utenriks- og Sikkerhetspolitikk. Forslag overlevert de nordiske utenriksministere på ekstraordinaert nordisk utenriksministermøte, Oslo 9 februar 2009.

U.S. STRATCOM. *Space Surveillance Network*: [http://www.stratcom.mil/factsheets/USSTRATCOM Space Control and Space Surveillance/](http://www.stratcom.mil/factsheets/USSTRATCOM_Space_Control_and_Space_Surveillance/) (länk kontrollerad 131103).

Projektpresentation av FP7 projektet QB50: www.QB50.eu (länk kontrollerad 131107).

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

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

www.foi.se